



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

*Tesis
Doctoral*

Desarrollo de una metodología para la evaluación del desempeño y la sostenibilidad ambiental en la gestión del agua potable. Caso de Estudio: Aguas de Mérida C.A. (Venezuela).

Presentada por:

Karina del Valle Peña Rodríguez

Dirigida por:

Dr. Vicente Agustín Cloquell
Dr. Wilver Contreras Miranda
Dra. Mary Elena Owen de Contreras

Valencia- España, 2019



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSIDAD
DE LOS ANDES
MERIDA-VENEZUELA

**Programa de Doctorado en
Diseño, Fabricación y Gestión de Proyectos Industriales
CONVENIO ULA – UPV**

**Desarrollo de una metodología para la
evaluación del desempeño y la sostenibilidad
ambiental en la gestión del agua potable**

Caso de Estudio: Aguas de Mérida C.A. (Venezuela).

Tesis doctoral

Presentada por:

Karina del Valle Peña Rodríguez

Dirigida por:

Dr. Vicente Agustín Cloquell
Dr. Wilver Contreras Miranda
Dra. Mary Elena Owen de Contreras

Valencia- España, 2019



UNIVERSIDAD
POLITECNICA
DE VALENCIA

INTROITO

Índice y contenidos



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Índice general de la tesis doctoral

Desarrollo de una metodología para la evaluación del desempeño y la sostenibilidad ambiental en la gestión del agua potable. Caso de Estudio: Aguas de Mérida C.A. (Venezuela).

Índice general

| | |
|--|-------|
| Resumen..... | xx |
| Agradecimientos..... | xxiii |
| Dedicatoria..... | xxiv |
| Capítulo I. Introducción general de la tesis doctoral..... | 1 |
| 1.1 Consideraciones generales..... | 1 |
| 1.2 Motivación de la investigación..... | 3 |
| 1.3 Aspectos metodológicos generales..... | 16 |
| 1.3.1 Formulación y delimitación del problema..... | 16 |
| 1.3.2 Planteamiento de hipótesis..... | 17 |
| 1.3.3 Objetivo general..... | 20 |
| 1.3.3.1 Objetivos específicos..... | 20 |
| 1.3.4 Estrategia metodológica general..... | 21 |
| 1.4 Organización de la tesis doctoral..... | 22 |
| 1.5 Reflexión final..... | 23 |
| Capítulo II. La Evaluación del desempeño y la sostenibilidad en la gestión del agua potable a través del tiempo..... | 26 |
| 2.1 Consideraciones generales..... | 26 |
| 2.2 Hipótesis y objetivos..... | 28 |
| 2.2.1 Hipótesis..... | 28 |
| 2.2.2 Objetivo general..... | 29 |
| 2.2.2.1 Objetivos específicos..... | 29 |
| 2.3 Materiales y métodos..... | 29 |
| 2.4 Resultados y discusión de resultados..... | 30 |
| 2.4.1 Recuento histórico del abastecimiento de agua para las poblaciones y las perspectivas de integración ambiental desde sus orígenes..... | 30 |
| 2.4.2 Aspectos técnicos – ambientales general del abastecimiento de agua para las poblaciones y las perspectivas de integración ambiental..... | 49 |
| 2.4.3 Breve reseña de políticas, declaraciones y acuerdos internacionales en torno al recurso hídrico con énfasis al acceso al agua potable para consumo humano..... | 80 |
| 2.4.4 Aspectos relevantes de la gobernanza en torno al recurso hídrico con énfasis al acceso al agua potable para consumo humano en ámbitos urbanos..... | 106 |
| 2.5 Conclusiones y líneas futuras de investigación del capítulo 2..... | 132 |

Índice general

| | |
|---|-----|
| Capítulo III. Contexto metodológico de la evaluación del desempeño y sostenibilidad en la gestión del agua potable..... | 133 |
| 3.1 Consideraciones generales..... | 133 |
| 3.2 Hipótesis y objetivos..... | 140 |
| 3.2.1 Hipótesis..... | 140 |
| 3.2.2 Objetivo general..... | 140 |
| 3.2.2.1 Objetivos específicos..... | 141 |
| 3.3 Materiales y métodos..... | 141 |
| 3.4 Resultados y discusión de resultados..... | 144 |
| 3.4.1 Estudio sinóptico del estado del arte de las metodologías e indicadores estratégicos vinculantes a la evaluación del desempeño y la sostenibilidad en el abastecimiento de agua de las poblaciones. | 144 |
| 3.4.2 Selección de metodología (s) para la evaluación de la sostenibilidad y desempeño ambiental de los prestadores del servicio de agua potable en ámbitos urbanos Primera aproximación de diagnóstico a la empresa Aguas de Mérida C.A..... | 246 |
| 3.5 Conclusiones y líneas futuras de investigación del capítulo 3..... | 255 |
| Capítulo IV. Propuesta y validación de indicadores para la evaluación del desempeño y la sostenibilidad en las empresas prestadoras del servicio de agua potable en ámbitos urbanos..... | 259 |
| 4.1 Consideraciones generales..... | 259 |
| 4.2 Hipótesis y objetivos..... | 262 |
| 4.2.1 Hipótesis..... | 262 |
| 4.2.2 Objetivo general..... | 262 |
| 4.2.2.1 Objetivos específicos..... | 262 |
| 4.3 Materiales y métodos..... | 263 |
| 4.4 Resultados y discusión de resultados..... | 265 |
| 4.4.1 Ruta metodológica referencial del modelo propuesto para la evaluación del desempeño y sostenibilidad en la gestión del agua potable de las empresas prestadoras del servicio de agua potable..... | 265 |

Índice general

| | |
|---|------------|
| Capítulo IV | |
| 4.4.1.1 Etapa 1..... | 266 |
| 4.4.1.2 Etapa 2..... | 276 |
| 4.4.1.3 Etapa 3..... | 338 |
| 4.4.1.4 Etapa 4..... | 345 |
| 4.5 Conclusiones y líneas futuras de investigación del capítulo 4..... | 346 |
| Capítulo V. Validación de la propuesta metodológica para la evaluación del desempeño y la sostenibilidad de la gestión del agua potable. Caso de estudio: Aguas de Mérida C.A., Venezuela..... | 350 |
| 5.1 Consideraciones generales..... | 350 |
| 5.2 Hipótesis y objetivos..... | 350 |
| 5.2.1 Hipótesis..... | 350 |
| 5.2.2 Objetivo general..... | 350 |
| 5.2.2.1 Objetivos específicos..... | 350 |
| 5.3 Materiales y métodos..... | 351 |
| 5.4 Resultados y discusión de resultados..... | 351 |
| 5.4.1 Marco de referencia del caso de estudio..... | 351 |
| 5.4.2 Evaluación del desempeño y sostenibilidad de la empresa Aguas de Mérida C.A..... | 412 |
| 5.4.2.1 Cálculo del índice del desempeño y sostenibilidad de la prestación del servicio de agua potable (IDSAAP) de la empresa Aguas de Mérida C.A..... | 415 |
| 5.4.2.2 Clasificación y evaluación de la empresa Aguas de Mérida C.A. según el índice del desempeño y sostenibilidad de la prestación del servicio de agua potable (IDSAAP)..... | 422 |
| 5.5 Conclusiones y líneas futuras de investigación del capítulo 5..... | 440 |
| Capítulo VI. Conclusiones generales y líneas futuras de investigación..... | 444 |
| Capítulo VII. Referencias bibliográficas generales..... | 452 |
| Anexos..... | 477 |

Índice de tablas

| Tabla N° | | Página |
|-------------------|--|---------------|
| Capítulo 1 | | |
| 1.1. | Relación formulación del problema – formulación de las hipótesis..... | 18-19 |
| Capítulo 2 | | |
| 2.1 | Algunos relatos históricos del abastecimiento de agua desde sus orígenes en tiempos remotos..... | 32 |
| 2.2 | Algunos relatos históricos del abastecimiento de agua desde la baja Edad Media hasta mediados del siglo XX..... | 33 - 45 |
| 2.3 | Síntesis breve de avances en tecnologías convencionales de potabilización del agua..... | 60- 64 |
| 2.4 | Períodos de diseño por componente de un sistema de abastecimiento de agua potable..... | 77 |
| 2.5 | Síntesis de las declaraciones y acuerdos internacionales en torno al recurso agua, durante el período 1948 – 1980..... | 82 |
| 2.6 | Síntesis de las declaraciones y acuerdos internacionales en torno al recurso agua, durante el período 1990 – 1999..... | 85-89 |
| 2.7 | Síntesis de las declaraciones y acuerdos internacionales en torno al recurso agua, durante el período 2000 -2015..... | 93- 100 |
| 2.8 | Titularidad del agua y del servicio del agua potable en el mundo..... | 107 |
| 2.9 | Reseña de algunos modelos de administración de aguas..... | 109 - 116 |
| 2.10 | Breve reseña histórica en la administración del agua y su vinculación con el sector agua potable en Venezuela..... | 117- 121 |
| 2.11 | Riesgos debido a la variabilidad climática en torno al recurso agua y sus posibles efectos en el suministro de agua potable continuo a las ciudades..... | 123 |
| 2.12 | Problemas comunes y latentes en los sistemas de abastecimiento de agua a las poblaciones..... | 129- 131 |
| Capítulo 3 | | |
| 3.1. | Algunas de las principales iniciativas de indicadores ambientales y de desarrollo sostenible..... | 149-152 |
| 3.2. | Estrategias de adaptación establecidas como política de estado y plan de desarrollo de la nación..... | 166-167 |
| 3.3. | Estrategias de Adaptación establecidas como Política de Estado y Plan de Desarrollo de la nación específicas en el área estratégica Agua..... | 168-169 |
| 3.4 | Fases del proceso de transformación de los servicios de agua potable y saneamiento en Venezuela, periodo 1990 – 2002..... | 170 |
| 3.5 | Empresas hidrológicas en Venezuela..... | 171 |
| 3.6 | Actuaciones en el sector agua potable y saneamiento según el nivel de gobierno..... | 172 |
| 3.7 | Indicadores que conforman el índice de sostenibilidad de un abastecimiento de agua..... | 187 - 189 |
| 3.8 | Beneficios de las normas ISO 24500 en la sostenibilidad de un abastecimiento de agua..... | 195 |
| 3.9 | Normas internacionales para el uso de indicadores de gestión y su equivalencia mexicana..... | 197 |
| 3.10 | Ejemplo de conceptos para la identificación de indicadores y responsable de su seguimiento..... | 201-202 |

| Índice de tablas | | |
|-------------------------|---|---------------|
| Tabla N° | | Página |
| Capítulo 3 | | |
| 3.11 | Ejemplo de indicadores agrupados por categorías..... | 242-243 |
| 3.12 | Sistemas de indicadores por instituciones vs categorías..... | 244- 246 |
| 3.13 | Distribución de los indicadores por instituciones y áreas funcionales ... | 247 |
| 3.14 | Categorías para la selección de metodologías a combinar para la evaluación de la sostenibilidad y desempeño ambiental de las empresas prestadoras del servicio de agua potable..... | 251 |
| 3.15 | Matriz simplificada para la selección de metodologías a combinar para la evaluación de la sostenibilidad y desempeño ambiental de las empresas prestadoras del servicio de agua potable..... | 252 |
| Capítulo 4 | | |
| 4.1 | Criterios adaptados por Benavides (2010) para la selección de indicadores estratégicos..... | 281 |
| 4.2 | Criterios de evaluación basados en los objetivos estratégicos de Aguas de Mérida C.A..... | 283 |
| 4.3 | Indicador de desempeño preliminar en la dimensión ambiental para los objetivos estratégicos de Aguas de Mérida C.A..... | 287 |
| 4.4 | Indicador de desempeño preliminar en la dimensión económico, social y ambiental..... | 288 -290 |
| 4.6 | Indicadores que conforman el componente económico de la prestación del servicio de agua potable. Primer cribado..... | 293 |
| 4.7 | Indicadores que conforman el componente social de un abastecimiento de agua. Primer cribado..... | 294 |
| 4.8 | Indicadores que conforman el componente ambiental de un abastecimiento de agua. Primer cribado..... | 295 |
| 4.9 | Escala Saaty..... | 296 |
| 4.10 | Criterios para determinar prioridades de componentes de la sostenibilidad en la prestación del servicio de agua potable..... | 297 |
| 4.11 | Matriz para determinar prioridades u importancias por componente que integran la prestación del servicio de agua potable para el abastecimiento a poblaciones en ámbitos urbanos..... | 298 |
| 4.12 | Cálculo de pesos de las prioridades..... | 298 |
| 4.13 | Indicadores estratégicos definitivos..... | 309 |
| 4.14 | Indicadores estratégicos que conformaran el componente ambiental en el sistema de indicadores de desempeño y sostenibilidad (Subcriterio: Aprovechamiento hídrico)..... | 311 |
| 4.15 | Indicadores estratégicos que conformaran el componente ambiental en el sistema de indicadores de desempeño y sostenibilidad (Subcriterio: Aprovechamiento hídrico). Control legal..... | 312 |
| 4.16 | Indicadores estratégicos que conformaran el componente ambiental en el sistema de indicadores de desempeño y sostenibilidad (Subcriterio: Uso eficiente del agua). Eficiencia física..... | 313 |
| 4.17 | Indicadores Estratégicos que conformaran el componente ambiental en el sistema de indicadores de desempeño y sostenibilidad (Subcriterio: Uso eficiente del agua). Eficiencia hidráulica..... | 314 |

Índice de tablas

| Tabla N° | Página |
|--|---------------|
| Capítulo 4 | |
| 4.18 Indicadores estratégicos que conformaran el componente ambiental en el sistema de indicadores de desempeño y sostenibilidad (Subcriterio: Uso eficiente del agua). Medidas de control..... | 315 |
| 4.19 Indicadores estratégicos que conformaran el componente ambiental en el sistema de indicadores de desempeño y sostenibilidad (Subcriterio: Uso eficiente del agua). Eficiencia energética..... | 316 |
| 4.20 Indicadores estratégicos que conformaran el componente ambiental en el sistema de indicadores de desempeño y sostenibilidad (Subcriterio: Uso eficiente del agua). Promedio de consumo..... | 317 |
| 4.21 Indicadores estratégicos que conformaran el componente ambiental en el sistema de indicadores de desempeño y sostenibilidad (Subcriterio: Contaminación por operación y mantenimiento),% Lodos..... | 318 |
| 4.22 Indicadores estratégicos que conformaran el componente ambiental en el sistema de indicadores de desempeño y sostenibilidad (Subcriterio: Contaminación por operación y mantenimiento).Sistemas de recolección..... | 319 |
| 4.23 Indicadores estratégicos que conformaran el componente ambiental en el sistema de indicadores de desempeño y sostenibilidad (Subcriterio: Conservación de cuencas). % Superficie con plan de silvicultura..... | 320 |
| 4.24 Indicadores estratégicos que conformaran el componente ambiental en el sistema de indicadores de desempeño y sostenibilidad (Subcriterio: Conservación de cuencas). Medidas educativas..... | 321 |
| 4.25 Indicadores estratégicos que conformaran el componente ambiental en el sistema de indicadores de desempeño y sostenibilidad (Subcriterio: Conservación de cuencas). Plan de marketing..... | 322 |
| 4.26 Indicadores estratégicos que conformaran el componente ambiental en el sistema de indicadores de desempeño y sostenibilidad (Subcriterio: Conservación de cuencas). Ingreso..... | 323 |
| 4.27 Indicadores estratégicos que conformaran el componente ambiental en el sistema de indicadores de desempeño y sostenibilidad (Subcriterio: Conservación de cuencas). Tratamiento aguas servidas..... | 324 |
| 4.28 Indicadores estratégicos que conformaran el componente social en el sistema de indicadores de desempeño y sostenibilidad (Criterio específico: Gobernabilidad del agua, Subcriterio: Legitimidad). Continuidad..... | 325 |
| 4.29 Indicadores estratégicos que conformaran el componente social en el sistema de indicadores de desempeño y sostenibilidad (Criterio específico: Gobernabilidad del agua, Subcriterio: Legitimidad). Calidad de agua..... | 326 |
| 4.30 Indicadores estratégicos que conformaran el componente social en el sistema de indicadores de desempeño y sostenibilidad (Criterio específico: Gobernabilidad del agua, Subcriterio: Legitimidad).Densidad de reclamos y aceptación social de tarifas..... | 327 |

Índice de tablas

| Tabla N° | | Página |
|-------------------|---|---------------|
| <i>Capítulo 4</i> | | |
| 4.31 | Indicadores estratégicos que conformaran el componente social en el sistema de indicadores de desempeño y sostenibilidad (Criterio específico: Gobernabilidad del agua, Subcriterio: eficacia)..... | 328 |
| 4.32 | Indicadores estratégicos que conformaran el componente social en el sistema de indicadores de desempeño y sostenibilidad (Criterio específico: Gobernabilidad del agua, Subcriterio: eficacia).Eficiencia del agua facturada y cobertura de micro medición..... | 329 |
| 4.33 | Indicadores estratégicos que conformaran el componente social en el sistema de indicadores de desempeño y sostenibilidad (Criterio específico: Gobernabilidad del agua, Subcriterio: gobernanza)..... | 330 |
| 4.34 | Indicadores estratégicos que conformaran el componente social en el sistema de indicadores de desempeño y sostenibilidad (Criterio específico: Gobernabilidad del agua, Subcriterio: gobernanza)..... | 331 |
| 4.35 | Indicadores estratégicos que conformaran el componente económico en el sistema de indicadores de desempeño y sostenibilidad (Subcriterio: Autogestión)..... | 332 |
| 4.36 | Indicadores estratégicos que conformaran el componente económico en el sistema de indicadores de desempeño y sostenibilidad (Subcriterio: Autogestión)..... | 333 |
| 4.37 | Indicadores estratégicos que conformaran el componente económico en el sistema de indicadores de desempeño y sostenibilidad (Subcriterio: Índices financieros), eficiencia en recaudación..... | 334 |
| 4.38 | Indicadores estratégicos que conformaran el componente económico en el sistema de indicadores de desempeño y sostenibilidad (Subcriterio: Índices financieros), % agua no facturada..... | 335 |
| 4.39 | Indicadores estratégicos que conformaran el componente económico en el sistema de indicadores de desempeño y sostenibilidad (Subcriterio: Índices financieros), % Liquidez..... | 336 |
| 4.40 | Indicadores estratégicos que conformaran el componente económico en el sistema de indicadores de desempeño y sostenibilidad (Subcriterio: Índices financieros), número de empleados..... | 337 |
| 4.41 | Ejemplo de cálculo del IDSAAP, agregación para su criterio ambiental... | 341 |
| 4.42 | Rangos y categorías de valoración y clasificación según el <u>IDSAAP</u> | 344 |

Índice de tablas

| Tabla N° | | Página |
|-------------------|---|---------------|
| Capítulo 5 | | |
| 5.1 | Flujos mínimos instantáneos en m ³ /s del río Mucujún..... | 368 |
| 5.2 | Producción de agua estimada en el acueducto de Mérida..... | 369 |
| 5.3 | Zonas de presión de la red de distribución..... | 372 |
| 5.4 | Estimaciones de agua no contabilizada..... | 374 |
| 5.5 | Balance de agua..... | 374 |
| 5.6 | Registro de suscriptores de la empresa Aguas de Mérida C.A..... | 377 |
| 5.7 | Meta de facturación vs facturación real de la empresa Aguas de Mérida..... | 378 |
| 5.8 | Meta de recaudación vs ejecutado de la empresa Aguas de Mérida..... | 378 |
| 5.9 | Presupuesto de ingresos de Aguas de Mérida..... | 384 |
| 5.10 | Ejecución del presupuesto de gastos de Aguas de Mérida..... | 384 |
| 5.11 | Cambios de cobertura y uso de la tierra de la subcuenca del río Mucujún, periodo 2004 – 2015..... | 398 |
| 5.12 | Indicadores estratégicos definitivos..... | 414 |
| 5.13 | Índice del desempeño y sostenibilidad de la prestación del servicio de agua potable (IDSAAP) global: empresa Aguas de Mérida C.A..... | 418 |
| 5.14 | Índice del desempeño y sostenibilidad de la prestación del servicio de agua potable (IDSAAP) – específico: criterio ambiental..... | 419 |
| 5.15 | Índice del desempeño y sostenibilidad de la prestación del servicio de agua potable (IDSAAP) – específico: criterio social..... | 420 |
| 5.16 | Índice del desempeño y sostenibilidad de la prestación del servicio de agua potable (IDSAAP) – específico: criterio económico..... | 421 |
| 5.17 | Rangos y categorías de valoración y clasificación según el <u>IDSAAP</u> | 422 |
| Capítulo 6 | | |
| 6.1 | Distribución de indicadores estratégicos definitivos en las dimensiones de la sostenibilidad que conforman el sistema de indicadores para la evaluación del desempeño y sostenibilidad (SIEDSA) en la gestión del agua potable de las empresas prestadoras del servicio de agua potable en ámbitos urbanos..... | 447 |

Índice de imágenes

| Imagen N° | | Página |
|-------------------|---|--------|
| <i>Capítulo 1</i> | | |
| 1.1 | Ciclo Urbano del Agua..... | 1 |
| 1.2 | Enfoque de evaluación del desempeño y sostenibilidad en la gestión del agua potable..... | 2 |
| 1.3 | Distribución del agua en la tierra..... | 3 |
| 1.4 | Proyección de la escasez física/económica del agua a nivel mundial año 2012..... | 5 |
| 1.5 | Proyección escasez física y/o económica del agua a nivel mundial año 2025..... | 6 |
| 1.6 | Proyección para el año 2040 del porcentaje de escasez de agua a nivel mundial..... | 7 |
| 1.7 | Principio Declaración de Dublín 1992..... | 10 |
| 1.8 | Objetivo global para el agua Post – 2015..... | 13 |
| 1.9 | Resultados a promover con el objetivo global para el agua Post - 2015 | 14 |
| 1.10 | Aplicación del modelo matricial | 21 |
| <i>Capítulo 2</i> | | |
| 2.1 | Diseño de investigación documental aplicado a la evaluación del desempeño ambiental en la gestión del agua potable a través del tiempo..... | 30 |
| 2.2 | Compilación de algunas infografías relacionadas a las formas antiguas del uso del agua..... | 31 |
| 2.3 | Prólogo libro VIII de las aguas (De architectura, Vitruvio, Venecia, 1567..... | 35 |
| 2.4 | Observación del suelo en Libro VIII De architectura, Vitruvio, Venecia, 1567..... | 37 |
| 2.5 | Distribución de agua en carreta en Bélgica en la Baja Edad Media..... | 40 |
| 2.6 | Componentes de un sistema de abastecimiento de agua convencional.... | 50 |
| 2.7 | Cuencas hidrográficas abastecedoras superficiales sin regulación del acueducto de Mérida..... | 52 |
| 2.8 | Esquema general del sistema del acueducto de Mérida..... | 53 |
| 2.9 | Criterios e indicadores ambientales para la selección de las fuentes abastecedoras..... | 54 |
| 2.10 | Esquema de un sistema de tratamiento de agua potable..... | 58 |
| 2.11 | Área de desbaste entrada a la planta de potabilización..... | 67 |
| 2.12 | Dosificadores de la planta de potabilización | 70 |
| 2.13 | Sistema de cloración..... | 71 |
| 2.14 | Turbiedad promedio del agua cruda río Mucujún, período 2004-2012..... | 72 |
| 2.15 | Color aparente promedio del agua cruda río Mucujún, período 2004-2012..... | 72 |

Índice de imágenes

| Imagen N° | | Página |
|-------------------|--|--------|
| Capítulo 3 | | |
| 3.1 | Aspectos a integrar en la propuesta metodológica para la sustentabilidad y sostenibilidad en la gestión del agua | 136 |
| 3.2 | Ciclo para la sostenibilidad y desempeño ambiental en la gestión del agua para el abastecimiento de poblaciones..... | 137 |
| 3.3 | Criterios de selección de indicadores..... | 139 |
| 3.4 | Índices e indicadores por agregación..... | 139 |
| 3.5 | Criterios de diseño y validación de indicadores..... | 140 |
| 3.6 | Criterios en la construcción de Índices e indicadores por agregación..... | 140 |
| 3.7 | Aplicación de modelo matricial de Gómez - Senent (2002) al desarrollo del capítulo 3..... | 143 |
| 3.8 | Sistematización de aspectos de la sostenibilidad y desempeño ambiental en la gestión del agua para el abastecimiento de poblaciones..... | 144 |
| 3.9 | Evolución de indicadores ambientales..... | 147 |
| 3.10 | Tendencias de la cobertura de agua potable a nivel mundial..... | 154 |
| 3.11 | Tendencias en el logro de la meta ODM..... | 154 |
| 3.12 | Ubicación geográfica de Venezuela..... | 155 |
| 3.13 | Grandes cuencas hidrográficas de Venezuela..... | 156 |
| 3.14 | Regiones hidrográficas de Venezuela..... | 157 |
| 3.15 | Mapa hidrogeológico de Venezuela..... | 158 |
| 3.16 | Acuíferos regionales de Venezuela..... | 159 |
| 3.17 | Embalses de Venezuela..... | 160 |
| 3.18 | Empresas hidrológicas..... | 161 |
| 3.19 | Plantas de potabilización en Venezuela..... | 162 |
| 3.20 | Tren hídrico en Venezuela..... | 164 |
| 3.21 | Planes de desarrollo económico y social en Venezuela y área de estudio..... | 166 |
| 3.22 | Niveles de acción gubernamental, sector agua potable en Venezuela..... | 171 |
| 3.23 | La gestión del agua con vistas a un desarrollo sostenible..... | 175 |
| 3.24 | Sistema de indicadores del agua (SIA)..... | 176 |
| 3.25 | Clasificación de los indicadores de aguas superficiales en España según el esquema FPEIR..... | 177 |
| 3.26 | Clasificación de los indicadores para la microcuenca Bermejala - Colombia según el esquema FPEIR..... | 179 |
| 3.27 | Clasificación de los indicadores en Guatemala según el esquema EPIR.. | 180 |
| 3.28 | Mentefacto del diagnóstico de sostenibilidad de un abastecimiento de agua..... | 182 |
| 3.29 | Índice de sostenibilidad de un abastecimiento (ISA)..... | 182 |
| 3.30 | Ciclo propuesto para la búsqueda de la sostenibilidad de un abastecimiento de agua..... | 183 |
| 3.31 | Resultados del procedimiento Delphi en el modelo..... | 185 |
| 3.32 | Estados de sostenibilidad de un abastecimiento de agua en función del valor ISA..... | 190 |
| 3.33 | Proyección esperada de la evolución temporal de la sostenibilidad en un abastecimiento..... | 191 |
| 3.34 | Estrategia general basado en el modelo adaptado PER..... | 192 |
| 3.35 | Modelos estratégicos..... | 193 |

| Índice de imágenes | | |
|---------------------------|---|---------------|
| Imagen N° | | Página |
| Capítulo 3 | | |
| 3.36 | Basamento de la Norma ISO 24500..... | 195 |
| 3.37 | Esquema de aplicación de la norma ISO 24500..... | 196 |
| 3.38 | Ciclo de mejora continua asociado a la norma ISO-24510..... | 198 |
| 3.39 | Ámbitos relevantes para el sistema de monitoreo de un prestador de servicio en México..... | 199 |
| 3.40 | Interrelación de factores que inciden en la generación de beneficios a partir de los servicios de agua potable y saneamiento en México..... | 200 |
| 3.41 | Proceso de seguimiento para la mejora participativa de los servicios en México..... | 202 |
| 3.42 | Esquema de eficiencia de un sistema de agua potable en México..... | 204 |
| 3.43 | Esquema modelo de eficiencia de un sistema de agua potable en México..... | 205 |
| 3.44 | Estructura estándar del balance de agua..... | 207 |
| 3.45 | Fases, actividades y tareas del diagnóstico de eficiencia física..... | 208 |
| 3.46 | Fórmula del indicador de eficiencia física..... | 208 |
| 3.47 | Fórmula del indicador de fuga estructural..... | 209 |
| 3.48 | Interrelación de los departamentos de un organismo operador con el proceso de control de fugas para mejorar eficiencia física..... | 210 |
| 3.49 | Bloques de actividades para elaborar un proyecto de eficiencia física.... | 211 |
| 3.50 | Análisis del beneficio – costo de un programa de control de fugas..... | 212 |
| 3.51 | Interrelación de objetivos estratégicos de Aguas de Mérida para mejorar eficiencia física..... | 212 |
| 3.52 | Actividades del diagnóstico de eficiencia hidráulica..... | 213 |
| 3.53 | Indicador consumo unitario de los usuarios..... | 213 |
| 3.54 | Valores de referencia de consumo unitario de los usuarios..... | 214 |
| 3.55 | Indicador dotación (l/hab/día)..... | 214 |
| 3.56 | Indicador continuidad del servicio..... | 215 |
| 3.57 | Indicador déficit entre el caudal de agua disponible en la red y el caudal de agua requerido por los usuarios (\pm %)...... | 216 |
| 3.58 | Indicador presión media del agua en la red de distribución (kg/cm^2)..... | 216 |
| 3.59 | Fases de la modelación de un sistema hidráulico a presión..... | 217 |
| 3.60 | Esquema de un sistema típico de suministro y consumo energético en sistemas de agua potable y saneamiento..... | 218 |
| 3.61 | Metodología para realizar un DEE en sistemas de agua potable y saneamiento..... | 219 |
| 3.62 | Indicador energético..... | 219 |
| 3.63 | Indicador costo unitario de energía..... | 220 |
| 3.64 | Metodología para desarrollar un proyecto de DEE en sistemas de agua potable y saneamiento..... | 220 |
| 3.65 | Metodología para desarrollar un proyecto de eficiencia integral en sistemas de agua potable..... | 222 |
| 3.66 | Indicador satisfacción de la continuidad del servicio..... | 224 |
| 3.67 | Indicador satisfacción de la calidad de agua..... | 225 |
| 3.68 | Indicador satisfacción de atención al ciudadano..... | 226 |
| 3.69 | Indicador aceptación social del ajuste tarifario..... | 227 |
| 3.70 | Indicador densidad de reclamos..... | 228 |

Índice de imágenes

| Imagen N° | | Página |
|-------------------|--|--------|
| Capítulo 3 | | |
| 3.71 | Indicador cobertura de agua potable..... | 229 |
| 3.72 | Indicador continuidad del servicio..... | 230 |
| 3.73 | Indicador eficiencia del agua facturada..... | 231 |
| 3.74 | Indicador eficiencia del agua facturada..... | 232 |
| 3.75 | Indicador permanencia gerencial..... | 233 |
| 3.76 | Indicador estabilidad general del personal..... | 234 |
| 3.77 | Indicador competitividad salarial..... | 235 |
| 3.78 | Indicador grado de profesionalización..... | 235 |
| 3.79 | Indicador conflictividad organizacional..... | 236 |
| 3.80 | Indicador efectividad en la rendición de cuentas..... | 237 |
| 3.81 | Ranking en materia de gobernabilidad..... | 238 |
| 3.82 | POAM Aguas de Mérida C.A..... | 248 |
| 3.83 | Criterios de integración ambiental en el sistema de indicadores..... | 250 |
| 3.84 | Ciclo antrópico del agua potable..... | 254 |
| Capítulo 4 | | |
| 4.1 | Procesamiento de la información para la toma de decisiones..... | 260 |
| 4.2 | Esquema inicial para los tipos de indicadores..... | 261 |
| 4.3 | Aplicación de modelo matricial de Gómez - Senent (2002) al desarrollo del capítulo 4..... | 264 |
| 4.4 | Ruta metodológica para la construcción del sistema de indicadores de desempeño y sostenibilidad..... | 265 |
| 4.5 | Ruta metodológica ampliada para la construcción del sistema de indicadores de desempeño y sostenibilidad..... | 266 |
| 4.6 | Flujograma de la ruta metodológica de la etapa 1..... | 267 |
| 4.7 | Funciones del comité institucional..... | 268 |
| 4.8 | Preguntas claves generadoras..... | 271 |
| 4.9 | Ejemplo de matriz PCI..... | 271 |
| 4.10 | Ejemplo de matriz POAM..... | 272 |
| 4.11 | Proceso iterativo de revisión, análisis y selección de metodologías y sistemas de indicadores..... | 275 |
| 4.12 | Flujograma de la ruta metodológica de la etapa 2..... | 276 |
| 4.13 | Tipos de indicadores de Aguas de Mérida C.A..... | 292 |
| 4.14 | Indicadores estratégicos seleccionados de Aguas de Mérida C.A. Primer cribado..... | 292 |
| 4.15 | Jerarquías establecidas para el sistema de indicadores..... | 296 |
| 4.16 | Vector de prioridades de los componentes de la sostenibilidad en la prestación del servicio de agua potable..... | 298 |
| 4.17 | Primera valoración de los componentes de la sostenibilidad en la prestación del servicio de agua potable..... | 299 |
| 4.18 | Escala de valoraciones de indicadores y ejemplo de curvas de conversión para indicadores cualitativos..... | 301 |
| 4.19 | Jerarquía final de los criterios generales para el sistema de indicadores de desempeño y sostenibilidad de la prestación del servicio de agua potable..... | 302 |

| Índice de imágenes | | |
|---------------------------|--|---------------|
| Imagen N° | | Página |
| <i>Capítulo 4</i> | | |
| 4.20 | Número de indicadores estratégicos definitivos..... | 303 |
| 4.21 | Distribución de indicadores estratégicos definitivos según las dimensiones de la sostenibilidad (criterio general) y subcriterios..... | 304 |
| 4.22 | Aspectos (subcriterios) del servicio de agua potable según las dimensiones de la sostenibilidad..... | 304 |
| 4.23 | Indicadores estratégicos “componente ambiental”..... | 305 |
| 4.24 | Indicadores estratégicos “componente social”..... | 306 |
| 4.25 | Indicadores estratégicos “componente económico”..... | 307 |
| 4.26 | Ruta metodológica general para la etapa 3..... | 338 |
| 4.27 | Ejemplo de cálculo método grafico según modelo Benavides (2010)..... | 341 |
| 4.28 | Ruta metodológica general para la etapa 4..... | 345 |
| <i>Capítulo 5</i> | | |
| 5.1 | Estructura organizativa de Aguas de Mérida C.A..... | 356 |
| 5.2 | Evolución del ente rector d la planificación en Venezuela..... | 357 |
| 5.3 | Ejemplo POA – subgerencia Libertador..... | 360 |
| 5.4 | Seguimiento de POA – subgerencia Libertador..... | 361 |
| 5.5 | Distribución de mesas técnicas de agua en el estado Mérida..... | 381 |
| 5.6 | Distribución de proyectos comunitarios..... | 381 |
| 5.7 | Indicadores de gestión de proyectos..... | 382 |
| 5.8 | Estatus de la inversión..... | 385 |
| 5.9 | Ciclo social del agua..... | 387 |
| 5.10 | Cobertura y uso de la tierra de la subcuenca del río Mucujún, año 2007.... | 391 |
| 5.11 | Cobertura y uso de la tierra, subcuenca del río Albarregas, 2015..... | 392 |
| 5.12 | Cobertura y uso de la tierra de la microcuenca qda. Carvajal, año 2015.... | 393 |
| 5.13 | Cobertura y uso de la tierra, subcuenca del río La Pedregosa, 2015..... | 394 |
| 5.14 | Cobertura y uso de la tierra, subcuenca del río Mucujún,1998-2000..... | 396 |
| 5.15 | Uso de la tierra en la parte alta de la subcuenca del río Mucujún..... | 397 |
| 5.16 | Cobertura vegetal y uso de la tierra, subcuenca del río Mucujún, 2004.... | 399 |
| 5.17 | Cobertura vegetal y uso de la tierra, subcuenca del río Mucujún, 2008.... | 400 |
| 5.18 | Cobertura vegetal y uso de la tierra, subcuenca del río Mucujún, 2012.... | 401 |
| 5.19 | Cobertura vegetal y uso de la tierra, subcuenca del río Mucujún, 2015.... | 402 |
| 5.20 | Turbiedad promedio del agua cruda río Mucujún, período 2004-2012..... | 404 |
| 5.21 | Color aparente promedio del agua cruda río Mucujún, 2004-2012..... | 405 |
| 5.22 | pH promedio del agua cruda río Mucujún, período 2004-2012..... | 406 |
| 5.23 | Alcalinidad promedio del agua cruda río Mucujún, 2004-2012..... | 407 |
| 5.24 | Coliformes totales promedio del agua cruda río Mucujún, 2004-2010..... | 408 |
| 5.25 | Kilogramos de sulfato de aluminio dosificado en planta de potabilización Enrique Bourgoïn, 2005-2013..... | 409 |
| 5.26 | Plantas establecidas en cuencas abastecedoras..... | 411 |
| 5.27 | Jerarquía de los criterios generales y subcriterios – IDSAAP ideal..... | 417 |

RESUMEN

El agua es un recurso indispensable para la vida y de gran importancia, para el desarrollo de la humanidad a lo largo de su historia y visión actual y futura, sin embargo, el uso de tan vital recurso natural cada día se hace de forma insostenible, que pudiese llegar a comprometer su disponibilidad para el abastecimiento de las poblaciones, como se evidencia en la actualidad en algunas regiones del mundo, cuyo aprovechamiento prevalece como derecho humano universal. De ahí, que este uso ineficiente del agua y la degradación de su calidad, constituyen uno de los principales frenos para avanzar por senderos de la sostenibilidad global, regional y local, lo que incrementa la vulnerabilidad de las comunidades, de la infraestructura y los servicios básicos.

Es por ello, que el agua se convierte en el centro y motor del Desarrollo Sostenible y resulta fundamental para la supervivencia de la vida humana, y es hora, que los gobiernos, industrias, empresas y sociedad en general, trabajen mancomunadamente en busca de encontrar la manera de gestionarla de forma sostenible adoptando un enfoque holístico e integrado, que permita la seguridad hídrica y alcanzar el equilibrio y conservación de los ecosistemas, ya que es un recurso limitado e insustituible y sólo funciona como recurso renovable, si está bien gestionado.

En atención a ello, y en procura de contribuir a la gestión sostenible del recurso hídrico por las empresas prestadoras de este servicio, la presente tesis doctoral, desarrolla una propuesta metodológica para la evaluación del desempeño y la sostenibilidad en la gestión del agua potable, con aplicación a la empresa Aguas de Mérida C.A. del estado Mérida, Venezuela. Dicha propuesta, se origina a partir de la selección y combinación de cuatro metodologías: modelo FPEIR (Fuerzas motrices, Presiones, Estado, Impacto, Respuesta); modelo diagnóstico de la sostenibilidad de un abastecimiento de agua; metodología propuesta para la Incremento de la eficiencia física, hidráulica y energética en sistemas de agua potable; metodología para la medición de la gobernabilidad y gobernanza del agua. Éstas, permitieron, de manera innovadora, incorporar el parámetro ambiental como un pilar de la prestación del servicio de agua potable y romper paradigmas de los sistemas de indicadores tradicionales aplicados al sector, especialmente, en los aspectos de cobertura, calidad, cantidad y continuidad; así, se logró interrelacionar las dimensiones de la sostenibilidad y construir un **Sistema de Indicadores para la Evaluación del Desempeño y Sostenibilidad (SIEDSA)**, conformado por 21 Indicadores Estratégicos (cuali-cuantitativos), que representan una proporción convergente, numérica y descriptiva de la interrelación de las dimensiones de la sostenibilidad en los procesos de gestión ecoeficiente, para la prestación del servicio de agua potable. Tras un proceso de agregación, se consolidó y se generó el **Índice del Desempeño y Sostenibilidad de la Prestación del Servicio de Agua Potable (IDSAAP)**, resultando, en su conjunto, un modelo innovador para la gestión ecoeficiente del agua, el cual pretende ser una herramienta útil y flexible para el uso de las empresas prestadoras del servicio de agua potable, a fin que los planificadores y gerentes de la gestión de este servicio, puedan valorar y predecir el estado inicial de la Empresa, así como identificar y basar técnicamente la propuesta con las medidas prioritarias, en las dimensiones de la sostenibilidad, que se relacionan con la gestión de la Empresa en estudio, dando pie a la toma de decisiones oportunas con visión prospectiva y propositiva para alcanzar la ecoeficiencia del sistema. Además, permitirá el monitoreo continuo del abastecimiento de las poblaciones en ámbitos urbanos por la Autoridad Nacional de las Aguas a los usuarios del recurso hídrico en Venezuela, pudiendo ser replicado, el presente modelo metodológico, a otros países con las debidas adaptaciones a su contexto institucional, operativo y ambiental. La presente tesis doctoral, es fundamento para generación de nuevas líneas de investigación, que incluyan el ciclo urbano del agua en su integralidad, articulando investigadores, grupos de investigación e instituciones públicas y privadas involucradas en el sector agua potable y saneamiento. Consolidar la presente tesis doctoral, ratifica el compromiso ciudadano y del sector universitario, en torno a los acuerdos y declaraciones internacionales para garantizar el acceso al agua potable como derecho humano fundamental, en consonancia a los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS-2030), en especial, el objetivo siete de la Declaración del Milenio referido a la sostenibilidad y el Objetivo Global para el Agua Post- 2015 “Asegurando agua sostenible para todos”.

Palabras Claves: Gestión del Agua Potable, Desempeño y sostenibilidad.

SUMMARY

Water is an indispensable resource for life and, the most important, for the development of humanity throughout its history and current and future vision. However, the use of such vital natural resource every day is done in an untenable way, which could compromise its availability for the supply of stocks, as evidenced in some regions of the world, whose exploitation prevails as a universal human right, today. Hence, this inefficient uses of water and degradation of its quality constitutes one of the main brakes for advancing paths of global, regional and local sustainability, which increases the vulnerability of communities, infrastructure and Basic services.

That is why water becomes the center and engine of sustainable development and is fundamental to the survival of human life, and it is time that governments, industries, companies and society in general, work together to find how to manage it in a sustainable way by adopting a holistic and integrated approach that allows water security and achieving the equilibrium and conservation of ecosystems. Since, it is a limited and irreplaceable resource and it only works as a renewable resource, if it is well managed.

In attention to this, and in seeking to contribute to the sustainable management of water resources by the companies providing this service, this doctoral thesis, develops a methodological proposal for the evaluation of performance and environmental sustainability in The management of potable water, with application to the company Aguas de Mérida C.A. of the state Mérida, Venezuela. This proposal originates from the selection and combination of four methodologies: Model FPEIR (driving forces, pressures, status, impact, response); Model diagnosis of the sustainability of a water supply; proposed methodology for the increase of the physical, hydraulic and energetic efficiency in potable water systems; Methodology for measuring and water governance. These allowed, in an innovative way, to incorporate the environmental parameter as a pillar of the provision of the potable water service and to break paradigms of the traditional indicators systems applied to the sector, especially in the coverage aspects, Quality, quantity and continuity; Thus, it was possible to interconnect the dimensions of sustainability and to build a system of indicators for the evaluation of environmental performance and Sustainability (SIEDSA), formed by 21 strategic indicators (quantitative), which represent a Convergent, numerical and descriptive proportion of the interrelation of the dimensions of the sustainability in the processes of ecoefficient management, for the provision of the potable water service. After an aggregation process, the performance and environmental Sustainability Index of the Potable water service provision was consolidated and generated (IDSAAP); resulting, as a whole, an innovative model for the ecoefficient management of water, which aims to be a useful and flexible tool for the use of the companies providing the potable water service, so that the planners and managers of the management of this Service, can assess and predict the initial state of the company, as well as identify and technically base the proposal with priority measures, in the dimensions of sustainability, which relate to the management of the company under study, giving rise to timely decision making with prospective and propositive vision to achieve the eco-efficiency of the system. In addition, it will allow the continuous monitoring of the supply of the populations in urban areas by the National Water Authority to the users of the water resource in Venezuela, being able to be replicated, the present methodological model, to other countries with the adaptations to their institutional, operational and environmental context. This thesis is the basis for the generation of new lines of research, which include the urban water cycle in its entirety, articulating researchers, research groups and public and private institutions involved in the potable water and sanitation sector. Consolidate the present doctoral thesis, ratifies the citizen commitment and the university sector, around the international agreements and declarations to ensure access to drinking water as a fundamental human right, in line with the objectives of sustainable development (ODS-2030), in particular, the goal 7 of the Millennium Declaration referred to environmental sustainability and the overall aim for the water Post- 2015 "Ensuring Sustainable Water for All".

Key words: Drinking water management, performance and environmental sustainability.

RESUM

L'aigua és un recurs indispensable per a la vida i, de gran importància, per al desenvolupament de la humanitat al llarg de la seua història i visió actual i futura, no obstant açò, l'ús de tan vital recurs natural cada dia es fa de forma insostenible, que poguera arribar a comprometre la seua disponibilitat per al proveïment de les poblacions, com s'evidencia en l'actualitat en algunes regions del món, l'aprofitament del qual preval com a dret humà universal. D'ací, que aquest ús ineficient de l'aigua i la degradació de la seua qualitat, constitueixen un dels principals frens per a avançar per senderes de la sostenibilitat global, regional i local, la qual cosa incrementa la vulnerabilitat de les comunitats, de la infraestructura i els serveis bàsics.

És per açò, que l'aigua es converteix en el centre i motor del Desenvolupament Sostenible i resulta fonamental per a la supervivència de la vida humana, i és hora, que els governs, indústries, empreses i societat en general, treballen conjuntament a la recerca de trobar la manera de gestionar-la de forma sostenible adoptant un enfocament holístic i integrat, que permeta la seguretat hídrica i aconseguir l'equilibri i conservació dels ecosistemes, ja que és un recurs limitat i insubstituïble i només funciona com a recurs renovable, si està ben gestionat.

En atenció a açò, i en procura de contribuir a la gestió sostenible del recurs hídic per les empreses prestadores d'aquest servei, la present tesi doctoral, desenvolupa una proposta metodològica per a l'avaluació de l'acompliment i la sostenibilitat en la gestió de l'aigua potable, amb aplicació a l'empresa Aigües de Mèrida C.A. de l'estat Mèrida, Venèçuela. Aquesta proposta, s'origina a partir de la selecció i combinació de quatre metodologies: model FPEIR (Forces motrius, Pressions, Estat, Impacte, Resposta); model diagnòstic de la sostenibilitat d'un proveïment d'aigua; metodologia proposada per a la Incremente de l'eficiència física, hidràulica i energètica en sistemes d'aigua potable; metodologia per al mesurament de la governabilitat i governança de l'aigua. Aquestes, van permetre, de manera innovadora, incorporar el paràmetre ambiental com un pilar de la prestació del servei d'aigua potable i trencar paradigmes dels sistemes d'indicadors tradicionals aplicats al sector, especialment, en els aspectes de cobertura, qualitat, quantitat i continuïtat; així, es va aconseguir interrelacionar les dimensions de la sostenibilitat i construir un Sistema d'Indicadors per a l'Avaluació de l'Acompliment i Sostenibilitat (SIEDSA), conformat per 21 Indicadors Estratègics (cualitatitatius), que representen una proporció convergent, numèrica i descriptiva de la interrelació de les dimensions de la sostenibilitat en els processos de gestió ecoeficient, per a la prestació del servei d'aigua potable. Després d'un procés d'agregació, es va consolidar i es va generar l'Índex de l'Acompliment i Sostenibilitat de la Prestació del Servei d'Aigua Potable (IDSAAP), resultant, en el seu conjunt, un model innovador per a la gestió ecoeficient de l'aigua, el qual pretén ser una eina útil i flexible per a l'ús de les empreses prestadores del servei d'aigua potable, a fi que els planificadors i gerents de la gestió d'aquest servei, puguin valorar i predir l'estat inicial de l'Empresa, així com identificar i basar tècnicament la proposta amb les mesures prioritàries, en les dimensions de la sostenibilitat, que es relacionen amb la gestió de l'Empresa en estudi, donant motiu a la presa de decisions oportunes amb visió prospectiva i propositiva per a aconseguir l'ecoeficiència del sistema. A més, permetrà el seguiment continu del proveïment de les poblacions en àmbits urbans per l'Autoritat Nacional de les Aigües als usuaris del recurs hídic a Venèçuela, podent ser replicat, el present model metodològic, a altres països amb les degudes adaptacions al seu context institucional, operatiu i ambiental. La present tesi doctoral, és fonament per a generació de noves línies de recerca, que incloguen el cicle urbà de l'aigua en la seua integralidad, articulant investigadors, grups de recerca i institucions públiques i privades involucrades en el sector aigua potable i sanejament. Consolidar la present tesi doctoral, ratifica el compromís ciutadà i del sector universitari, entorn dels acords i declaracions internacionals per a garantir l'accés a l'aigua potable com a dret humà fonamental, d'acord als Objectius del Desenvolupament Sostenible (ODS-2030), especialment, l'objectiu set de la Declaració del Mil·lenni referit a la sostenibilitat i l'Objectiu Global per a l'Aigua *Post- 2015 "Assegurant aigua sostenible per a tots".

Paraules Claus: Gestió de l'Aigua Potable, Acompliment i sostenibilitat.

Agradecimientos

Dejo constancia de mi sincero agradecimiento a:

A la ilustre Universidad Politécnica de Valencia – España y a sus honorables Coordinadores del Programa Doctoral, por su valiosa contribución en mi formación académica a nivel doctoral y por el apoyo administrativo para cumplir satisfactoriamente con lo establecido en el marco del Convenio con la Universidad de los Andes - Venezuela.

A la ilustre Universidad de los Andes – Venezuela, por dar apertura a espacios académicos internacionales para la formación de profesionales a nivel Doctoral.

A los honorables Dr. Vicente Agustín Cloquell Ballester, Dra. María Elena Owen de Contreras, Dr. Wilver Contreras Miranda, grandes maestros, directores y tutores de la presente tesis doctoral, que con su paciencia, guía, apoyo y motivación, se logró cumplir con el proceso del Programa Doctoral y el Convenio con la Universidad de los Andes - Venezuela.

A la Empresa Aguas de Mérida C.A. – Venezuela y todo su personal directivo, administrativo, técnico y operativo por su apoyo incondicional, valiosa contribución y participación durante cinco años en el desarrollo de la presente tesis doctoral, la institución ha sido un espacio de intercambio de saberes gracias a la experiencia de sus trabajadores de alta calidad profesional.

A mi familia y a todos aquellos que con sus palabras de apoyo y colaboración desinteresada, son merecedoras de mi reconocimiento.

La Autora

Dedicatoria

*A Dios Todopoderoso
A mi familia por su gran apoyo incondicional, en especial a Doña María Santos
Rodríguez Peña por ser un pilar fundamental.*

Con todo mi amor y bendiciones:

La Autora



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



CAPÍTULO I

Introducción general de la tesis doctoral

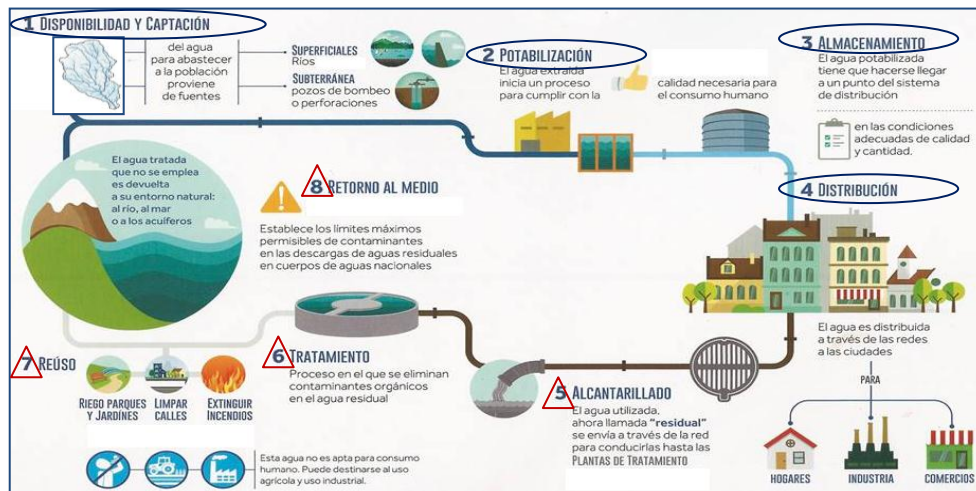
Desarrollo de una metodología para la evaluación del desempeño y la sostenibilidad ambiental en la gestión del agua potable. Caso de Estudio: Aguas de Mérida C.A. (Venezuela).

CAPÍTULO I Introducción general de la tesis doctoral

1.1. Consideraciones generales

El presente trabajo de tesis doctoral desarrolló una *propuesta metodológica para la evaluación del desempeño y la sostenibilidad ambiental en los procesos o ciclo urbano de gestión del agua potable*, que involucra en esta investigación desde la disponibilidad y captación en la cuenca abastecedora a través de fuentes superficiales sin regulación (1), potabilización (2), almacenamiento(3) y distribución (4) para la dotación del recurso natural transformado en agua potable para uso doméstico en ámbitos urbanos (imagen 1.1), en busca de integrar e incorporar de manera sistémica e integral en los entes prestadores o proveedores del servicio *las dimensiones de la sostenibilidad* como pilares de la organización *para que se encamine hacia una gestión sostenible del agua y el saneamiento* en el marco de los objetivos de desarrollo sostenible y del milenio (ODS), todo ello partiendo de que el recurso hídrico y los servicios que presta son estratégicos y la base fundamental para el desarrollo de la humanidad en las dimensiones de la sostenibilidad.

Por tanto y en vista de la complejidad del sector agua potable y saneamiento en los países en vía de desarrollo, esta investigación hizo sólo énfasis en una primera etapa del ciclo urbano del agua y pretende a posterior dar apertura a futuras líneas de investigación donde se puedan incorporar los sistemas de recolección de aguas residuales domésticas y su tratamiento (5 y 6), reuso (7) y retorno al medio (8), con el fin de evaluar la huella ecológica de este servicio de forma integral.

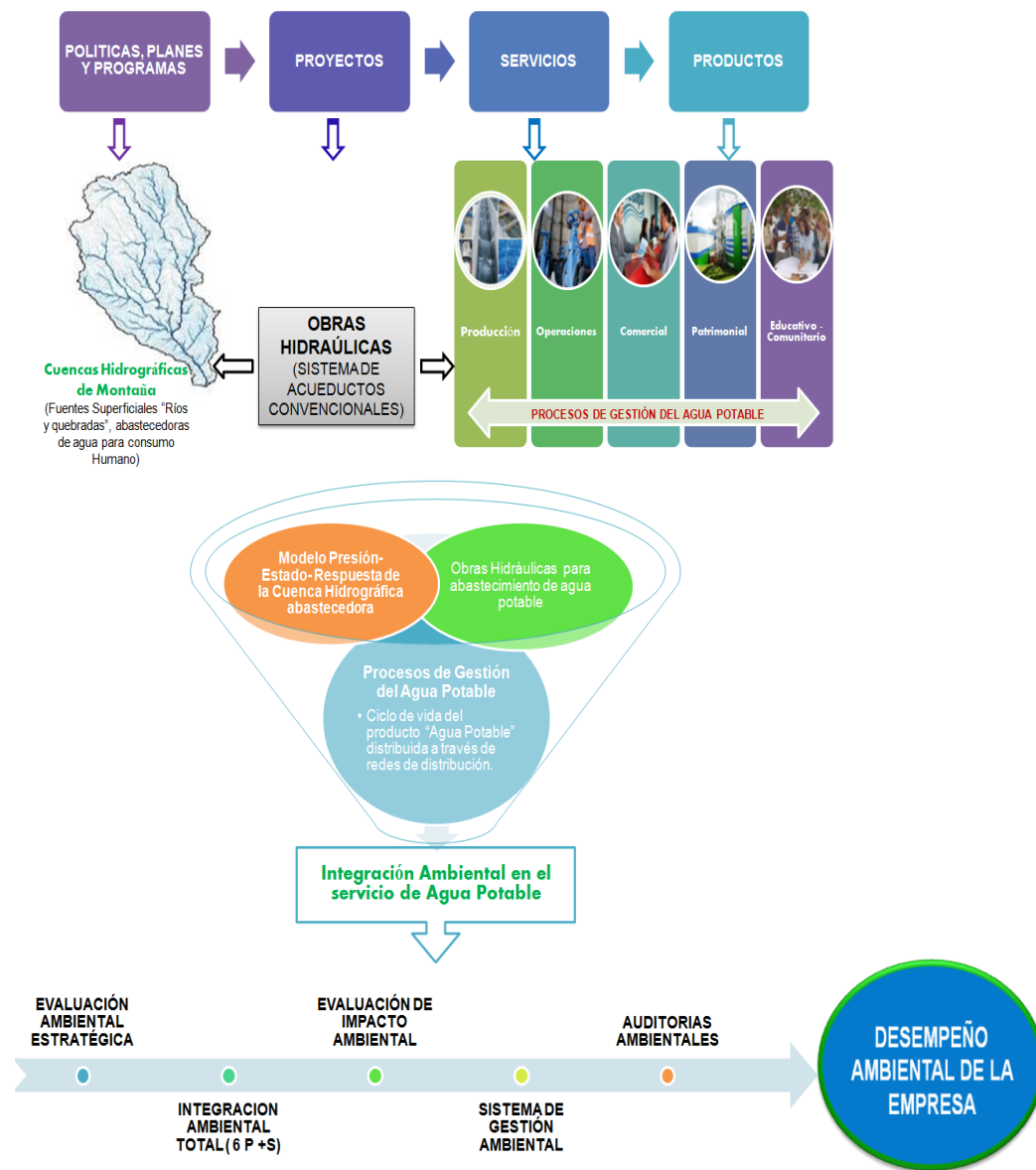


Fuente: Adaptado de Asociación Nacional de Empresas de Agua y Saneamiento de México [ANEAS], 2010

Imagen 1.1. Ciclo urbano del agua

Desarrollo de una metodología para la evaluación del desempeño y la sostenibilidad ambiental en la gestión del agua potable. Caso de Estudio: Aguas de Mérida C.A. (Venezuela).

En este contexto, la tesis doctoral se delinea esquemáticamente bajo el enfoque del diseño ambientalmente integrado (dAI):

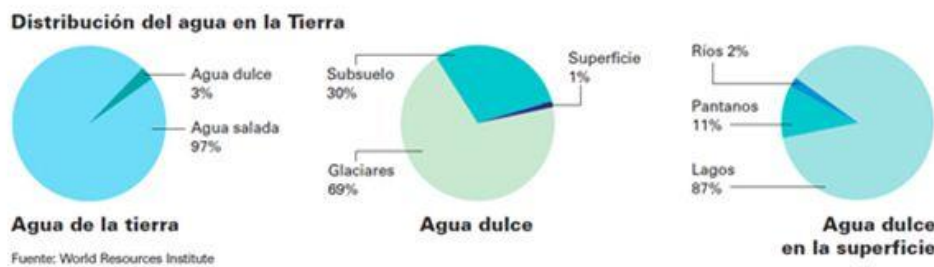


Fuente: Elaboración propia

Imagen 1.2. Enfoque de evaluación del desempeño y sostenibilidad en la gestión del agua potable

1.2. Motivación de la investigación

El agua es un recurso indispensable para la vida y de gran importancia para el desarrollo de la humanidad a lo largo de su historia pasada, actual y futura, sin embargo, el uso de tan vital recurso natural cada día se hace de forma insostenible, que pudiese llegar a comprometer su disponibilidad para el abastecimiento de agua para las poblaciones cuyo aprovechamiento prevalece como derecho humano universal. Es por ello, que el escenario mundial actual en relación al recurso natural agua presenta un grave problema debido a la creciente degradación ambiental que incide en el funcionamiento, equilibrio y sostenibilidad del ciclo hidrológico, y por ende, en la fluctuación de los caudales y su calidad en las fuentes de aguas superficiales y subterráneas, lo que trae graves consecuencias para usuarios y ecosistemas. Junto con ello, el consumo de agua potable ha venido creciendo exponencialmente, por lo que en los últimos 50 años, la extracción de agua ha aumentado cuatro veces, teniendo en cuenta que sólo el 3% del agua existente en la tierra es dulce y tan sólo el 1 % está disponible en la superficie, permitiendo su accesibilidad y posibilidad de ser usada directamente para las actividades humanas, mientras que el resto (97%) es agua salada (Giordan & Souchon, 1995), (imagen 1.3).



Fuente: World Resources Institute [WRI], 2011

Imagen 1.3. Distribución del agua en la tierra

La situación expuesta, esta provocando la sobre explotación de fuentes superficiales y acuíferos a tasas superiores a la reposición natural, agravando la situación los problemas de contaminación y degradación de la calidad de las aguas, así como el aumento del riesgo frente a amenazas naturales, que en el caso de la prestación del servicio de agua potable que se abastece de fuentes de agua superficiales sin regulación están referidos a movimientos en masa, sequías y crecidas torrenciales. Por tanto, estos factores naturales y antrópicos están ocasionando dificultades de acceso al recurso agua para satisfacer necesidades básicas a un alto porcentaje de la población. Este argumento expuesto tiene cada día mayor relevancia de acuerdo a las proyecciones realizadas por el Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos [en sus siglas en inglés WWAP] y World Resources Institute [WRI] referidas a la escasez del agua en el mundo y a la necesidad de una mayor cooperación e integración de las naciones y los operadores del servicio de agua potable, que permitan garantizar una gestión sostenible,

eficiente y equitativa de los escasos recursos hídricos existentes en el planeta, tanto a nivel local como internacional. Todo ello, lo contextualizan como un fenómeno no sólo natural, sino también causado por la acción del ser humano y lo definen como **«el punto en el que el impacto agregado de todos los usuarios, bajo determinado orden institucional, afecta al suministro o a la calidad del agua, de forma que la demanda de todos los sectores incluido el ambiental, no puede ser completamente satisfecha»** (WWAP, 2012a).

En este sentido y de acuerdo a la revisión documental, según el Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos (WWAP, 2012b), la **escasez de agua**, es un concepto relativo y puede darse bajo cualquier nivel de oferta o demanda de recursos hídricos, por tanto, se refiere a la **suficiente** falta de **este recurso natural y vital** para satisfacer las demandas de consumo humano de agua en una región, **implicando**:

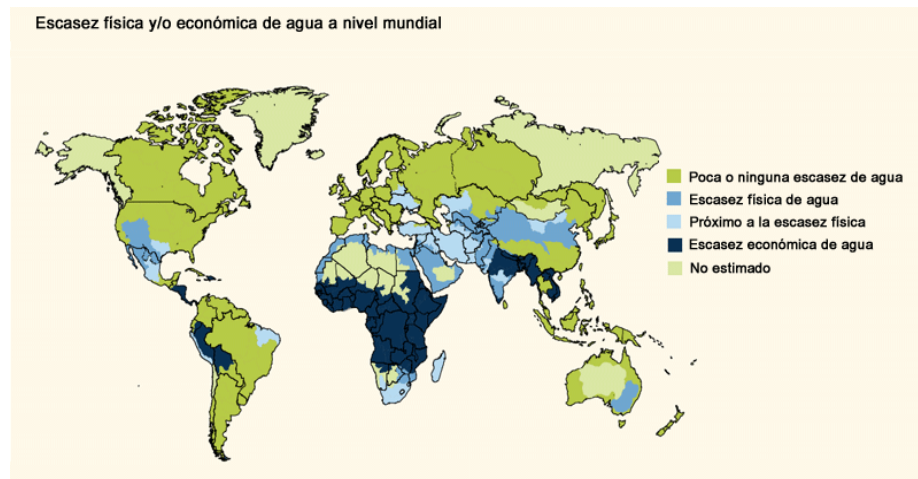
- **Estrés hídrico**. Se refiere a la dificultad de obtener fuentes de agua dulce durante un cierto período, una situación que puede culminar en un mayor deterioro y agotamiento de los recursos hídricos disponibles.
- **Déficit hídrico**. Puede ser causado por cambios climáticos tales como patrones climáticos alterados, incluyendo sequías, crecidas torrenciales o inundaciones, así como el aumento de la contaminación y de la demanda humana de agua, incluso su uso excesivo.
- **Crisis hídrica**. Es una situación que se produce cuando la disponibilidad de agua no contaminada dentro de una región es inferior a la demanda de agua en esta región. En este caso, la escasez de agua está siendo impulsada por dos fenómenos convergentes: el creciente uso de agua dulce y el agotamiento de los recursos de agua dulce disponibles (WRI, 2015).

Los aspectos antes mencionados, pueden ser el resultado de dos mecanismos: **la escasez física de agua** (absoluta), definida como el resultado de la insuficiencia de los recursos naturales hídricos para abastecer la demanda de una región, incluyendo el agua que se necesita para satisfacer la demanda antrópica y el buen funcionamiento de los ecosistemas; y **la escasez económica de agua**, como el resultado de una mala gestión de los recursos hídricos disponibles para garantizar el acceso al agua potable (United Nations Development Programme [UNDP], 2006).

Esta realidad se evidencia en diversos informes y documentos técnicos sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo, donde expertos suelen coincidir que el riesgo clave para los próximos años, **será una crisis en el abastecimiento de agua por el agotamiento de reservas de agua dulce**, debido a:

- La variabilidad climática y las evidencias de que el cambio climático pudiese alterar el régimen hídrico

- Los notables incrementos de contaminación
- Al incremento de la demanda del vital líquido para la población desarrollar sus actividades, por lo que la escasez física y económica del agua está afectando a gran parte de todos los continentes (imagen 1.4).
- *Débiles estrategias y mecanismos de monitoreo y evaluación para el cumplimiento de los objetivos del desarrollo sostenible para garantizar la gestión sostenible del agua para el abastecimiento de las poblaciones en las dimensiones de la sostenibilidad que permita un uso eficiente del recurso hídrico, ya que está en riesgo todas las perspectivas para el bienestar y la dignidad humana.*

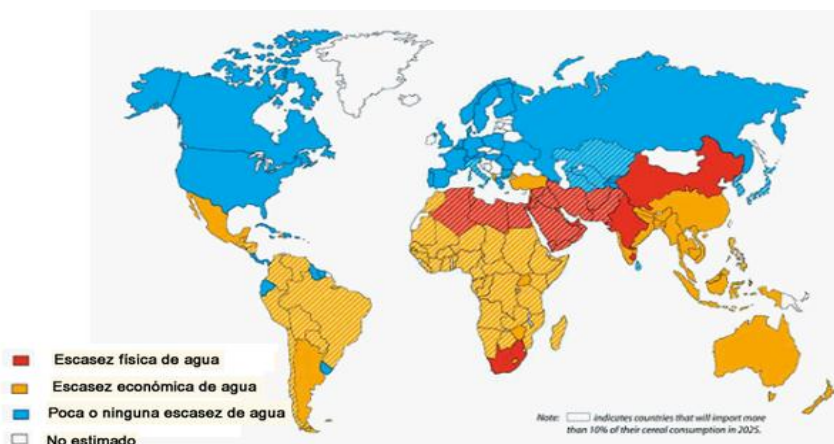


Fuente: WWAP (2012)

Imagen 1.4. Proyección de la escasez física/económica del agua a nivel mundial, año 2012

En este contexto, diversos informes científicos fundamentados en las proyecciones realizadas por el Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos (WWAP, 2012), señalan que para los años 2025 y 2040, una quinta parte de los países del mundo se enfrentará a una crisis hídrica (imágenes 1.5; 1.6).

Además, indican que ya casi una quinta parte de la población mundial (cerca de **1.200 millones** de personas) habitan en áreas de escasez física de agua, mientras que 500 millones se aproximan a esta situación, otros **1.600 millones**, y alrededor de un cuarto de la población mundial se enfrentan a situaciones de escasez económica de agua, donde los países carecen de la infraestructura necesaria para transportar el agua desde las fuentes abastecedoras superficiales y subterráneas (Programa de Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos [UN-HABITAT], 2010 citado por WRI, 2015).



Fuente: WWAP (2012)

Imagen 1.5. Proyección escasez física y/o económica del agua a nivel mundial año 2025

Al interrelacionar el texto anterior con la realidad de escasez física y económica en el contexto geopolítico donde se desarrolló la presente investigación, la República Bolivariana de Venezuela, país que se caracteriza por contar con un alto potencial en materia de recursos hídricos, sin embargo, la disponibilidad de agua (oferta) se enfrenta a las presiones del crecimiento demográfico, las actividades socio-productivas y los avances en la industrialización, producto de la escasa a nula ordenación del territorio, planificación, gestión, monitoreo y evaluación de los recursos hídricos y los servicios que este presta, trayendo como consecuencia de ello:

- La afectación de los recursos naturales en las cuencas hidrográficas (deforestación, cambios en uso de la tierra).
- La sobre explotación de fuentes superficiales y acuíferos a tasas superiores de lo requerido para cubrir la demanda de la población para uso doméstico (dotación urbana establecida por la Organización Mundial para la Salud [OMS]: 250 litros/habitante/día), agravando la situación el deterioro físico de los sistemas de abastecimiento de agua potable y la baja cobertura de macro medición y micro medición, lo que conlleva a un uso ineficiente del agua.
- Los problemas de contaminación y la progresiva degradación de la calidad de las aguas tienden a provocar déficit hídrico y escasez económica, debido al grave deterioro de los sistemas de tratamiento en las plantas de potabilización, que dificulta que el agua cruda se transforme en agua potable y cumpla satisfactoriamente con las normas internacionales y nacionales de calidad para que sea apta para el consumo humano.

Situación ésta que se evidencia desde mediados del siglo XX y con mayor hincapié en el siglo XXI debido al deterioro progresivo de las cuencas hidrográficas, las malas condiciones de las obras hidráulicas que conforman los sistemas de abastecimiento de agua para las zonas urbanas, la variabilidad climática asociada al cambio climático al presentarse problemas de fluctuaciones del régimen hídrico (aportaciones) para el abastecimiento de agua a las poblaciones inclusive para la generación hidroeléctrica, todo ello ha generado en la última década una situación con tendencias a la crisis de los sistemas de abastecimientos y distribución de agua potable en el país, realidad que debe atenderse en el marco de una gestión sostenible del recurso hídrico, de lo contrario se agudizará la escasez económica para el año 2025 y se presentará una escasez de agua física y económica que oscilará entre el 10 – 20% para el año 2040 (imagen 1.6).



Fuente: WRI (2015)

Imagen 1.6 Proyección para el año 2040 del porcentaje de escasez de agua a nivel mundial

De este panorama desfavorable nacional, no escapa la ciudad de Mérida (municipio Libertador – Venezuela) donde se desarrolló el caso de estudio de la tesis doctoral, que cuenta con un sistema de abastecimiento de agua potable convencional integrado por varios subsistemas para la prestación del servicio a la población merideña concentrada en el área urbana, que fue construido por etapas desde el año 1905, para ello cuenta con cuatro (04) fuentes superficiales sin regulación: río Mucujún, río Albarregas, río La Pedregosa y quebrada Carvajal, que aportan un caudal aproximado de 1.556 l/s, y el área periurbana ubicada alrededor de la misma se abastece de otras fuentes superficiales sin regulación (captación directa), cuyos sistemas de abastecimiento de agua son independientes del acueducto urbano de Mérida.

En atención a esta compleja problemática, se consideró para el análisis ambiental – operativo-institucional, sólo enfocarse en el sistema de abastecimiento de agua potable **“Acueducto urbano de Mérida – subsistema que se abastece de la subcuenca hidrográfica del río Mucujún”**, cuyo ente prestador del servicio es la empresa regional

Aguas de Mérida C.A. Es de interés resaltar que esta área delimitada de estudio en la actualidad presenta graves deterioros debido a la escasa inversión para el mantenimiento preventivo, correctivo, ampliación y rehabilitación del sistema de abastecimiento de agua potable, que afectan la oportunidad, continuidad y calidad de la prestación del servicio, haciéndola cada día más vulnerable a presentar problemas de déficit y crisis hídrica producto de la escasez económica y física del agua.

Por tanto, la escasez de agua y la gestión sostenible del agua constituye uno de los principales desafíos del siglo XXI al que se están enfrentando ya numerosas sociedades de todo el mundo, debido a que durante el último siglo el uso y consumo de agua creció a un ritmo dos veces superior al de la tasa de crecimiento de la población y aunque no se puede hablar de escasez hídrica a nivel global hoy en día, las estadísticas de los organismos internacionales denotan que va en aumento el número de regiones con niveles crónicos de carencia de agua (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura [UNESCO], 2009); por lo que la forma de gestionar el problema de la escasez de agua será determinante para la consecución o no de la mayoría de los Objetivos de Desarrollo Sostenible y del Milenio, pudiéndose avanzar en torno a ello, siempre que exista un excelente y consolidado compromiso histórico de los principales actores de la sociedad en procura de una verdadera sinergia institucional y comunitaria que encamine sus acciones hacia un desarrollo sostenible que promueva estrategias de integración para el uso eficiente del agua en busca del bienestar y prosperidad de la población. Por lo que en el marco de este argumento se hace indispensable vincular a los prestadores del servicio de agua potable públicos y privados, quienes son los principales actores institucionales en la extracción y/o aprovechamiento del recurso hídrico, a fin de lograr su uso eficiente, equitativo, continuo y de calidad para las poblaciones.

Ante esta problemática expuesta, es urgente que las sociedades reflexionen que la disponibilidad de agua depende de las condiciones que presente el ciclo hidrológico y de la velocidad con que son extraídos para cubrir los requerimientos de las actividades económicas y de la población, por lo que garantizar su conservación requiere realizar una gestión integral y sostenible del agua, teniendo presente que como base natural es el sistema de límites geográficos denominado **cuenca hidrográfica e hidrológica**, en la que se ubica el caudal de los cuerpos de agua superficiales y los acuíferos (Breña, 2007).

Es por ello, que el agua está en el centro y motor del Desarrollo Sostenible y resulta fundamental para el desarrollo socio-económico y supervivencia de la vida humana, por lo que es indispensable que los gobiernos, industrias, empresas y sociedad trabajen mancomunadamente en busca de encontrar la manera de gestionar de forma sostenible del agua adoptando un enfoque holístico e integrado que permita la seguridad hídrica y alcanzar el equilibrio y conservación de los ecosistemas, ya que es un recurso limitado e insustituible y sólo funciona como recurso renovable si está bien gestionado; sin em-

bargo, hoy en día más de 1.700 millones de personas viven en cuencas hidrográficas en las que su uso supera la recarga natural, una tendencia que indica que dos tercios de la población mundial podría vivir en países con escasez de agua para el año 2025 (Organización de las Naciones Unidas [ONU], 2014). Esta evidencia científica, es un indicador negativo que se reporta en la actualidad y que proyecta un futuro insostenible de la huella hídrica y ecológica del planeta.

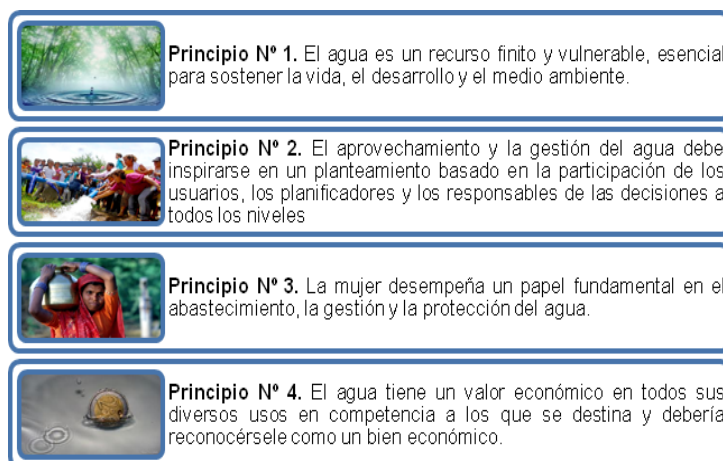
De ahí, que este uso ineficiente del agua y la degradación de su calidad constituyen uno de los principales frenos para avanzar por senderos de alcanzar la sostenibilidad global, regional y local, influyendo en la dimensión social, económica y ambiental, lo que incrementa la vulnerabilidad de las comunidades, de la infraestructura y los servicios básicos. De acuerdo con esta interpretación y en adelante, se entenderá por **sostenibilidad del recurso hídrico en centros urbanos, a la capacidad de generar y mantener un desarrollo integrado de los sistemas y servicios de agua potable y saneamiento, basado en el equilibrio de intereses, la corresponsabilidad de los actores político-sociales contemporáneos en la toma de decisiones y el aporte financiero, preservando el ambiente y los intereses de generaciones venideras.**

Por lo antes expuesto, representa un gran desafío para el Desarrollo Sostenible la gestión del recurso hídrico, ya que para garantizar el acceso al agua potable se debe enfrentar de manera decidida y con conciencia histórica ciudadana e institucional a la creciente degradación ambiental, a reducir la vulnerabilidad respecto a desastres naturales y adaptarse eficientemente al cambio climático.

Es por ello, que en la medida en que el agua se va convirtiendo en un recurso cada vez más escaso y deteriorado por la intervención humana, surgen retos inherentes de la integración ambiental en las políticas, planes, programas, proyectos, procesos, productos y servicios en las cumbres y sus declaraciones internacionales para que los diversos niveles de gobierno vayan estableciendo nuevas medidas para mejorar la gestión del recurso agua.

En este contexto se presentan algunos hitos relevantes que se desarrollan en el capítulo II, sin embargo, se citan especialmente aquellos que fundamentan la iniciativa para el desarrollo de la tesis doctoral:

- La Conferencia Internacional sobre el Agua y el Medio Ambiente de Dublín, Irlanda (1992), estableció cuatro principios de los cuales el principio N° 1 reconoce el vital recurso para garantizar la sostenibilidad en el planeta, y todos siguen siendo válidos a la presente fecha (imagen 1.7).



Fuente: Adaptado de Declaración de Dublín sobre el Agua y el Desarrollo Sostenible, Dublín, Irlanda, 26-31 de enero de 1992

Imagen 1.7. Principios- Declaración de Dublín 1992

- La Organización de las Naciones Unidas [ONU, 2003a; 2003b], ha propuesto un objetivo global "**Asegurar agua para todos de forma sostenible**". El objetivo y las metas dedicadas al agua abordan directamente los objetivos de desarrollo de las sociedades, promueven la dignidad humana y aseguran que los logros sean sostenibles a largo plazo y se proclama el período 2005-2015: **Decenio Internacional para la Acción "El agua, fuente de vida"**, con el objetivo principal de ocuparse más a fondo de las cuestiones relativas al agua y de la ejecución de programas y proyectos sobre agua, con el fin de ayudar a alcanzar los objetivos relativos a este recurso natural acordados a nivel internacional y contenidos en el Programa 21, los Objetivos de Desarrollo de la ONU para el Milenio y el Plan de Aplicación de Johannesburgo.

De acuerdo a lo antes mencionado, esta declaración internacional dio apertura al desarrollo de esta tesis doctoral, ya que busca encaminar las acciones gubernamentales hacia la sostenibilidad de las actividades de la humanidad con respeto a la tasa de renovación y carga de asimilación del recurso natural agua en las cuencas hidrográficas como fuentes de vida, de forma que se asegure el acceso justo al agua potable con la extracción o aprovechamiento de recurso hídrico sin sobreexplotación de las fuentes superficiales y subterráneas.

- Al finalizar la década internacional del agua potable y saneamiento ambiental (1981-1990), diversos estudios evaluaron el impacto de las inversiones realizadas en sistemas de agua potable y saneamiento, concluyendo que:

Para alcanzar las metas crecientes de coberturas de los servicios, no resulta sólo suficiente invertir en infraestructura, sino que es necesario tomar acciones con una visión más integral, dirigiendo el enfoque de desarrollo y las políticas sectoriales, hacia el logro de la sostenibilidad en la prestación de los servicios, lo cual se alcanza mediante acciones diversas y complementarias, bajo un enfoque integral y holístico, para sostener a largo plazo los impactos positivos de los grandes esfuerzos financieros, dirigidos a mejorar tanto la salud, como el bienestar general de la población. (ONU, 1991)

- Y en la Declaración de Nueva Delhi, la India (1990), se asumió que:

El acceso al agua potable y al saneamiento no es simplemente una tarea técnica de construcción de infraestructura, sino un componente decisivo del desarrollo social y económico de la población. En esta perspectiva, es posible brindar servicios sostenibles y aceptables mediante el adecuado uso de tecnologías apropiadas, la gestión comunitaria y la calificación de los recursos humanos. (ONU, 1990)

De esta década se motiva a que los proveedores o empresas prestadoras, proveedoras o gestoras del servicio de agua potable en ámbitos urbanos cuenten con una política sectorial con enfoque holístico, lo que puede contribuir a que incorpore la gestión ambiental como pilar de la organización para lograr la sostenibilidad del servicio de agua potable y se enfrente a la escasez física y económica del agua, partiendo como eje central e indispensable la cuenca hidrográfica como fuente abastecedoras de agua para el desarrollo de las poblaciones.

Consciente del contexto antes expuesto, se reafirma que los aspectos científicos y tecnológicos relacionados con la mejora de la infraestructura hidráulica de los sistemas de abastecimiento de agua para las poblaciones que implican la captación en la fuente, potabilización, almacenamiento, distribución y disposición final del recurso hídrico, representa en la actualidad un factor que tiene respuestas positivas y de solución debido al avance innovador de la sociedad moderna con la ciencia de la Ecología Industrial; siendo el mayor problema a solventar la participación de organizaciones que ética, moral, administrativa y técnicamente estén a la altura de hacer posible la distribución con calidad y equidad del agua, exigiendo una mayor actuación sincera y comprometida en el marco de una dimensión espiritual de la actuación individual y colectiva que va desde el ciudadano y sociedad que habita en la cuenca hidrográfica, el ciudadano y sociedad que habita en el ámbito urbano y el ente rector u organización nacional, estatal, municipal o comunal que rige los destinos de administrar y operar el sistema de abastecimiento de agua potable. Es hacer protagonista en el contexto sistémico de la dimensión espiritual del Desarrollo Sostenible según lo proponen Contreiras, Cloquell & Owen (2010), **la gobernanza de la sociedad civil** como ente implicado, la cual se articula con los intereses de planificación y gestión de los entes estatales o privados a través de una *organización para la sostenibilidad*, en

procura de lograr la integración ambiental y consolidación de la sostenibilidad en el uso del recurso hídrico a través de su ciclo de vida.

- La Organización de las Naciones Unidas, celebró el día mundial del agua de 2007, bajo el lema «**Afrontar la escasez de agua**» (Un Water, 2007). De esta manera a nivel internacional se hizo hincapié en la cada vez mayor relevancia de esta problemática en el mundo y en la necesidad de una mayor cooperación e integración que permitan garantizar una gestión *sostenible, eficiente y equitativa* de los escasos recursos hídricos, tanto a nivel local, nacional como internacional y en el año 2011, es “**Agua para las ciudades: respondiendo al desafío urbano**”, que según la UNESCO (2011), tenía por objeto alentar a los gobiernos, las organizaciones, comunidades y personas a participar activamente para responder al desafío de la gestión del agua urbana y centrar la atención internacional sobre el impacto del rápido crecimiento de la población urbana, la industrialización y la incertidumbre causada por el cambio climático, los conflictos y los desastres naturales sobre los sistemas urbanos de abastecimiento de agua.

Estos hitos que se consolidan en los objetivos del Desarrollo Sostenible, son de gran relevancia y motivación para que se desarrollen investigaciones en torno al recurso hídrico que contribuyan a reflexionar, actuar y promover la sensibilización para la resiliencia frente a la escasez de agua, la desertificación y la sequía, para asumir con responsabilidad la conservación del agua y del suelo, así como de su uso sostenible, ya que hay soluciones frente a estos importantes retos, tanto para los países que cuentan con avances notables hacia la sostenibilidad, y con mayor relevancia en los países en desarrollo y en el caso de Venezuela es de gran interés debido a que cuenta con una amplia legislación que debe aplicarse bajo una planificación y gestión ambiental para el Desarrollo Sostenible.

Sin embargo, la situación de crisis hídrica y problemas de escasez económica del agua por aspectos antes dichos en Venezuela, con la reciente creación del Ministerio del Poder Popular para las Aguas, en sustitución del Ministerio del Poder Popular Ecosocialismo y Agua [MINEA] y anteriormente Ministerio del Poder Popular para el Ambiente [MPPAMB], presume de buena intención al Estado Venezolano en hacer realidad el dictamen de los convenios internacionales en materia de manejo y conservación del recurso hídrico, a pesar de ello existe un deterioro progresivo de la capacidad de resiliencia de las fuentes abastecedoras de agua, lo que exige de actuaciones efectivas, consensuadas, comprometidas, dinámicas y rápidas de parte de los actores sociales en materia de conservación y recuperación de áreas degradadas de las cuencas hidrográficas de montaña, revisión y optimización en los procesos de todo el ciclo de vida del agua y su infraestructura en busca de la eficiencia física, hidráulica y energética de los sistemas de abastecimiento de agua en ámbitos urbanos. Lo contrario, es no cumplir con los acuerdos y proyectar una realidad en crisis para tiempos futuros de buena parte de la población venezolana. De ahí, que la presente tesis doc-

toral recurra en parte de su concepción a enmarcarse dentro de algunos de los preceptos del Diseño Ambientalmente Integrado (dAI) propuesto por Contreras & Cloquell (2006).

- Lo antes mencionado se fundamenta en los argumentos planteados a través el mecanismo interinstitucional de las Naciones Unidas (ONU) para todos los asuntos relacionados con el agua dulce y el saneamiento, que señala:

Cada vez es más evidente que el actual uso, desarrollo y gestión de los recursos hídricos finitos del planeta y de los servicios que proporcionan no es sostenible, y los gobiernos deben reconocer que el agua está **“en el centro del desarrollo sostenible”**, ya que está estrechamente relacionada con una serie de retos globales claves. (ONU, 2014)

- Por tanto, el logro de los objetivos de desarrollo, como la erradicación de la pobreza, la eliminación de las desigualdades, la realización de los derechos humanos para todos, y el impulso y mantenimiento del desarrollo económico depende de sistemas de agua dulce saludables, reiterándose como un objetivo global para el agua post- 2015 **“Asegurando agua sostenible para todos”** (imagen 1.8).



Fuente: Un Water (2014)

Imagen 1.8. Objetivo Global para el Agua Post – 2015

Este objetivo global según Un Water (2014), está diseñado para promover el bienestar humano, la prosperidad económica y la preservación del capital ambiental, por ende, contiene las tres dimensiones del Desarrollo Sostenible (social, económica, ambiental y político-institucional), en busca de:

- a) La protección de los recursos hídricos de la sobreexplotación y la contaminación, y a la vez satisfacer las necesidades de agua potable y de saneamiento, energía, agricultura y otros. Además, pretende proteger a las comunidades de los desastres relacionados con el agua

- b) La realización del derecho humano al agua segura y al saneamiento, así como de otros derechos, incluyendo el derecho a la vida, a un nivel adecuado de vida, a la salud y de la niñez
- c) Ser universalmente aplicable y al mismo tiempo responder a las circunstancias nacionales específicas

Ante lo antes mencionado, el desarrollo de políticas, planes, programas y estrategias de los diversos países del mundo en torno al agua, deben reconocer los objetivos de desarrollo de las sociedades, asegurando a la vez que los logros sean sostenibles en el largo plazo.

En este contexto, la nueva agenda de desarrollo en torno al recurso hídrico puede estimular la acción urgente que se necesita para corregir las tendencias actuales e involucra las perspectivas y los posibles aportes que se pretenden con la presente tesis doctoral (imagen 1.9).



Fuente: Adaptado de Un Water (2014)

Imagen 1.9. Resultados a promover con el objetivo global para el agua post – 2015

Todo lo antes citado, indica que las declaraciones internacionales mencionadas anteriormente dan cabida a la presente tesis doctoral, que pretende incorporar en los pilares de la organización de las empresas prestadoras del servicio de agua potable la gestión ambiental y permite reafirmar la importancia y fundamentación de la misma para ser implementada en un país en vías de desarrollo industrial como Venezuela, y que puede ser extrapolado el modelo metodológico al resto de países con similares características, más cuando esta nación cuenta con áreas protegidas que conservan más del 75% del recurso hídrico del país, ya que se encuentran bajo la figura jurídica de áreas bajo régimen especial (ABRAES) creadas por el Ejecutivo Nacional, para ordenar el uso y/o aprovechamiento de los recursos naturales en el territorio, por lo que proveen agua para consumo humano y actividades productivas urbanas y rurales (Ministerio del Poder Popular para el Ecosocialismo y Agua [MINEA], 2016).

Por ende, se requiere visualizar objetivos y acciones estratégicas con visión prospectiva y propositiva en el marco legislativo y normativo nacional e internacional, que permiten a su vez la toma de decisiones oportunas de parte de la *organización para la sostenibilidad*, actuaciones urgentes que permitan ser efectivos en los procesos de planificación, gestión, consolidación y validación de la actuación administrativa, así como del ordenamiento, aprovechamiento y el manejo sostenible del recurso hídrico nacional en ámbitos urbanos. Todo ello, será garantía de futuro sostenible con calidad de vida a partir del uso eficiente del recurso hídrico en los centros urbanos.

Frente a esta situación, y con la nueva visión que se debe tener de la gestión urbana del agua para garantizar el acceso sostenible, eficiente y equitativo del recurso hídrico a la población enmarcado en un contexto de integración y sostenibilidad, representan un desafío para las organizaciones prestadoras del servicio público de agua potable y saneamiento, ya que actualmente sus problemas sólo se agrupan en cuatro parámetros:

- **Cobertura.** El servicio de agua potable no es accesible al mayor número de usuarios.
- **Cantidad.** El recurso hídrico no es suficiente.
- **Oportunidad y Continuidad.** El servicio de suministro de agua no se encuentra siempre disponible.
- **Calidad.** El agua no siempre es apta para el consumo humano.

Por consiguiente, todo ello resultará inédito romper paradigmas de relacionar sólo los pilares de la organización y los problemas operativos, sino integrar lo ambiental a su accionar, teniendo en cuenta la visión de los organismos internacionales referida a que:

El recurso agua es limitado e insustituible y sólo funciona como recurso renovable si está bien gestionada, ya que resulta fundamental para el desarrollo socio-económico, para contar con ecosistemas saludables y la supervivencia humana, y así lograr avanzar por senderos de sustentabilidad y sostenibilidad en la prestación de los servicios de agua potable y saneamiento (Un Water, 2014). Para ello se debe enfrentar a la creciente degradación ambiental, la vulnerabilidad a desastres naturales y adaptarse eficientemente al cambio climático, a fin de aprovechar el recurso hídrico de forma sostenida en el tiempo y garantizar el acceso de agua potable a las poblaciones ajustado a un uso no excesivo. (WWAP, 2014 citado por Un Water, 2014)

1.3. Aspectos metodológicos generales

1.3.1. Formulación y delimitación del problema

Tras la motivación y planteamiento del problema de la investigación expuesta en el ítems 1.2, la tesis doctoral intitulada «*Desarrollo de una metodología para la evaluación del desempeño y la sostenibilidad ambiental en la gestión del agua potable. Caso de Estudio: Aguas de Mérida C.A., Mérida, Venezuela*», se fundamentó en un proceso de investigación descriptiva, exploratoria, documental y de campo, delimitándose al desarrollo de una propuesta metodológica para la evaluación del desempeño y la sostenibilidad del servicio de agua potable, que abarca la planificación y gestión desde la disponibilidad y captación en la cuenca hidrográfica abastecedora a través de fuentes superficiales sin regulación (1), potabilización (2), almacenamiento(3) y distribución (4) para la dotación del recurso natural transformado en agua potable a ciudadanos en ámbitos urbanos para uso doméstico.

Por tanto, es un estudio cuyo abordaje es de una variable de carácter compleja referida a la sostenibilidad y sus dimensiones aplicadas a la prestación del servicio de agua potable, lo cual implica la determinación e integración de indicadores estratégicos de sostenibilidad y desempeño ambiental, que permitan su evaluación en un tiempo determinado.

En esta investigación el componente saneamiento no se incluirá ya que por su complejidad representa una línea de investigación que puede desarrollarse a posterior para integrarla a la metodología propuesta, en este sentido, sólo se considerará a nivel preliminar la huella hídrica que quedaría luego de la utilización del agua potable (producto) a nivel domiciliario en áreas urbanas y su vertido directo sin tratamiento previo a fuentes superficiales en algunos países a nivel mundial.

En este contexto, la presente investigación partirá de los pilares tradicionales de la prestación del servicio de agua potable a nivel general, los cuales han sido identificados en el apartado anterior como valores de sostenibilidad, eficiencia y equidad social,

ya que estos siguen siendo importantes para la práctica y la teoría, pero ¿son estos valores suficientes?; **ello conllevó a concretar el planteamiento del problema en formular las siguientes interrogantes en la investigación:**

- *¿Se debe incorporar la gestión ambiental de las cuencas hidrográficas abastecedoras en los procesos de planificación y gestión desde la disponibilidad y captación hasta la red final de distribución del agua potable en centros urbanos, por parte de las empresas prestadoras del servicio de agua potable?*
- *¿Será posible y conveniente añadir la sostenibilidad y sustentabilidad ambiental como un cuarto pilar de la prestación del servicio de agua potable y saneamiento?*
- *¿Qué metodología (s) será la más adecuada para evaluar la gestión, el desempeño y la sostenibilidad de las empresas prestadoras del servicio de agua potable?*
- *¿Cuáles son los indicadores estratégicos que deben conformar el sistema de indicadores y el índice ambiental para evaluar el desempeño y la sostenibilidad de las empresas prestadoras del servicio de agua potable?*
- *¿Qué sistema de indicadores debe contener la propuesta metodológica para evaluar el desempeño y la sostenibilidad de las empresas prestadoras del servicio de agua potable?*
- *¿Cuál será el índice ambiental más idóneo para evaluar el desempeño y la sostenibilidad de las empresas prestadoras del servicio de agua potable?*
- *¿La metodología a proponer cuenta con proceso conceptual secuencial que le permita a la empresa prestadora del servicio de agua potable y a la autoridad nacional de aguas implementarla para evaluar el desempeño y la sostenibilidad?*
- *¿La aplicación de la metodología le permitirá a la empresa prestadora del servicio de agua potable y a la autoridad nacional de aguas conocer la situación inicial y evolución del desempeño y la sostenibilidad en el tiempo?*

1.3.2. Planteamiento de hipótesis

La respuesta a estas preguntas planteadas anteriormente constituyen el conjunto de objetivos principales de la tesis doctoral. Por otra parte, la respuesta positiva a estas incógnitas, así como el desarrollo y validación del sistema de indicadores y el desarrollo de la propuesta metodológica, constituyen las hipótesis predictivas que han de ser demostradas en la tesis doctoral, las cuales se presentan en la tabla 1.1.

Tabla 1.1. Relación formulación del problema – Formulación de las hipótesis

| Formulación del problema | Hipótesis |
|---|---|
| <p>¿Se debe incorporar la gestión ambiental de las cuencas hidrográficas abastecedoras en los procesos de planificación y gestión desde la disponibilidad y captación hasta la red final de distribución del agua potable en centros urbanos, por parte de las empresas prestadoras del servicio de agua potable?</p> <p>¿Será posible y conveniente añadir la sostenibilidad y sustentabilidad ambiental como un cuarto pilar de la prestación del servicio de agua potable y saneamiento?</p> | <p>H1: La incorporación de la gestión ambiental de las cuencas hidrográficas abastecedoras de agua para consumo humano como política institucional en los procesos de planificación y gestión del agua potable por parte de las empresas prestadoras del servicio de agua potable y saneamiento, permite mejorar su desempeño ambiental y contribuir a afrontar la mejora sostenible, eficiente y equitativa, disminuyendo la escasez física y económica del agua en una ciudad.</p> <p>H2: La incorporación de la sostenibilidad como pilar fundamental y eje transversal en la prestación del servicio de agua potable, puede garantizar el acceso sostenible, eficiente y equitativo al agua potable y afrontar la escasez física y económica del agua en una ciudad.</p> |
| <p>¿Qué metodología (s) será la más adecuada para evaluar la gestión, el desempeño y la sostenibilidad de las empresas prestadoras del servicio de agua potable?</p> | <p>H1: La revisión documental de varias metodologías existentes afines al área de estudio, fundamentan las bases conceptuales y técnicas para el desarrollo de un modelo metodológico en el contexto del Diseño Ambientalmente Integrado (dAI), para evaluar los procesos de planificación, gestión, el desempeño y la sostenibilidad de las empresas prestadoras del servicio de agua potable en una ciudad.</p> <p>H2: Se identifican los indicadores estratégicos fundamentales y pertinentes, con posibilidad de proponer un índice ambiental para evaluar los niveles de integración ambiental en los procesos de planificación y gestión del agua potable permitiendo obtener resultados medibles y verificables del desempeño y la sostenibilidad de las empresas prestadoras del servicio de agua potable.</p> |

Tabla 1.1. Relación formulación del problema – Formulación de las hipótesis

| Formulación del problema | Hipótesis |
|---|--|
| <p>¿Cuáles son los indicadores estratégicos que deben conformar el sistema de indicadores y el índice ambiental para evaluar el desempeño y la sostenibilidad de las empresas prestadoras del servicio de agua potable?</p> <p>¿Qué sistema de indicadores debe contener la propuesta metodológica para evaluar el desempeño y la sostenibilidad de las empresas prestadoras del servicio de agua potable?</p> <p>¿Cuál será el índice ambiental más idóneo para evaluar el desempeño y la sostenibilidad de las empresas prestadoras del servicio de agua potable?</p> <p>¿La metodología a proponer cuenta con proceso conceptual secuencial que le permita a la empresa prestadora del servicio de agua potable y a la autoridad nacional de aguas implementarla y evaluar el desempeño y la sostenibilidad?</p> | <p>H1: El desarrollo, la selección y caracterización de un sistema de indicadores estratégicos para evaluar los principales aspectos para el desempeño y sostenibilidad de las empresas prestadoras del servicio de agua potable, es viable y puede llegar a transformarse en una herramienta de medición y seguimiento para un periodo determinado, de la planificación y gestión del servicio de agua potable con integración ambiental.</p> <p>H2: La metodología propuesta originada con la combinación de metodologías de otros estudios y con validación en panel de expertos, cuenta con proceso conceptual secuencial que garantice la aplicación del modelo para la evaluación del desempeño y sostenibilidad de las empresas prestadoras del servicio de agua potable.</p> |
| <p>¿La aplicación de la metodología le permitirá a la empresa prestadora del servicio de agua potable y a la autoridad nacional de aguas conocer la situación inicial y evolución del desempeño y la sostenibilidad?</p> | <p>H1: La aplicación de la metodología al caso de estudio: Aguas de Mérida C.A. (Venezuela), permite conocer la situación actual y los factores que influyen en el desempeño y sostenibilidad de la empresa prestadora del servicio de agua potable en ámbitos urbanos para la toma de decisiones oportunas que correspondan y el monitoreo de su desempeño ambiental.</p> |

1.3.3. Objetivo general de la tesis doctoral

Desarrollar propuesta metodológica para la evaluación del desempeño y la sostenibilidad ambiental en la gestión del agua potable en ámbitos urbanos, con aplicación a la empresa Aguas de Mérida C.A. del estado Mérida, Venezuela.

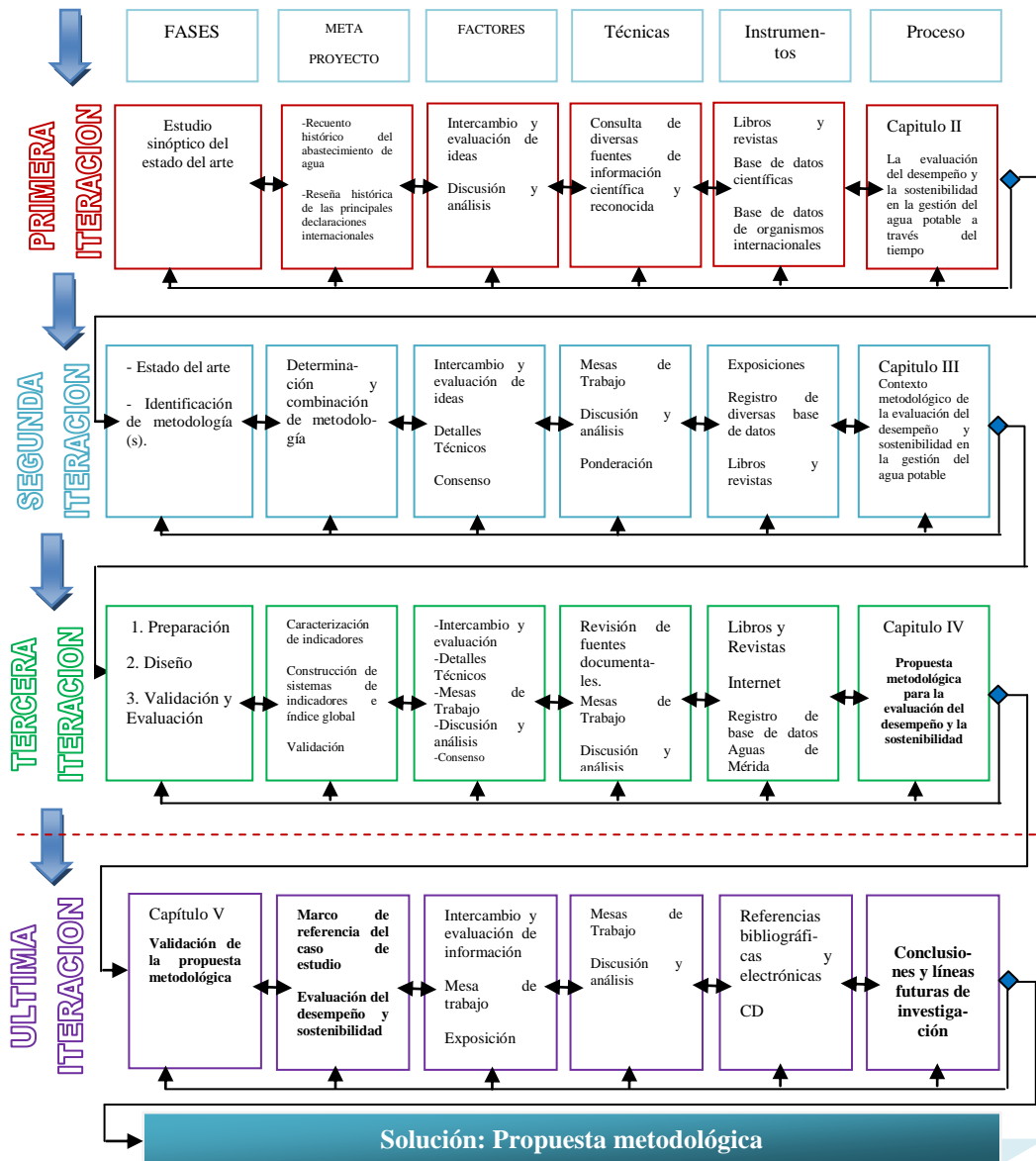
1.3.3.1. Objetivos específicos de la tesis doctoral

- Describir el estado del arte de los principales aspectos técnicos-ambientales para la integración ambiental en la planificación y gestión del servicio para el abastecimiento de agua potable en las ciudades.
- Identificar el estado actual de las metodologías y los indicadores para la evaluación del desempeño y la sostenibilidad en la planificación y gestión del servicio para el abastecimiento del agua potable en las ciudades.
- Determinar la combinación de metodologías y la selección de los indicadores claves enmarcados en la concepción de la evaluación ambiental estratégica y el diseño ambientalmente integrado para la evaluación del desempeño y la sostenibilidad en la planificación y gestión del servicio para el abastecimiento de agua potable en las ciudades.
- Desarrollar y validar propuesta de sistema de indicadores para la evaluación del desempeño y la sostenibilidad en la planificación y gestión del servicio para el abastecimiento de agua potable en el ámbito urbano.
- Validar metodología propuesta mediante un caso de estudio en Venezuela en la empresa hidrológica regional Aguas de Mérida C.A.
- Definir las posibles líneas de investigación futuras derivadas de la tesis doctoral; la red articuladora de investigadores, organizaciones y centros de investigación que pueden trabajar en el objetivo común del área abordada; promocionar ante la empresa Aguas de Mérida C.A. del estado Mérida, Venezuela, los resultados obtenidos y procurar ante los entes decisores y en la medida las posibilidades su implementación con proyección al ámbito nacional; difundir, promocionar y publicar los resultados en eventos técnicos a través de conferencias y publicaciones en revistas especializadas.

1.3.4. Estrategia metodológica general

Objetivo: Desarrollar propuesta metodológica para la evaluación del desempeño y la sostenibilidad ambiental en la gestión del agua potable en ámbitos urbanos, con aplicación a la empresa Aguas de Mérida C.A. del estado Mérida, Venezuela.

Diseño de investigación: descriptiva, exploratoria, documental y de campo



Fuente: Elaboración propia

Imagen 1.10. Aplicación de modelo matricial de Gómez Senent (2002) al desarrollo metodológico de la tesis doctoral

1.4. Organización de la tesis doctoral

Todo lo anteriormente expuesto, condujo a que la presente tesis doctoral se desarrolle en cinco capítulos, en cual se incluye en cada uno la estrategia metodológica implementada para lograr la propuesta metodológica objeto de la investigación consolidada en el capítulo 5. Por tanto, el documento se estructuró de la siguiente manera:

- I. Capítulo I:** Introducción general a la tesis doctoral.
- II. Capítulo II:** La evaluación del desempeño y la sostenibilidad en la gestión del agua potable a través del tiempo. Este capítulo describe el estado del arte referido a los hitos relevantes en la integración ambiental, la influencia de la ordenación, planificación y gestión de cuencas hidrográficas, las políticas de aprovechamiento del recurso hídrico y el cambio climático en la planificación, gestión del agua y la prestación del servicio de agua potable desde la disponibilidad y captación en la cuenca hidrográfica abastecedora a través de fuentes superficiales (1), potabilización (2), almacenamiento(3) y distribución (4) para la dotación del recurso natural transformado en agua potable a ciudadanos en ámbitos urbanos para uso doméstico.
- III. Capítulo III:** Contexto metodológico para el diseño de un sistema de indicadores de sostenibilidad y desempeño ambiental con posibilidad de definir un índice ambiental global que permita la evaluación del desempeño y la sostenibilidad en la gestión del agua potable y las empresas prestadoras del servicio. Este capítulo describe el estado del arte referido al contexto del caso de estudio, las diversas metodologías y sistemas de indicadores utilizados para la evaluación ambiental para la gestión sostenible de los recursos hídricos, la evaluación ambiental estratégica, normas internacionales ISO 14000 y 24500.
- IV. Capítulo IV:** Propuesta metodológica para la evaluación del desempeño y la sostenibilidad en la planificación y gestión del agua potable y las empresas prestadoras del servicio en ámbitos urbanos.
- V. Capítulo V:** Validación de propuesta metodológica para la evaluación del desempeño y la sostenibilidad en la gestión del agua potable y las empresas prestadoras del servicio en ámbitos urbanos. Caso de estudio: Aguas de Mérida C.A. – Venezuela.
- VI. Capítulo VI:** Conclusiones generales y líneas futuras de investigación.
- VII. Capítulo VII:** Referencias bibliográficas y electrónicas generales.

1.5. Reflexión final del capítulo I

Desde la antigüedad la humanidad ha definido su historia y desarrollo entorno a los recursos hídricos (agua dulce) por lo que está intrínsecamente relacionado con la aparición de asentamientos urbanos y su crecimiento, y con el pasar de los años, la población que vive en las ciudades es cada vez mayor y ya alcanza el 50% de la población mundial con tendencia a incrementarse a ritmos acelerados para las próximas décadas de mediados del siglo XXI.

Debido a ello, el consumo urbano de agua representa un 21 % del consumo total en el uso del recurso hídrico, experimentando un crecimiento acelerado a causa del acceso creciente a condiciones de confort, el aumento de la población y el incremento del poder adquisitivo en los países desarrollados, a tal punto que ha generado una espiral de consumo del vital líquido, que en las últimas décadas ha ido haciéndose cada vez más insostenible frente a la falta de equilibrio entre la utilización del recurso natural y su capacidad de regeneración (Naves, 2010).

Esta forma de vida hace que la gestión de los recursos hídricos y los servicios necesarios para el buen funcionamiento de una ciudad sean tareas complicadas (Naves, 2010). Entre estos servicios se encuentra el **abastecimiento de agua potable**, cuyos sistemas pueden definirse como el conjunto de infraestructuras, equipos y servicios destinados al suministro de agua para consumo humano, que son administrados por los operadores u prestadores del servicio, quienes son los encargados de garantizar la conducción de agua cruda desde los puntos de captación en la cuenca hidrográfica abastecedora (aguas superficiales y subterráneas), la potabilización (tratamiento), almacenamiento, línea de aducción y redes de distribución a nivel de vivienda con una conexión domiciliaria y otros puntos de consumo, con una calidad de suministro mínima aceptable de acuerdo a las normativas u legislación vigente, para ello se debe cumplir obligatoriamente la fase de la producción de agua potable, el cual está asociado al uso de procesos industriales para su transformación. Estos pasos se realizan en las plantas de potabilización o de producción de agua potable y como cualquier otra actividad industrial tienen impactos sobre el ambiente (Poch, 2013).

Por lo antes mencionado, para prestar dicho servicio a las ciudades, el ser humano desde las antiguas civilizaciones ha desarrollado infraestructuras civiles y tecnologías desde las más rudimentarias hasta las megas construcciones que se emplazan en las fuentes abastecedoras de aguas superficiales y subterráneas para su aprovechamiento y tratamiento, a fin de garantizar el acceso y la salud pública para el desarrollo de las poblaciones; sin embargo, se enfrenta a crecientes presiones en el mundo, una de ellas la creciente degradación ambiental que incide en el funcionamiento del ciclo hidrológico, y por ende, en la fluctuación de los caudales y su calidad en las fuentes de aguas superficiales y subterráneas con sus graves consecuencias para usuarios y ecosistemas, lo que indica que existe un riesgo clave para los próximos años y que podría agudizarse

debido a que la creciente población aumentará la demanda del vital líquido para sus actividades. Por ello, los recursos hídricos e hidráulicos disponibles en las cercanías de las ciudades, se están acabando o degradando a tal punto que aumenta substancialmente el costo marginal de su abastecimiento. Estos aumentos en costos surgen de la necesidad de explotar fuentes nuevas y más remotas, así como de los mayores requisitos de tratamiento a raíz del deterioro de la calidad del agua (Naves, 2010).

Con lo antes mencionado, es evidente la presión demográfica ejercida sobre la disponibilidad del agua, en este sentido, en el artículo intitulado «**Una visión sostenibilista sobre la escasez del agua dulce en el mundo**», señala que:

El problema está por una lado en saberla utilizar, y por otro, saber cuáles son las necesidades básicas para el ser humano y los ecosistemas. Todo ello nos conduce a cambiar de cultura, saber gestionar la demanda y no abusar y maltratar la oferta de agua dulce en el planeta; ya que una fuente abundante de agua es uno de los factores más importantes en el desarrollo de las sociedades modernas. (Rodríguez, 2007)

Por tanto, para asegurar el abastecimiento de agua potable a toda la población, se debe llegar a un equilibrio entre el consumo de recursos hídricos y la oferta del mismo, teniendo en cuenta los posibles cambios en el clima que puedan existir en un futuro y partiendo de que la planificación y gestión del desarrollo sostenible de las ciudades debe iniciar en la cuenca hidrográfica.

En este contexto la escasez del agua, el suministro y la gestión del agua para usos domésticos se convierte en un tema de especial relevancia para políticos, técnicos e investigadores, por lo que la ONU (2014) ha propuesto un objetivo global «**Asegurar agua para todos de forma sostenible**» que se consolida en el **Objetivo 6 del Desarrollo Sostenible «Agua limpia y saneamiento»**, debido a que los recursos hídricos y los servicios relacionados con dichos recursos son esenciales para alcanzar la sostenibilidad global y es fundamental para las dimensiones que conforman el Desarrollo Sostenible. Además, es un elemento común para conseguir los diversos desafíos mundiales fundamentales, para ello la gestión integrada de recursos hídricos debe ser con una visión sistémica e integradora, que se acepta internacionalmente como el nuevo estándar para avanzar hacia un uso eficiente equitativo y sostenible, para lograrlo es indispensable gestionar los recursos limitados del planeta y exige la búsqueda del equilibrio entre la oferta y la demanda de agua dulce, a fin de asegurar la disponibilidad futura de cantidades y calidades adecuadas, por lo que se hace necesario que se adopten medidas urgentes para hacer frente a las inundaciones, las sequías y la escasez de agua, tratando de mantener la equidad entre el suministro y la demanda de agua en busca de un desarrollo resiliente de las ciudades y la seguridad hídrica.

Estos hitos y acontecimientos relevantes a nivel mundial, dieron apertura a la tesis doctoral intitulada «*Desarrollo de una metodología para la evaluación del desempeño*

y la sostenibilidad ambiental en la gestión del agua potable. Caso de Estudio: Aguas de Mérida C.A., estado Mérida, Venezuela», ya que se busca la sostenibilidad de las actividades de la humanidad, con respeto a la tasa de renovación y carga de asimilación del recurso natural agua en las cuencas hidrográficas como fuentes de vida, de forma que se asegure el acceso justo al agua potable, con la extracción o aprovechamiento de recurso hídrico sin sobreexplotación de las fuentes superficiales y subterráneas.

De ahí, que la presente investigación hace énfasis en el ciclo urbano del agua desde la disponibilidad y captación en la cuenca abastecedora a través de fuentes superficiales sin regulación, potabilización, almacenamiento y distribución para la dotación del recurso natural transformado en agua potable a ciudadanos en ámbitos urbanos para uso doméstico, en busca de integrar e incorporar de manera sistémica e integral en los entes prestadores o proveedores del servicio, como pilares de institución rectora del servicio venida a llamar por el dAI *organización para la sostenibilidad, la gestión ambiental y sostenible del agua*.

Para ello, se desarrolló una propuesta metodológica flexible que permita en el contexto del diseño ambientalmente integrado (dAI), la evaluación del desempeño y la sostenibilidad, y así concentrar esfuerzos de varios sectores de la sociedad en la búsqueda de alternativas que permitan buscar la sostenibilidad del servicio de agua potable para el abastecimiento a las poblaciones para uso doméstico establecido como derecho humano fundamental para el acceso al agua potable en el marco de la modificación de las modalidades insostenibles y la promoción de modalidades de consumo y producción sostenibles, así como articular como eje transversal las cuencas hidrográficas como fuentes abastecedoras de agua y cambiar los paradigmas empresariales en la gestión del agua potable y que pueda ser replicable a otro entorno, según las realidades propias de cada país.

Por consiguiente, con base a todo lo antes expuesto, la presente tesis doctoral viene a ser una oportunidad innovadora en materia de implementación de la gestión ambiental y sostenible del agua enmarcada en los principios del Desarrollo Sostenible y Humano en una organización rectora de los destinos del uso eficiente, racional, equitativo y sostenible del recurso hídrico en ámbitos urbanos. Todo ello, en busca de trascender sobre la base en que sustenta la vida de la humanidad, el consumo de agua potable en ciudades.



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



CAPÍTULO II

La evaluación del desempeño y la sostenibilidad en la gestión del agua potable a través del tiempo

Desarrollo de una metodología para la evaluación del desempeño y la sostenibilidad ambiental en la gestión del agua potable. Caso de Estudio: Aguas de Mérida C.A. (Venezuela).

CAPÍTULO II

La evaluación del desempeño y la sostenibilidad en la gestión del agua potable a través del tiempo

2.1. Consideraciones generales del capítulo 2

El presente capítulo expone una revisión sinóptica que versa sobre el estado del arte de la integración ambiental en la planificación y gestión del servicio de agua potable para la provisión o abastecimiento de las ciudades desde una perspectiva múltiple que permita evidenciar como se gestiona el aprovechamiento del agua y su disponibilidad para el consumo, ya que a lo largo del siglo XIX las ciudades fueron incorporando sistemas de abastecimiento de agua potable, cambios tecnológicos y diversos modos de gestión, con el fin de repercutir en mejoras de la salud de la población, para ello, se realizó una investigación documental que permitió conocer y sistematizar relevantes aportaciones sobre la evolución de este servicio público en ámbitos urbanos cuyas fuentes abastecedoras sean superficiales. En esta indagación se verificó que existen numerosos eventos y declaraciones internacionales en torno al recurso hídrico, referencias bíblicas, reportes antiguos, relatos de diversos autores y algunos estudios e investigaciones de carácter general y otras muy específicas de las regiones donde fueron realizadas, especialmente centrados en la evolución del sistema artesanal, clásico y moderno de abastecimiento de Agua Potable y la forma de aprovechamiento del recurso agua, así como en la aparición y desarrollo de las empresas en la gestión del servicio, todo ello en busca de responder las siguientes interrogantes:

- *¿Se debe incorporar la gestión ambiental de las cuencas hidrográficas abastecedoras en los procesos de planificación y gestión desde la disponibilidad y captación hasta la red final de distribución del agua potable en centros urbanos, por parte de las empresas prestadoras del servicio de agua potable?*
- *¿Será posible y conveniente añadir la sostenibilidad y sustentabilidad ambiental como un cuarto pilar de la prestación del servicio de agua potable y saneamiento?*

Lo antes expuesto, es fundamentado, en que el servicio de agua potable no debe verse de forma aislada sin interrelacionarse con la fuente abastecedora de agua, debido a que los ecosistemas de agua dulce sostienen la vida en el planeta, y prestan innumerables bienes y servicios ambientales a los ámbitos urbanos, entre ellos, regulan los caudales ambientales, purifican las aguas residuales y eliminan la toxicidad de los residuos, regulan el clima y ofrecen beneficios culturales; en particular, estéticos, educativos y espirituales (WWAP, 2009a).

Esto debido a que nivel general, los temas relacionados con el recurso hídrico del ámbito urbano frecuentemente se mantienen desconectados de procesos más amplios de la planificación urbana y de la gestión en el ámbito de la cuenca, por lo que los planes

maestros urbanos, no han logrado manejar satisfactoriamente los diversos componentes infraestructurales de la gestión de las aguas urbanas *«suministro de agua, aguas residuales, saneamiento seco, sistemas de drenaje del agua pluvial y tratamiento de desechos sólidos»* (Tucci, 2010).

De ahí, que esta investigación hace énfasis en suministro de agua (consumo doméstico), ya que la anterior afirmación y los índices proyectados de urbanización y las presiones concomitantes sobre los recursos hídricos generan alarma de insostenibilidad ya que la mitad la población mundial vive en zonas urbanas y a mediados de este Siglo, todas las regiones serán predominantemente urbanas, con excepción de África Oriental que alcanzará este punto un poco después del 2050 (WWAP, 2009b; Angel, Parent, Civco & Blei, 2011). Esta población asentada en áreas urbanas según Shiklomanov, (1998) ya consumen entre el 5% y el 20% del agua que aportan las fuentes abastecedoras superficiales y subterráneas ubicadas cerca o no de las ciudades; situación con tendencias a incrementarse según proyecciones para el año 2025 realizadas por Global Water Partnership [GWP] en el año 2011, que indica que es probable que el consumo de agua en las zonas urbanas, por lo menos se duplique a la par del crecimiento de las áreas urbanas en el mundo.

Esta expansión urbana sin precedentes, plantea una serie de desafíos críticos relacionados con el agua, desde el acceso a los servicios básicos hasta la seguridad ambiental y humana, debido a que las ciudades en crecimiento tienen una mayor demanda de agua por persona, llegando a la sobreexplotación del recurso y tienden hacia organizaciones institucionales difíciles de manejar; pudiéndose ocasionar contaminación y una exposición creciente a los desastres relacionados con el agua y riesgos para la salud (WWAP, 2009b).

Por lo anteriormente expuesto, los diversos autores reseñados identifican dos problemas principales del agua que están afectando a la sostenibilidad de los asentamientos humanos en diferentes regiones:

1. La falta de acceso al agua y saneamiento
2. El aumento de los desastres relacionados con el agua

Estos problemas tienen incommensurables consecuencias sobre la salud y bienestar, la seguridad, el ambiente, el crecimiento económico y el desarrollo (Programa conjunto OMS/UNICEF de seguimiento del abastecimiento de agua y del saneamiento [JMP], 2010). Por tanto, si no se le presta atención al avance de la urbanización y al agotamiento de los recursos, los esfuerzos por lograr y mantener la seguridad hídrica, se verán socavados: la disponibilidad y el acceso al agua serán menguados y los conflictos sobre su uso se intensificarán (GWP, 2011).

Ante esta situación, según GWP (2012) los desafíos que enfrentan las principales ciudades de la actualidad son abrumadores convirtiéndose la gestión sostenible del agua, en una de las preocupaciones más serias, debido a:

- El agua cruda proveniente de fuentes no contaminadas son escasas, otras fuentes de agua están contaminadas a niveles que tiende a exceder los máximos límites permisibles por las normas de calidad de agua a nivel mundial por lo que deben ser tratadas a muy alto costo y en otras casos amerita combinación de diversas tecnologías para transformar el agua cruda en agua potable apta para el consumo humano. Situación que se viene agudizando y la padecen los habitantes de la ciudad en muchas áreas del mundo, ya que no se respeta el derecho universal de acceso al agua potable, por lo que carecen de buena calidad de agua y se afectan debido a enfermedades transmitidas por ésta.
- Conforme las ciudades buscan nuevas fuentes de agua río arriba y descargan sus aguas residuales río abajo, los residentes de los alrededores sufren los efectos.
- El ciclo hidrológico y los sistemas acuáticos que incluyen servicios ecosistémicos vitales, están alterados.

Ante estos acontecimientos de la actualidad, se hace necesario hacer una retrospectiva de los hechos, hitos o acontecimientos más relevantes relacionados a las Declaraciones Internacionales en torno al recurso hídrico, y cómo ha evolucionado el abastecimiento de agua para las poblaciones, tal como se estructura seguidamente:

- Recuento histórico del abastecimiento de agua para las poblaciones, y las perspectivas de integración ambiental desde sus orígenes.
- Breve reseña de políticas, declaraciones y acuerdos internacionales, en torno al recurso hídrico con énfasis al acceso al agua potable para consumo humano.
- Hitos relevantes de la integración ambiental en el aprovechamiento, provisión y gestión del agua potable para las ciudades.

Finalmente, ante el contexto antes tratado, en el capítulo 2, se planteó el siguiente objetivo e hipótesis:

2.2. Hipótesis y objetivos

2.2.1. Hipótesis

H1: *La incorporación de la gestión ambiental de las cuencas hidrográficas abastecedoras de agua para consumo humano como política institucional en los procesos de planificación y gestión del agua potable por parte de las empresas prestadoras del servicio de agua potable y saneamiento, permite mejorar su desempeño ambiental y contribuir a afrontar la mejora sostenible, eficiente y equitativa, disminuyendo la escasez física y económica del agua en una ciudad.*

H2: *La incorporación de la sostenibilidad como pilar fundamental y eje transversal en la prestación del servicio de agua potable, puede garantizar el acceso sostenible, eficiente y equitativo al agua potable y afrontar la escasez física y económica del agua en una ciudad.*

2.2.2. Objetivo general

- Desarrollar el estado del arte de los principales aspectos técnicos-políticos - ambientales para la integración ambiental en la prestación del servicio para el abastecimiento de agua potable en las ciudades, con el fin de identificar y caracterizar las bases fundamentales para proponer metodología para la evaluación del desempeño ambiental de los prestadores del servicio de agua potable en ámbitos urbanos.

2.2.2.1. Objetivos específicos

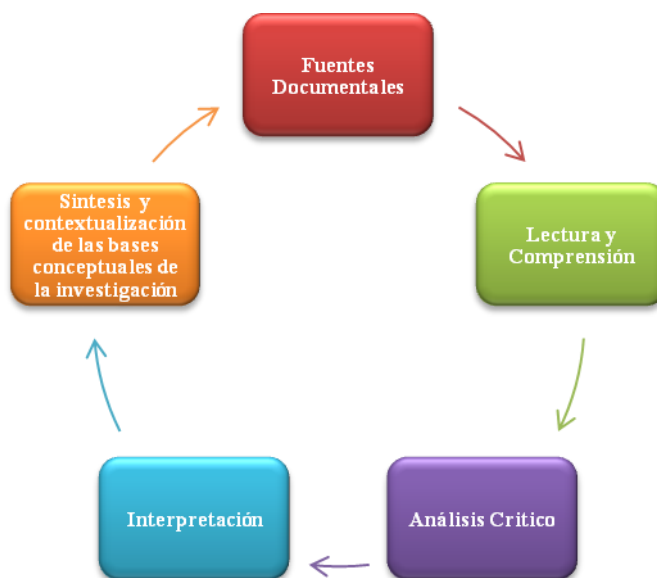
- A. Desarrollar reseña histórica del abastecimiento de agua para las poblaciones y las perspectivas de integración ambiental desde sus orígenes.
- B. Realizar un estudio sinóptico sobre los principales aspectos técnicos y ambientales vinculados al abastecimiento de agua a poblaciones urbanas.
- C. Desarrollar reseña de políticas, declaraciones y acuerdos internacionales en torno al recurso hídrico con énfasis al acceso al agua potable para consumo humano.

2.3. Materiales y métodos

Para el desarrollo del presente capítulo, se realizó un diseño de investigación documental basado en la búsqueda de información en fuentes documentales impresas y electrónicas de investigadores vinculados al tema en estudio, para su análisis, interpretación y síntesis. Fue un procedimiento secuencial y dinámico de revisión durante un período de cinco años (**imagen 2.1**), con el fin de conocer el estado del arte de la evaluación del desempeño ambiental aplicado a las empresas prestadoras del servicio de agua potable, para el abastecimiento de poblaciones en ámbitos urbanos.

Esta primera fase, representó un trabajo complejo y extenso, ya que implicó realizar una retrospectiva y prospectiva del sector agua potable a través del tiempo, permitiendo conocer las ideas, concepciones y posturas de diversos autores a nivel mundial, nacional y local, a fin de establecer la base conceptual y sustentar el problema de investigación, y así contribuir con nuevos aportes a la propuesta metodológica innovadora objeto del presente estudio. Así mismo, se contó con diagnóstico previo realizado por Aguas de Mérida C.A. estado Mérida, Venezuela, en el marco del plan estratégico, en

un período de dos años con la participación activa del personal de la empresa prestadora del servicio de agua potable.



Fuente: Elaboración propia (2014)

Imagen 2.1. Diseño de investigación documental aplicado a la evaluación del desempeño ambiental en la gestión del agua potable a través del tiempo

2.4. Resultados y discusión de resultados del capítulo 2

2.4.1. Recuento histórico del abastecimiento de agua para las poblaciones y las perspectivas de integración ambiental desde sus orígenes

A lo largo de la historia de la humanidad, el agua es el recurso natural vital para la existencia de vida en nuestro planeta y ha sido la base para el desarrollo de los pueblos en el mundo, ya que en entorno al agua se originaron las primeras formas de sociedad, tal y como la concebimos hoy en día, es por ello, que las poblaciones han almacenado y distribuido agua desde sus orígenes, empleando desde las técnicas más primitivas hasta las infraestructuras y tecnologías más sofisticadas de la actualidad.

En estos avances, ha transcurrido una larga historia, ya que el constante incremento de la población no siempre hizo posible que estas crecieran entorno a fuentes abastecedoras de agua de fácil acceso, por lo que las personas se vieron obligadas a desarrollar

diversos sistemas de abastecimiento de agua, cuyo interés principal era el suministro del vital líquido para diversos usos, en especial, la agricultura y el consumo humano, teniendo como criterio ambiental básico para su explotación, que fuesen aguas cristalinas y que en los alrededores no se presentaran problemas de salud por su consumo, por lo que **el hombre se ha adaptado a las circunstancias de su entorno**, con el objetivo de mejorar las condiciones de vida de las sociedades, y esto lleva implícito la construcción de obras hidráulicas, siendo esto evidenciado, en los hallazgos encontrados en excavaciones de ruinas prehistóricas, además de referencias bíblicas y relatos que describen cómo se construían tanques y se conducía el agua a las ciudades (imagen 2.2).



Fuente: Compilación de imágenes de relatos de diversos autores

Imagen 2.2. Compilación de algunas infografías relacionadas a las formas antiguas del uso del agua

Por tanto, a continuación se realiza un recuento de los hitos relevantes, **desde sus orígenes en tiempos remotos**, y **desde la Baja Edad Media hasta mediados del Siglo XX**, basados en relatos de diversos expertos y diversos documentos que permitieron sistematizar, compilar y sintetizar, la revisión documental realizada, ya que no existe una evidencia científica, sin embargo, es de interés conocer a manera general los mismos y se consolidan en la **tabla 2.1 y 2.2**.

Tabla 2.1. Algunos relatos históricos del abastecimiento de agua desde sus orígenes en tiempos remotos

| Años | Descripción |
|-------------------------|--|
| 8000 a. C. | La existencia de pozos excavados en Mesopotamia, donde los sumerios desviaban el curso de los ríos y construían embalses con canales de drenaje y sistemas de distribución de agua para riego agrícola y consumo. |
| 7.000 a.C | En Jericó, el agua era almacenada en los pozos para su posterior utilización. Como el agua había de ser trasladada de los pozos a otros puntos donde era necesario su uso, se empezaron a desarrollar los sistemas de transporte y distribución del agua. Este transporte se realizaba mediante canales sencillos, excavados en la arena o las rocas; en Egipto se utilizan árboles huecos de palmera mientras en China y Japón, utilizaron cañas de bambú. |
| 5700 a.C | En la antigüedad, los pozos fueron una de las formas de abastecimiento más usadas, y su aparición en la vida del hombre y dentro de la cultura china, está ubicado dentro de las dinastías Shang y Zhou, con mayor crecimiento en la dinastía Zhou del este, y estos, eran en su mayoría de barro. Con el paso del tiempo los materiales utilizados en su construcción han ido evolucionando, se han utilizado arcilla, barro y ladrillos a lo largo de los siglos. |
| 4800 a.C | La primera presa conocida, se construyó en El Kafara, situada cerca de El Cairo. |
| 3000 a.C. | En Egipto, se desarrollaron trabajos de extensión de redes, de diques, canales y sistema de drenaje. Se hizo necesario realizar trabajos de irrigación, para abastecer a todos los pobladores cercanos al río Nilo. |
| De 2000 años a 400 a.C. | Las formas más comunes de purificación del agua eran hirviéndola sobre el fuego, calentándola al sol o sumergiendo una pieza de hierro caliente dentro de la misma, el almacenamiento del agua en recipientes de plata. Para llevar a cabo la purificación del agua, se utilizaban cobre, plata y técnicas de electrolisis. Otro de los métodos más comunes era el filtrado del agua hervida a través de arena o grava para luego dejarla enfriar. Los egipcios fueron los primeros en utilizar métodos para el tratamiento del agua. |
| 1500 a.C. | Los egipcios usaban ya el alumbre para lograr precipitar partículas suspendidas en el agua, que hoy en día se emplea para el mismo fin, y aplicaban procesos de sedimentación y decantación. |
| 715 y 586 a.C. | Ezequías, rey de Judá, planificó y edificó un acueducto de 30 km de longitud para la ciudad de Jerusalén |
| 700 a.C | El primer acueducto se denominó “Jerwan” , en Nínive, capital de Asiria. |
| 312 a.C | Roma, capital del Imperio Romano, se abastecía de manantiales y pozos propios, y que al ser insuficientes en esa fecha por el gran crecimiento de la población, se construyó el primer acueducto <i>Acqua Appia</i> , de 16 km bajo el mandato de Apio Claudio. Este acueducto, es una conducción subterránea que transporta agua desde las colinas vecinas. |
| 310 a.C. | Los romanos atribuían gran importancia al manejo y cuidado del agua, por lo que según relatos, contaminarla era considerado como uno de los peores crímenes. |
| 144 a.C. | Los romanos construyen el acueducto <i>Acqua Marcia</i> , con una longitud total de 90 a 99 km, caracterizado por ser el primero que consta de secciones elevadas sobre el terreno. Transportaba 140.000 m ³ /día y contaba con 16 km elevados. |
| 9 a.C. | En España, se construyó el Acueducto de Los Bañales (Andreu y Armendáriz, 2011), y contó con tramo de la conducción elevado sobre apoyos aislados. |

Fuente: Elaboración propia con compilación de relatos de diversos autores.

Tabla 2.1. Algunos relatos históricos del abastecimiento de agua desde sus orígenes en tiempos remotos

| Años | Descripción |
|---------------------------|--|
| Siglo VI a. C. | En la antigua Grecia, ya disponían de tecnología para la captación y distribución de agua a largas distancias. |
| Siglo VI a. C. | El aprovisionamiento de agua en Roma, fue la creación de depósitos para almacenar agua de lluvia, luego avanzaron a la construcción de cisternas en cada casa que recogía el agua del tejado, por la desconfianza que tenían los pobladores de la calidad de agua de las fuentes superficiales. |
| Siglo V a. C. | En Irán, se crearon mecanismos para la obtención de agua, donde la construcción de <i>qanats</i> , diseñado e implantado en él, permite la extracción de aguas subterráneas, a través de un sofisticado sistema de galerías subterráneas para las actividades agrícolas y para uso doméstico. En la actualidad, todavía existen aproximadamente 22 mil qanats , de los cuales, muchos de ellos se siguen utilizando. Este sistema de captación de agua de <i>qanats</i> , se extendió rápidamente a través de la India, Arabia, Egipto, África del Norte, Estados Unidos y España. |
| Siglo III a.C. | Los romanos para la mejor recogida de agua de lluvia construyeron en el atrium de los domus, una abertura triangular en el tejado (Compluvium) cayendo el agua al interior del patio hacia un estanque construido de roca o mármol (Impluvium). Allí era depositada para asentar en el fondo las impurezas del agua, luego se extraía por un orificio hacia el cisterna, las cuales no se usaban solo para almacenar agua de lluvia sino con el tiempo también el agua proveniente de la red urbana, con el fin de contar con reserva de agua en caso de una suspensión del suministro habitual. |
| Siglo I a. C. | Los métodos para la construcción de los acueductos romanos, fueron bien descritos por Vitruvio en su obra " <i>De Architectura</i> ". Y la integración ambiental, se incorpora en el Libro VIII " <i>De las Aguas</i> ". |
| Siglo I d. C. | <i>El acueducto Pont du Gard</i> , construido por los romanos en Francia, tenía unos 50 km que llevaba el agua de un manantial desde los nacimientos cercanos a Uzès hasta la ciudad romana de Nemausus (actual Nîmes), con una pendiente de 34 cm/km, y llevaba 20.000.000 de litros de agua diariamente. Y el puente diseñado para llevar el agua a través del pequeño valle del Gardon fue construido en tres niveles, el puente tiene 49 metros de alto y el nivel más largo tiene 275 metros de longitud. |
| A final del Siglo I d. C. | Fue nombrado el general Sexto Julio Frontino (en latín, <i>Sextus Iulius Frontinus</i> ; c. 40-103) para administrar los numerosos acueductos de Roma (<i>curator aquarum</i>). Cuando fue nombrado comisionado de las aguas de Roma, se dedicó a elaborar un mapa del sistema de acueductos, canales y alcantarillas de la capital, a fin de poder evaluar su estado antes de proceder a su mantenimiento. Su obra más importante, " <i>De aquaeductu</i> ", constituye un informe oficial para el emperador que registra el estado de los acueductos de Roma, tomando, como modelo la obra de Vitruvio, <i>De Architectura</i> , la cual habla de la construcción y mantenimiento de los acueductos en el Siglo anterior. |
| Siglos I y II d. C. | El acueducto de Segovia (Castilla y León, España), fue construido por los romanos. El historiador Aguado, lo atribuye a la época de Octavio Augusto (27 a. de C.-14 d. de C.); este se diseñó para transportar y abastecer de agua a la población romana asentada en Segovia. Su función era transportar el agua desde el manantial de la Fuenfría, situado en la sierra de Guadarrama a 17 km de la ciudad. |

Fuente: Elaboración propia con compilación de relatos de diversos autores.

Tabla 2.1. Algunos relatos históricos del abastecimiento de agua desde sus orígenes en tiempos remotos

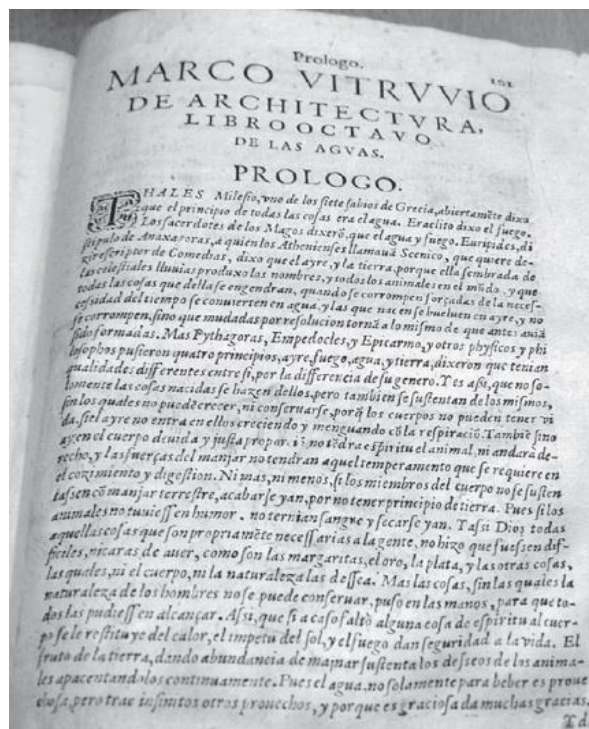
| Años | Descripción | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------|---|---------------------|---------------------|---------------------------------|---------------------------------|-------------------|-----------|--------|--------|-------------------|---------------|--------|---------|--------------------|---------------|--------|---------|--------------------|-----------|--------|--------|-------------------|----------|--------|--------|-------------------|----------|--------|---------|-----------------------|---------|--------|------------------------|---------------------|---------|--------|---------|-------------------|---------|--------|---------|---------------------|-----|--------|---|---------------------------|-----|----|---|
| 109 d.C. | El emperador Trajano de Roma, mandó a construir un acueducto para abastecer la zona comercial e industrial de la ribera oriental del Tíber; en algunos lugares dicho canal tenía 30 m de altura y surtía agua hasta las piscinas del quinto piso del Fórum, que era la plaza del mercado. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Siglos III d. C. | Ya existían Once (11) grandes acueductos que surtían agua a Roma: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | <table border="1"> <thead> <tr> <th>Acueducto</th> <th>Año de construcción</th> <th>Longitud (km)</th> <th>Capacidad (m³/día)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Aqua Appia</td> <td>312 a. C.</td> <td>16,561</td> <td>73 000</td> </tr> <tr> <td>Anio Vetus</td> <td>272-269 a. C.</td> <td>63,640</td> <td>175 920</td> </tr> <tr> <td>Aqua Marcia</td> <td>144-140 a. C.</td> <td>91,424</td> <td>187 600</td> </tr> <tr> <td>Aqua Tepula</td> <td>125 a. C.</td> <td>17,745</td> <td>17 800</td> </tr> <tr> <td>Aqua Julia</td> <td>33 a. C.</td> <td>21,677</td> <td>48 240</td> </tr> <tr> <td>Aqua Virgo</td> <td>19 a. C.</td> <td>20,697</td> <td>100 160</td> </tr> <tr> <td>Aqua Alsietina</td> <td>2 a. C.</td> <td>32,815</td> <td>15 680 (no potable)</td> </tr> <tr> <td>Aqua Claudia</td> <td>38 - 52</td> <td>68,681</td> <td>184.280</td> </tr> <tr> <td>Anio Novus</td> <td>38 - 52</td> <td>86,876</td> <td>189.520</td> </tr> <tr> <td>Aqua Traiana</td> <td>109</td> <td>32,500</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Arcus Alexandriana</td> <td>226</td> <td>22</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table> | Acueducto | Año de construcción | Longitud (km) | Capacidad (m ³ /día) | Aqua Appia | 312 a. C. | 16,561 | 73 000 | Anio Vetus | 272-269 a. C. | 63,640 | 175 920 | Aqua Marcia | 144-140 a. C. | 91,424 | 187 600 | Aqua Tepula | 125 a. C. | 17,745 | 17 800 | Aqua Julia | 33 a. C. | 21,677 | 48 240 | Aqua Virgo | 19 a. C. | 20,697 | 100 160 | Aqua Alsietina | 2 a. C. | 32,815 | 15 680 (no potable) | Aqua Claudia | 38 - 52 | 68,681 | 184.280 | Anio Novus | 38 - 52 | 86,876 | 189.520 | Aqua Traiana | 109 | 32,500 | - | Arcus Alexandriana | 226 | 22 | - |
| | Acueducto | Año de construcción | Longitud (km) | Capacidad (m ³ /día) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Aqua Appia | 312 a. C. | 16,561 | 73 000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Anio Vetus | 272-269 a. C. | 63,640 | 175 920 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Aqua Marcia | 144-140 a. C. | 91,424 | 187 600 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Aqua Tepula | 125 a. C. | 17,745 | 17 800 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Aqua Julia | 33 a. C. | 21,677 | 48 240 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Aqua Virgo | 19 a. C. | 20,697 | 100 160 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Aqua Alsietina | 2 a. C. | 32,815 | 15 680 (no potable) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Aqua Claudia | 38 - 52 | 68,681 | 184.280 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Anio Novus | 38 - 52 | 86,876 | 189.520 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Aqua Traiana | 109 | 32,500 | - | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Arcus Alexandriana | 226 | 22 | - | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 350 d.C. | Al llegar a la ciudad, el líquido era depositado en unos 250 tanques distribuidos en diversos puntos de la red. El agua era llevada a Roma por una red de 420 Km de canales y tuberías desde manantiales, lagos y ríos situados en las montañas de los alrededores; el suministro era continuo, pues no había manera de regularlo. Unas cuantas villas tenían grifos formados por un tubo inserto en el conducto de abastecimiento (llamado quinnaria, de unos 2 cm de diámetro); aquél tenía un orificio por donde fluía el líquido y podía cerrarse o abrirse haciéndolo girar. El agua fluía por gravedad a lo largo de la red. Los canales (acueductos) eran de ladrillo o de piedra con un revestimiento interior de cemento impermeable, y en promedio medían 90 cm de ancho y 1.8 m de profundidad; algunos eran subterráneos y tenían respiraderos cada 73 m aproximadamente. Durante la época de máximo esplendor de Roma, la ciudad contaba con abundante agua limpia y fresca, de tal modo que las crónicas de aquel entonces cuentan que, en la época, llegaban a Roma aproximadamente 1.500.000 m ³ /día de agua 370 l/hab/día, cifra que no alcanzan muchas grandes ciudades actuales. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Fuente: Elaboración propia con compilación de relatos de diversos autores y reportes de National Geographic.

Tras la compilación de algunos relatos, documentales y reportes de los orígenes y de la evolución del uso del agua y la aparición de los sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano antes y después de Cristo (tiempos remotos), se evidencia que desde la antigüedad los sistemas de abastecimiento para consumo humano desde el más artesanal hasta el más sofisticado, fue construido y administrado por el Estado o por los mismos pobladores y en su desarrollo durante los años prevaleció el criterio o indicador ambiental de calidad de agua cualitativo de las fuentes abastecedoras superficiales o subterráneas a ser explotadas u aprovechadas y en los sistemas de distribución, por

lo que hombre a lo largo de la historia ha intentado evitar y hacer frente a las dificultades ambientales y al inexorable crecimiento de la población, **adoptando medidas para controlar y aprovechar el agua**, captándola tanto a nivel subterráneo (en pozos y minas) como a nivel superficial (lluvia, en lagos, ríos y embalses) y distribuyéndola con el uso de materiales diversos, por lo que, se evidencia que entorno al recurso agua han evolucionado las civilizaciones, marcando un hito relevante los Romanos, ya que partían de criterios ambientales y técnicos de acuerdo a los conocimientos empíricos para interrelacionar la arquitectura y la ingeniería hidráulica, incluso en su legislación estipulaban según los relatos que la contaminación del agua era considerado como uno de los peores crímenes.

Pero para profundizar en visualizar la integración ambiental que existió en la antigüedad para el abastecimiento de agua para las poblaciones, se encontró un artículo titulado *Calidad de las aguas e intuiciones de hidrogeología en el libro VIII, arquitectura de vitruvio. Espacio y tiempo*, publicado en la Revista de Ciencias Humanas, No 21-2007 de la Universidad de Sassari (Italia), cuyo autor Sechi (2007), hace un análisis de libro VIII de las aguas (De architectura, Vitruvio, Venecia, 1567), ver **imagen 2.3**.



Fuente: Sechi (2007)

Imagen 2.3. Prólogo libro VIII de las aguas, De architectura, Vitruvio, Venecia, 1567

Por lo que esta documentación, es considerada un marco teórico relevante para la investigación, ya que evidencia como se enfocó la integración ambiental en la antigüedad para el de agua de las poblaciones, donde los Romanos marcaron una pauta trascendental con sus conocimientos empíricos y teóricos para interrelacionar lo ambiental con la arquitectura e ingeniería para la exploración, el diseño, cálculo y ejecución de las obras hidráulicas de captación, tratamiento, almacenamiento y distribución del recurso agua para el consumo de la población de las urbes de la época y que en épocas recientes dichos criterios, se siguen utilizando con el empleo de tecnologías más sofisticadas, por lo que se extrae del mismo los hechos más relevantes de Vitruvio (1567) citado por Sechi (2007), en su Libro VIII en la sección “Las Aguas”, el cual está dividido en cuatro secciones: **a.** Indicaciones generales (VIII 1, 1). **b.** Elementos de hidrología (VIII 1, 2). **c.** Índices deducidos de la flora y mirabilia aquarum (VIII 1, 3). **d.** Métodos empíricos para la individuación de los puntos de humedad; captura y procedimientos de conducción de las aguas (VIII 1, 4-6), cuyo recuento textualmente se realiza basados en el artículo de Sechi (2007), estos se presenta a continuación:

- Vitruvio planteo que la búsqueda del agua es de primera necesidad **«para la vida humana»** o, como él mismo escribe **«para los placeres y las necesidades de la vida de cada día»** y que es necesario volver a buscarla sólo cuando ya no son suficientes las fuentes superficiales (VIII, 1, 1).
- Vitruvio, VIII, pr. 4: «necesitando servirse de aguas que corren copiosas al aire libre, antes de empezar a conducir las, es necesario observar como es el aspecto de los habitantes lugareños; si estos tendrán un físico robusto, tez bonita, piernas vigorosas, ojos sin lagañas, el agua será muy buena» (traducción de G. Florian, 1978 citado por Sechi, 2007).
- El primer paso en la construcción del acueducto es encontrar la ubicación de la fuente de donde se tomaría el agua. No siempre se disponía de una fuente, para asegurar agua fresca y saludable. Muchas veces era necesaria una minuciosa labor de búsqueda hasta dar con ella. Vitrubio, en su Libro VIII, indicaba la metodología que debía seguirse, basada sobre todo en la observación directa de la naturaleza: la vegetación, el terreno, su configuración y el grado de humedad.
- Para Vitruvio la búsqueda y la captación de las aguas son dos operaciones distintas con la utilización de una terminología técnica que nos señala las funciones específicas de los encargados a este servicio y planteo que **«si el agua no emerge naturalmente a la superficie es necesario buscar y captar las fuentes subterráneas»** (VIII, 1, 1); la individuación y localización de los puntos de agua es una inventio (VIII, 4), o sea un descubrimiento del hombre, conseguido gracias a sus conocimientos empíricos y teóricos.
- Sobre la investigación y exploración, **los aquilez o aquilices**, eran los **«encargados de la localización y captura de las aguas»** y era un personal especializado, de antigua tradición, quizás de origen etrusca, conocido en Roma ya en la edad repu-

blicana, estas figuras eran especialistas en la localización de manantiales y capas acuíferas superficiales y profundas.

- Vitruvio afirmó: aquél que se va a la búsqueda del agua tiene que poner muchísima atención en las diversas tipologías de terrenos, porque es en determinados terrenos que el agua nace (VIII, 1, 1). La relación entre las calidades de las diversas tipologías de terrenos y la presencia del agua evidencia y anticipa el estricto enlace con la geología, característica de la moderna ciencia hidrológica (imagen 2.4).



Observación del suelo (De architectura, Vitruvio, Venecia, 1567).

Fuente: Sechi (2007)

Imagen 2.4. Observación del suelo en Libro VIII De architectura, Vitruvio, Venecia, 1567

- Según Vitruvio (Vitr., VIII, 1, 2), para buscar los puntos de agua, «**es necesario cuidar de la geomorfía característica del lugar donde se busca, porque gracias a ésta es posible obtener seguras indicaciones sobre la presencia de agua**», y se refería con puntualidad a las operaciones de individuación y captación de las aguas, sus indicaciones generales parecen marcadas más por la experiencia práctica que por la teoría científica, coincidiendo, por otra parte, con análogos o idénticos preceptos transmitidos por los escritores romanos de agricultura (Geop., II, 5, 11; Plin., Nat. hist., XXXI, 44; Pallad., IX, 8): «**quien busca el agua tiene que tumbarse en el suelo y prono, permanecer inmóvil, escrutar el horizonte para ver si desde el suelo suben vapores de humedad y horadar, si es necesario, donde estos parecen liberarse**». Además, «en algunas favorables condiciones» se pueden hacer algunos experimentos: enterrad una jofaina de cobre o plomo, una botija de arcilla no cocida o lana en rama. Si estos instrumentos estarán cubiertos o empapados de gotas de agua se podrá constatar la gradación de humedad y también se podrá, en aquel preciso punto, escavar un pozo (Vitr., VIII, 1,4-5; Geop., II, 6, 42-45; Plin., Nat. hist., XXXI, 46-47; Cassiod., III, 53). Estas y otras semejantes experiencias forman parte de un campo de prácticas muy comunes y difundidas en la

antigüedad, (Callebat, 1973, p. 58). Luego de la experimentación indicaba Vitruvio, VIII, 1, 6:

Cumplidos estos sondeos y encontrados los indicios antedichos, es necesario horadar un pozo en el mismo sitio, si encontrara un manantial de agua se escavarán muchos otros pozos y de hace todos se hará que las aguas se encañalen en un único punto mediante conductos subterráneos.

- Por los textos antiguos, las informaciones que Vitruvio ilustra tanto por las especies vegetales que constituyen los índices (*signa*) de los terrenos acuíferos y establece una relación entre la búsqueda de los puntos de agua y el análisis de las características del suelo a través de las formas de la flora y nos indica seis plantas. Cfr. VIII, 1, 3:

Para comprender si un terreno es rico en agua [...] podemos basarnos en la presencia de algunas plantas características como el junco flexible, sùtil, el sauce silvestre, el aliso, la sarga, las cañas, la hiedra y otras especies de los mismos tipos que viven y se reproducen sólo en un suelo rico en humedad. Estas mismas plantas nacen también en terrenos bajos y pantanosos, que recogen el agua de las lluvias invernales, de los terrenos circunstantes colocados a mayor altura, y además tienen la característica de retener mucho tiempo la humedad. De estos suelos hay que desconfiar, porque el agua tiene que ser buscada sólo en los suelos que no son pantanosos, donde estas particulares plantas nacen espontáneas.

- En cuanto al indicador calidad de agua, Vitrubio indico:

Las fuentes deben examinarse y probarse de antemano de la siguiente forma: Si discurre libre y abierta, inspeccionar y observar el físico de la gente que vive en los alrededores antes de empezar a conducir el agua, y si su constitución es fuerte, su complexión vigorosa, sus piernas sólidas y sus ojos despejados, las fuentes merecen una aprobación completa. Si es una fuente recién excavada, su agua será excelente si puede rociarse en un vaso corintio o de algún tipo hecho de buen bronce sin dejar mancha en él. Además, si tal agua se hierve en un caldero de bronce, se deja reposar un tiempo y luego se vierte sin encontrar arena o barro en el fondo del caldero, dicha agua también habrá probado su excelencia.

- Según Sechi (2007), el espacio concedido por Vitruvio al tema de la búsqueda sobre las aguas subterráneas: se fundamenta para empezar en la probable experiencia profesional junto a una notable cultura geográfica del autor; además la concepción enciclopédica de la tratadística científica de los Romanos; y para acabar, a la estrecha interdependencia de funciones que en esta época se reconocía a las actividades del architectus y del técnico especializado en las obras de individuación y utilización de los recursos hídricos. Esto antepone una sección genui-

namente técnica sobre la hidráulica diferenciando también los puntos en los que se articula su disertación según una secuencia lógica de argumentos y nociones de geografía física a la que se unen a conceptos de higiene y, en la parte relativa a la hidráulica en su propio sentido, se hace mención expresamente a saberes de hidrogeología.

- En lo concerniente la consideración relativa al enlace que corre entre la ciencia arquitectónica y el de la ingeniería e hidráulica, con sus relativas aplicaciones en el mundo antiguo, existe un amplio conjunto de fuentes literarias, epigráficas, arqueológicas y artísticas que nos enseña las conexiones necesarias, y por gran parte obvias, entre la realización, por un lado, de obras de explotación, encañalamiento y distribución de las aguas y, por otro, las obras monumentales: los acueductos (Grewe, 1985 citado por Sechi, 1989; Toelle, 1993 citado por Sechi, 2007), y señalaban que «**un ingeniero hidráulico y un arquitecto**», eran figuras semejantes, pero no equivalentes porque el architectus romano, era también experto en hidráulica y en ingeniería y conocía el proceder de las aguas superficiales y subterráneas.

Por las citas documentadas antes mencionadas, se concluye que los romanos, griegos, los persas, los egipcios y los chinos desde hace miles de años, ya experimentaban con la forma de captar y distribuir el agua para consumo humano, pero ninguna civilización se puede comparar a la romana, ya que eran unos expertos en la materia a partir de la selección de las fuentes abastecedoras, captación, conducción, almacenamiento y distribución de agua, es por ello que los grandes acueductos y obras hidráulicas en general, datan del periodo romano, siendo **Marco Vitruvio Polión**, como arquitecto, escritor, ingeniero y tratadista romano del Siglo I a. C, quien marca un hito en documentar los primeros indicios o evidencias cualitativas del desempeño y sostenibilidad del uso del recurso hídrico para consumo humano, basados en los conocimientos empíricos y teóricos aportados para la época y que hoy en día se han sofisticado con el empleo de diversas técnicas y tecnologías para el abastecimiento de agua para las poblaciones de forma segura para la salud pública y mejora de la calidad de vida.

Sin embargo, según documentación de Protos & Sociedad Flamenca de Agua para el Desarrollo (2006), en la baja Edad Media desde el año 500 a 1500, sólo las grandes ciudades disponían de una amplia red de suministro de agua; las tuberías estaban hechas principalmente de plomo (rara vez eran de madera) y transportaban el agua a las ciudades desde los acuíferos limítrofes. A veces algunos vendedores llevaban agua a las ciudades en sus carretas (imagen 2.5).



Fuente: Protos & Sociedad Flamenca de Agua para el Desarrollo (2006)

Imagen 2.5. Distribución de agua en carreta en Bélgica en la baja Edad Media

A partir de esa época, se dieron avances de forma gradual a raíz de los diversos problemas de salud pública que se fueron presentando asociados a la contaminación de las aguas en sus fuentes naturales o por el desmejoramiento de la calidad por el uso inadecuado de materiales no aptos como el plomo, hasta que se fue acelerando su evolución a partir de la revolución industrial con profundos cambios tecnológicos, que trajo consigo a su vez numerosos problemas ambientales como la sobreexplotación y contaminación del recurso agua, y en este caso de estudio la revisión documental indica que los procesos de aprovechamiento, afectación y degradación de las aguas tendieron a incrementarse.

Por lo antes expuesto, se consideró necesario sistematizar algunos hechos históricos relacionados a la investigación, cuyos hechos relevantes, se presentan en la **tabla 2.2**, que evidencian como a través de la historia de la humanidad el hombre se las ingenia para enfrentar las adversidades de la naturaleza e innova en el ámbito tecnológico en busca del desarrollo socio- económico de las naciones, y a la par en esa búsqueda del desarrollo para lograr satisfacer las necesidades de la población, se han afectado los recursos naturales, haciendo que el patrón de crecimiento y desarrollo sea insostenible en el tiempo, porque se ha interrumpido el crecer en equilibrio y armonía con la naturaleza con respeto de sus tasas de renovación y carga de asimilación, en este caso se registra en uno de los recursos vitales para la vida en el planeta como lo es el recurso hídrico y su ciclo natural, por lo que nos conlleva a que gradualmente se presenten problemas de escasez de agua y se incrementen los problemas de salud pública.

Tabla 2.2. Algunos relatos históricos del abastecimiento de agua desde la baja Edad Media hasta mediados del siglo XX

| Años | Descripción |
|-------------|---|
| 1236 | A principios del siglo XII el Támesis ya estaba contaminado, y en este año se llevó agua por primera vez a Londres procedente del manantial de Tyburn, mediante un sistema basado en tuberías de plomo. Otras ciudades también tendieron tuberías para el agua, pero la mayoría de ellas conducía el agua mediante un sistema de simples troncos de árbol ahuecados. |
| 1543-1571 | En México, fue construido el acueducto de Zempoala, su longitud total es de 50 kilómetros con tres largos puentes. |
| 1552 - 1558 | En Perú el Cabildo de Lima, aprovecho los manantiales de La Atarjea. La idea era buscar fuentes de agua sanas. La inversión fue de 20 mil pesos para las excavaciones y tendido de cañerías de arcilla, se construyó un depósito que recibía las aguas del manantial, conocido como “caja real”, se trataba de un edificio que encerraba entre paredes los manantiales donde se iniciaba un canal o acueducto de ladrillo y cal, abovedado, que en la ciudad se transformaba en una matriz principal formada por tubos de barro cocido, que terminaba en la pila de la Plaza Mayor. Luego, cuando creció la población, se construyó otro reservorio, llamado “Caja de Santo Tomás”. De él salía una tubería hasta la Plaza de Armas que luego se prolongó hasta el convento de Santo Domingo; luego se construyeron otras dos que abastecían el convento de La Encarnación y la pileta de la plazuela de San Sebastián. La distribución del agua era complementada por los aguadores, quienes llevaban, con sus acémilas, el agua a domicilio en cántaros de barro. |
| 1561-1564 | Se registra el primer acueducto en Lima – Perú. Este sistema de agua tenía una longitud aproximada de 12 kilómetros y la principal fuente de agua para el consumo es el río Rímac. |
| 1562 | El invento de la bomba en Inglaterra impulsó las posibilidades de desarrollo de sistemas de suministro de agua. En Londres, la primera obra de bombeo de agua se finalizó en el año de 1562. Se bombeaba agua de río a un embalse a unos 37 metros por encima del nivel del río Támesis, y desde el embalse se distribuía a los edificios vecinos a través de tuberías aprovechando la fuerza de gravedad. |
| 1584 | Se construyo el primer acueducto de la ciudad de Bogotá en Colombia, consistió en una conducción de aguas desde el río San Agustín hasta la plaza principal, mediante una cañería de cal, ladrillo y piedra que pasaba por una zona en la que existían arbustos de laurel, motivo por el cual se le llamó Acueducto o Cañería de Los Laureles. |
| 1619 | Por primera vez en Londres todas las viviendas reciben agua a través de una red de distribución, servicio prestado por la Compañía New River. |
| 1672 | A partir de este año los registros históricos se produjeron numerosos brotes de disentería asociados a la contaminación del agua de consumo humano. |
| 1680 | Anthony Van Leeuwenhoek desarrollo el microscopio. El descubrimiento de los microorganismos se consideró una curiosidad. Pasarían otros doscientos años hasta que los científicos utilizaran este invento “el microscopio”, para la identificación y comparación de microorganismos y otros patógenos. |
| 1685 | El primer filtro múltiple se desarrollo por el físico Italiano Lu Antonio Porzo. El filtro consistía en una unidad de sedimentación y filtro de arena. |
| 1706 - 1884 | En México se construye el Acueducto de Xalpa, constó de varios componentes como son: dos túneles, con más de un kilómetro de longitud; dos puentes a base de arcos, el más conocido de ellos llamado Arcos del Sitio; cuenta con más de 50 km de zanjas y acequias, así como obras de toma y de control (cajas de agua). |

Fuente: Elaboración propia con compilación de relatos de diversos autores.

Tabla 2.2. Algunos relatos históricos del abastecimiento de agua desde la baja Edad Media hasta mediados del siglo XX

| Años | Descripción |
|-------------|--|
| 1743 a 1751 | En México se construyó el Acueducto de Guadalupe, su fuente de agua era el río Tlalnepantla; el recorrido original según los datos de la época era de 12.900 varas (10.770 m). En el tramo inicial, el agua corría por una acequia a nivel superficial o subterráneo pero la mayor parte era elevada con el canal soportado sobre 2.287 arcos. |
| 1746 – 1750 | El científico Francés Joseph Amy recibe la primera patente por el diseño de un filtro, que es utilizado en casas por primera vez en el año 1750. Los filtros estaban hechos de algodón, fibras de esponja y carbón. |
| 1795 - 1805 | El mayor acueducto británico Pontcysyllte Aqueduct, Reino Unido, fue construido en 10 años. La instalación fue de 307 m (1.007 pies) de largo y se eleva a 38,40m (126ft) sobre el río Dee por 18 columnas y apoyado por 19 arcos. |
| 1800 | Newton, Bernoulli y Euler perfeccionaron la teorías y principios de hidráulica desarrolladas por los científicos Kepler y Torricelli en el Siglo XVI. |
| 1800- 1804 | La población merideña de Venezuela obtenía el agua de pozos y manantiales. Don Ignacio Rodríguez Picón estableció en 1804 el servicio de agua en la ciudad de Mérida, a través de una acequia (Canal). En ese tiempo se construyó una pila tallada en piedra en la Plaza Mayor, que funcionó hasta que ocurrió el terremoto de 1812. |
| 1804 | El primer sistema de suministro de agua potable a una ciudad completa fue construido en Paisley, Escocia, alrededor del año 1804 por John Gibb. En tres años se comenzó a transportar agua filtrada a la ciudad de Glasgow. |
| 1806 | En París (Francia) empieza a funcionar la mayor planta de tratamiento de agua. El agua sedimenta durante 12 horas antes de su filtración. Los filtros consisten en arena, carbón y su capacidad es de seis horas. |
| 1827 | El inglés James Simplón construye un filtro de arena para la purificación del agua potable. Hoy en día todavía se considera el primer sistema efectivo utilizado con fines de salud pública. |
| 1827 | Inició la revolución de la cerámica, el filtro con este elemento removía bacterias del agua, este filtro tenía tierra y barro. |
| 1829 | En Londres (Chelsea) se construyó la primera planta de filtros lentos de arena hecha por “The Chelsea Water Work Co”. |
| 1832 - 1867 | En este período de años hubo grandes epidemias de cólera asociados a la contaminación del agua en diversos países de Europa. |
| 1852 | En Bélgica, en diversas conferencias que se dieron sobre la higiene, se establecían cuáles eran los requisitos mínimos para que el agua potable fuera de calidad. En algunas ciudades belgas se crearon los denominados Comités d’hygiène publique (Comités de higiene pública). |
| 1853 | Nació el primer holandés del agua: el Ámsterdam Dune Water Company. Un canal fue cavado para extraer el agua de las dunas, para luego ser trasladado a Ámsterdam con tubos. En el sector Willemspoort, actual Haarlemmerpoort, se instaló un punto de toma de agua potable y fresca, donde la gente podía pagar un centavo por cada cubo. |
| 1854 - 1855 | En Londres, el doctor John Snow, descubrió que la epidemia del cólera era causada por el bombeo de agua contaminada. La expansión del cólera se evito mediante el cierre de todos los sistemas de bombeo, después de este hecho, los científicos han realizado estudios e investigación de la presencia de microorganismos en el agua y modo de eliminación para que el suministro de agua cuente con agua apta para el consumo. |

Fuente: Elaboración propia con compilación de relatos de diversos autores.

Tabla 2.2. Algunos relatos históricos del abastecimiento de agua desde la baja Edad Media hasta mediados del siglo XX

| Años | Descripción |
|-------------|---|
| 1835 - 1855 | Aparece el diseño de filtros rápidos en Norteamérica, se les llamo filtros mecánicos o americanos en contraposición a los filtros ingleses que eran lentos. Se construyó el primer filtro en la ciudad de Somerville por I. Smith Hyatt, quien obtiene la patente para un sistema de coagulación – filtración. El sistema no usaba aún sulfato de aluminio sino coagulantes férricos, los cuales inyectaba antes de que el flujo entrara al filtro. Este sistema pasó por Bélgica, Alemania y Francia. |
| 1856 | En Francia, aparecieron los filtros a presión “Fonvielle” y “Souchon”, siendo su objeto, colar los sedimentos del agua. |
| 1858 | Bruselas se convirtió en la primera ciudad belga con un moderno sistema de abastecimiento de agua potable. |
| 1862 | Doulton invento el filtro de cerámica para microorganismos, el cual removía las bacterias con un 99% de eficiencia, siendo este hecho, un gran impacto mundial. |
| 1866 - 1874 | Los acueductos de Coro (estado Falcón) y Caracas (Distrito Capital) en Venezuela, fueron las primeras obras hidráulicas importantes que fueron diseñadas considerando estudios hidrológicos. En este caso, sólo aforos continuos de las fuentes abastecedoras, por lo que a partir de esta fecha se despertó interés por la Hidrología y sus aplicaciones en el país. El acueducto de Coro, estreno la presa de Caujarao en el río Coro, siendo la primera presa en concreto del país; y el acueducto de Caracas se surtió del río Macarao (MOP, 1966 citado por Silva, 2000). |
| 1867 - 1880 | En Argentina, la epidemia de fiebre amarilla, que diezmo la población, conllevó a la urgente realización de una infraestructura para el saneamiento. El gobierno, entonces, le encomendó al ingeniero irlandés John Coghlan el proyecto del sistema de saneamiento de la ciudad (agua, cloacas y desagües pluviales). Aquel sistema se iniciaba en el Bajo de la Recoleta, y consistía en dos caños de hierro fundido, que se internaban 600 metros en el río para captar y transportar el agua que, luego de ser purificada, era enviada por máquinas de impulsión a la red de provisión de la ciudad. En 1869, Buenos Aires, se convertía en la primera ciudad de América con instalaciones de filtros para agua purificada; y para 1880, la red de suministro de agua construida por Bate-man, desde 1874, daba cobertura a gran parte de la ciudad de Buenos Aires. El diseño y operación del servicio estaba íntegramente basado en el modelo inglés de gestión. |
| 1869 | Se construyó la primera planta de depuración en Londres. |
| 1874- 1891 | En Venezuela, el químico Vicente Marcano, realizó en Caracas el estudio de las aguas y termos minerales del país, verificando la calidad de las aguas desde el punto de vista físico – químico y los resultados fueron presentados en Paris (Pérez & Urbani, 1982 citado por Silva, 2000). |
| 1880 | Pasteur explicó como organismos microscópicos podían transmitir enfermedades a través del agua. En el siglo XX, se descubrió que la turbiedad del agua no era sólo un problema estético; las partículas en las fuentes del agua tales como la materia fecal, podría servir de refugio a los patógenos. |
| 1880 | En Holanda, el ingeniero alemán B. Salbach, construyó un sistema de sedimentadores con coagulación de sulfato de aluminio como pre tratamiento para un sistema de filtros lentos que existían en la población de Groningen. |
| 1888 | Comenzó el servicio de agua por tubería de hierro en Bogotá. |
| 1891 | En Venezuela, el químico Vicente Marcano, fundó el primer laboratorio de calidad de aguas para análisis rutinarios desde el punto de vista físico-químico. |

Fuente: Elaboración propia con compilación de relatos de diversos autores.

Tabla 2.2. Algunos relatos históricos del abastecimiento de agua desde la baja Edad Media hasta mediados del siglo XX

| Años | Descripción |
|------------|---|
| 1891 | El primer laboratorio hidráulico fue fundado en Dresden (Alemania). |
| 1893 | Se usó por primera vez el ozono para desinfección del agua en Holanda. |
| 1898 | En la planta de tratamiento de Louisville y Little Fall en Estados Unidos, se introdujeron sistemas de mezclas, coagulación y sedimentación en tanques separados, a fin de remover la mayoría de las partículas sedimentables antes de que llegaran a los filtros. |
| 1900 | En el Siglo XIX, se descubrieron los efectos de los desinfectantes en el agua para el tratamiento y desinfección de la misma, por lo que a partir de este año, los desinfectantes se utilizan extensamente por las compañías del agua para evitar la expansión de enfermedades y mejor la calidad del agua. |
| 1822-1910 | Louis Pasteur y Robert Koch asentaron los cimientos de la moderna bacteriología. |
| 1900 | En Santa Fe de Bogotá, Colombia, la alcaldía de la ciudad dada la escasez y la mala calidad de las aguas de la ciudad, concedió autorización a la empresa del acueducto para aprovechar otra fuente superficial en el río Fucha. El deterioro de los ríos, se le atribuyó, a los efectos del crecimiento y cambios en la ciudad. |
| 1902 | El primer país que usó cloro para limpiar y tratar el agua para el suministro público, fue Bélgica. |
| 1907 | En Mérida, Venezuela, fue inaugurado el primer acueducto; cuya fuente abastecedora superficial sin regulación es el Río Albarregas. |
| 1914 | En Ecuador, Guayaquil, la Cía. J. C. Withe, propuso al cabildo porteño, el aprovechamiento del río Daule para abastecer de agua potable a Guayaquil, pero a pesar de que se realizaron varios estudios preliminares, este proyecto no prosperó debido a que los guayaquileños, especialmente las amas de casa, se opusieron expresando, su preocupación por la posible contaminación de las aguas, exigiendo que se la continúe suministrando desde las fuentes abastecedoras de la cuenca hidrográfica del río Agua Clara. |
| 1939 | En Mérida, Venezuela, en el sistema de acueducto que se abastece del río Albarregas, se encontraron altos índices de estreptococos, y se reforma el sistema de acueducto construido en 1907. |
| 1948 | Se consolida Acueducto de Mérida y se pone en operaciones la planta de potabilización "Ing. Eduardo Jáuregui", para tratar agua proveniente del río Albarregas, cuya administración se otorgó al Instituto Nacional de Obras Sanitarias (INOS). |
| 1955 -1956 | En 1955, en Perú, el gobierno del general Odría firmó un contrato con la empresa francesa Degrémont para ejecutar en 11 meses, el diseño, la construcción y el equipamiento de la primera planta de tratamiento de agua potable de La Atarjea, con un volumen de 5 m ³ /s., la de mayor capacidad del mundo en esos años. La moderna planta, que abastecería de agua potable a la Gran Lima, fue inaugurada el 23 de julio de 1956. |
| 1970 | Según Arreguin & Garduño (1994), en los años 70, se empezaron a conjuntar acciones de uso eficiente del agua en el ámbito urbano, iniciativa surgida en Estados Unidos, en razón de las grandes sequías que azotaron el suroeste del país. |

Fuente: Elaboración propia con compilación de relatos de diversos autores.

Tabla 2.2. Algunos relatos históricos del abastecimiento de agua desde la baja Edad Media hasta mediados del siglo XX

| Años | Descripción |
|-------------|---|
| 1972 | Un estudio encontró 36 sustancias químicas en el agua tratada en Luisiana (USA), que fué tomada del río Mississippi. Como consecuencia de estas nuevas y mayores contaminaciones, hubo necesidad de aplicar nuevas legislaciones y requerimientos técnicos para salvaguardar la salud de los consumidores. Posteriores avances en la desinfección, han puesto a punto nuevas técnicas y sustancias en el proceso de desinfección del agua como son principalmente el empleo de ozono, dióxido de cloro, cloraminas y radiación ultravioleta. |
| 1972 - 1973 | Se construye la segunda planta de potabilización de la ciudad de Mérida, Venezuela, ubicada en sector El Vallecito, hoy conocida como la planta nueva, "Dr. Enrique Bourgoïn", cuya fuente abastecedora proviene del río Mucujún. |
| Desde 1977 | En Bangladesh (Asia), cerca de 1.000 sistemas de aprovechamiento de agua lluvia, fueron instalados en el país por la ONG Forum for Drinking Water Supply & Sanitation. |
| 1984 | El Departamento del Distrito Federal, México DF, México, implantó un programa de uso eficiente del agua. |
| 1988 a 1996 | China, ha estado enfrentando serios problemas de escasez de agua que han causado grandes pérdidas económicas y medioambientales, y en busca de mejorar las condiciones de abastecimiento de agua, la única fuente de agua potencial en esta área, es la lluvia; razón por la cual el gobierno chino, ha probado eficientes técnicas de captación de agua lluvia y en la actualidad el gobierno local ha implementado el proyecto llamado "121" para captación de agua lluvia, apoyando económicamente a cada familia para construir un campo de recolección de agua, dos almacenamiento y un terreno adecuado para cultivar. Este sistema suministra agua a 1.2 millones de personas (260.000 familias) y 1.18 millones de cabezas de ganado. |
| 1998 | Los sistemas de aprovechamiento de agua lluvia fueron introducidos en Berlín, Alemania como parte de un redesarrollo urbano a gran escala, el agua lluvia cae en las cubiertas de 19 edificios (32.000 m ²), se recoge y almacena en un tanque subterráneo de 3500 m ³ . Esta agua es usada para la descarga de inodoros, el riego de zonas verdes (incluyendo techos verdes) y llenar un estanque artificial. |

Fuente: Elaboración propia con compilación de relatos de diversos autores.

Por los relatos antes expuesto, se evidencia que al hombre decidir establecerse de forma permanente dejando de ser nómada y vivir de la caza y la pesca, se inició los procesos de establecimiento de las poblaciones en pequeñas aldeas hasta avanzar a grandes urbes, por lo que los requerimientos de agua para uso humano y agrícola han sido preocupación muy importante para satisfacer sus necesidades y el desarrollo de sus actividades. Es por ello que inicialmente, sus asentamientos se fundaron cerca de algún cuerpo de agua y gradualmente al ocupar espacios más distantes y al incrementarse las demandas de agua por la población en continuo crecimiento, fueron evolucionando las obras hidráulicas, tanto para consumo humano como para riego, empleando para ello desde las técnicas más incipientes, artesanales y sofisticadas para la captación, el control, mantenimiento y uso del agua. Es por ello, que se reseñan los siguientes antecedentes antiguos y modernos:

- En la América Precolombina, los indígenas demostraron ser grandes ingenieros hidráulicos. Los mayas, aztecas e incas construyeron acueductos y canales para regar sus parcelas cultivadas y para el uso de sus habitantes. Muestra de ello, la permanencia del canal de agua que aún suministra agua a las ruinas de Machu Picchu, en Perú.
- En la Edad Media, era normal a beber agua de la superficie. En las ciudades a menudo se utiliza el agua del canal, mientras que el mismo conducto también fue utilizado como una alcantarilla abierta. Muchas personas se enfermaron por beber agua contaminada y las epidemias causaron muchas víctimas, por lo que la mala calidad del agua generó graves problemas de salud pública, debido a que los sistemas de distribución, fueron instalados como canales abiertos o con tuberías de plomo; además, los residuos y excrementos, se vertían directamente en el agua. En muchas ciudades, hasta fines de siglo XIX, como se expuso en la tabla 2.2, la provisión de agua, la efectuaban los aguateros y aljibes.
- Desde la baja Edad Media, hasta el presente, existe gran preocupación por la calidad de las aguas para consumo. Esto contribuyó a que los acueductos modernos se construyeran generalmente bajo tierra, con extensas redes de conductos de hierro, acero, cemento y, hoy en día muy común el uso del polietileno de alta densidad (PEAD) ó policloruro de vinilo (PVC). Además se inician procesos incipientes de tratamientos de las aguas para consumo apareciendo los filtros, y que según Arboleda (2000), los primeros tuvieron carácter doméstico, siendo usados por mucho tiempo, los filtros de piedras porosas colocadas en tinajeros.

Luego en Francia, se difundieron los filtros de esponja, paño, lana y otros materiales; posteriormente en Inglaterra, en el año 1804, se pensó por primera vez en hacer una instalación de filtros para toda una población, y en 1829, en Londres se construye la primera planta de filtros lentos de arena. Este tipo de filtro de arena se popularizó, tanto en Europa, como en América; y cuando se hicieron los filtros no domésticos, el agua filtrada, no se distribuía por tuberías, sino que se vendía por galones al consumidor.

Así surgieron las primeras compañías de agua de carácter privado, razón por la cual señala Arboleda (2000), que con el advenimiento de la microbiología a mediados del siglo XIX, se le fue dando cada vez más importancia al aspecto bacteriológico de la filtración. Por tanto, a fines de dicho Siglo, muchas ciudades tanto de América y Europa habían construido plantas de filtración, y cada día se fueron introduciendo sistemas de sedimentación y coagulación con sulfato de aluminio o coagulantes férricos, y como se denota en los hitos expuestos en la **tabla 2.2**, a partir de los filtros como sistema único de tratamiento, se realizaron continuos aportes científicos para dar inicios a los procesos de potabilización del agua, ya que en

principio sólo se eliminaban las partículas de tamaño grande, y los otros compuestos seguían presentes en el agua de forma disuelta, en suspensión y microorganismos. Estos resultaban perjudiciales para su utilización, por lo que el tratamiento del agua para consumo ha ido evolucionando a procesos más complejos, que en la actualidad, han consolidado la construcción y modernización de las plantas de potabilización, en las que los procesos de tratamiento son preparatorios o complementarios de la filtración.

Así como la filtración se mostró como un método de tratamiento efectivo para reducir la turbiedad, y desinfectantes como el cloro jugaron un gran papel en la reducción del número de brotes epidémicos en los comienzos del siglo XX; y durante la segunda mitad de este Siglo, los científicos alcanzaron grandes conocimientos sobre las fuentes abastecedoras y efectos de los contaminantes en el agua cruda, por lo que la filtración y la cloración del agua para transformarse en potable, se considera como probablemente el más significativo avance en salud pública del milenio según la revisión documental desarrollada, ya que contribuyó a disminuir la mortalidad de la población por enfermedades de origen hídrico.

A raíz de todos estos problemas de salud pública, inventos y desarrollos empezó a crecer y fortalecer la industria dedicada al tratamiento de aguas, permitiéndose implementar otro tipo de procedimientos con tecnología más avanzada y eficiente como los monitores del agua, así como la incorporación de otras sustancias que podían ayudar como agentes descontaminantes. Otro tipo de elementos más avanzados, han permitido el desarrollo de más investigaciones y ampliar los métodos de purificación del agua, siendo los más recientes avances en el tratamiento del agua a partir del desarrollo de membranas para osmosis inversa y otras técnicas como la ozonización, y otras técnicas, para la eliminación de mayor cantidad de contaminantes encontrados en el agua cruda para hacerla apta para el consumo humano (agua potable).

- En el siglo XIX y XX, las ciudades de la mayoría de los países experimentan un gran crecimiento, realizando el suministro de agua a la población por medio de fuentes superficiales y subterráneas para luego ser distribuida por una red centralizada de acueducto. Este crecimiento acelerado, implica que cada día que los sistemas de abastecimiento de agua potable parta de una fuente superficial o subterránea alejada de los asentamientos urbanos, haciendo que la ejecución de estos proyectos sea muy costoso, trayendo como consecuencia que en algunos lugares remotos no se suministre el servicio. Dicha situación, demuestra que la presencia y crecimiento de los servicios públicos es un fenómeno que acompaña al desarrollo de las sociedades.

Ante lo antes expuesto y debido a la rápida urbanización diversos informes emitidos por la Organización de las Naciones Unidas [ONU] (2010), indican que las

ciudades se enfrentan a una creciente demanda de servicios de agua potable, los entes administradores de las ciudades aprovechan el recurso hídrico superficial y subterránea en áreas cercanas a las mismas o lo realizan desde territorios más alejados para satisfacer esta demanda lo que implica altos costos en infraestructura hidráulica.

Este hecho, conduce a la sobreexplotación de los recursos hídricos, además, en algunas regiones del mundo, viene acompañado de sistemas de abastecimiento de agua potable que no cuentan con un tratamiento adecuado de acuerdo a las características del agua cruda captada o la ausencia del mismo, razón por la cual se transforma en una amenaza para la salud pública, especialmente en los países en desarrollo. Sin embargo, la problemática del abastecimiento de agua potable es de carácter global, pero es una situación muy crítica, en el continente africano, debido que los niveles de pobreza imposibilita la obtención de recursos y la tecnología necesaria para construcción y operación de un sistema de acueducto; además, la escasez de fuentes abastecedoras apropiadas en cuanto a calidad y seguridad del suministro, ha hecho de este, un problema aún mayor.

- A finales del Siglo XX, se retoman técnicas ancestrales que datan de 4.000 años a.C., como lo es la recolección de agua de lluvia con técnicas más sofisticadas para el abastecimiento de agua para las poblaciones. En este caso, África es uno de los continentes donde tiene mayor auge la recolección de agua lluvia con grandes proyectos en Botswana, Togo, Mali, Malawi, Sudáfrica, Namibia, Zimbabwe, Mozambique, Sierra Leona y Tanzania, y se señala que las tecnologías para el aprovechamiento del agua lluvia, encajan muy bien dentro de los lineamientos del Desarrollo Sostenible, ya que contribuyen al uso racional del agua y los recursos naturales. Es de resaltar, que hoy día, los materiales modernos, permiten que los sistemas para el aprovechamiento de agua lluvia, sean factibles y estén al alcance de las comunidades donde se carece de un suministro adecuado, y si se tiene acceso a la red del acueducto se vincularía con este sistema como complementario, en busca del uso eficiente del agua potable, ya que el agua lluvia, es una excelente fuente para cubrir la demanda de agua generada por los usos que no requieren agua potable para su desarrollo tales como el riego de jardines y plantas, lavado de autos, descarga de inodoros, aseo de pisos y lavado de ropa (Ballén, Galarza & Ortiz, 2006).
- Por lo antes mencionado, sin lugar a dudas, **el agua es uno de los grandes retos del Siglo XXI**, aseveración que se ratifica en el Foro Económico Mundial 2013, donde se señala que la “crisis de abastecimiento de agua”, es uno de los cinco principales riesgos mundiales (Instituto Español de Estudios Estratégicos [IESS], 2013). Para enfrentar esta situación, muchos países están buscando ya la forma de optimizar y aumentar la oferta disponible de agua potable mejorando la calidad y la eficacia en el tratamiento, sin embargo, es inminente que se requiere políticas

que permitan desarrollar los arreglos institucionales (Gobernanza) que encaminen la gestión del agua potable en las dimensiones de la sostenibilidad.

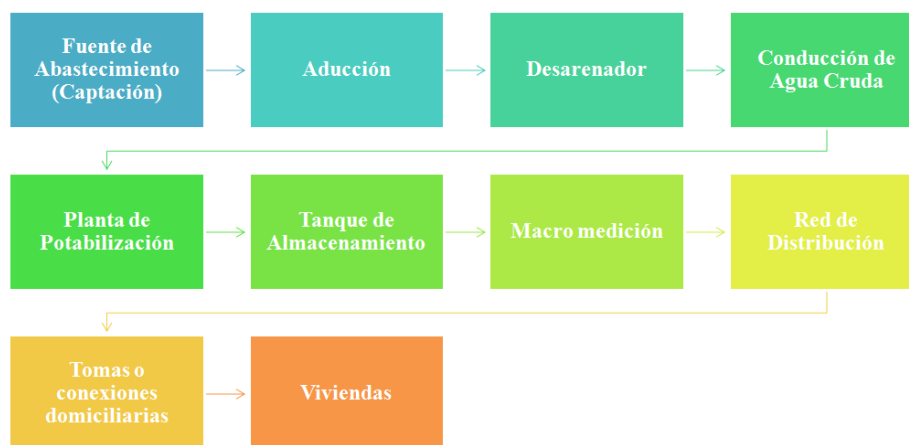
En el caso de las zonas costeras del mundo, ya se considera que es imprescindible disponer de infraestructuras de abastecimiento e innovar en las tecnologías de potabilización (tipo desalinizadoras) para la producción de agua de otras fuentes de agua superficiales (océanos) cuando no haya otra fuente alternativa de abastecimiento, de manera que se garantice un acceso estable al agua potable y más si tenemos en cuenta los impactos previstos por el cambio climático. Esta alternativa de abastecimiento de agua surge desde hace unos 2.400 años, cuando Aristóteles describió cómo los navegantes usaban ese método de destilación basados en el principio de calentar agua de mar para producir vapor que luego se condensa imitando el ciclo natural de evaporación y lluvia, sin embargo, a finales del siglo XX, fue que la tecnología avanzó a escala industrial aplicando métodos de evaporación térmica y osmosis inversa. Es por ello, que hoy día existen alrededor de **18.000 plantas desaladoras o desalinizadoras en el mundo** que satisfacen sólo entre el 1 y 3% de la necesidad de agua potable a nivel mundial, esto según reporte de la Asociación Internacional de Desalinización [IDA], por sus siglas en inglés en sus boletines informativos del período 2014-2017. Esto a pesar de grandes esfuerzos científicos y gubernamentales para el desarrollo de esta alternativa para el acceso al agua potable, su avance se ha visto limitado, debido a que requiere grandes cantidades de energía, ello explica en parte por qué algunas de las mayores plantas desalinizadoras se encuentran principalmente en países con abundantes recursos energéticos como Arabia Saudita, Emiratos Árabes Unidos e Israel, sin embargo, existen otras exitosas experiencias en Europa en las que se destaca España (Torrevieja, Alicante), América del Norte en San Diego de los Estados Unidos y en América Latina el país con mayor capacidad de desalinización es Chile (Antofagasta) y en los recientes años en vista de los problemas de escasez de agua se desarrollan importantes iniciativas en México, Perú, Brasil, Colombia y Venezuela en los estados Nueva Esparta, Vargas y Falcón.

2.4.2. Aspectos técnicos – ambientales general del abastecimiento de agua para las poblaciones y las perspectivas de integración ambiental

A finales del siglo XX hasta la actualidad, el crecimiento acelerado de la población urbana plantea unos retos sin precedentes, entre los cuales, la falta de suministro de agua y saneamiento son los más apremiantes, ya que requieren el suministro de agua potable de forma continua y de calidad para cubrir las necesidades básicas de la población.

En este contexto, hacer frente a las crecientes necesidades de servicios de agua y saneamiento, es uno de los temas más acuciantes de hoy día, por lo que se requiere de

una gestión sostenible, eficiente y equitativa del agua en las ciudades ONU (2010). Es por ello, que los diseños de los sistemas de abastecimiento de agua potable y el servicio que se presta a través de ellos ha evolucionado en el tiempo en busca de la modernización y eficiencia en la operatividad de los mismos. Esta evolución se encuentra el sistema de abastecimiento de agua convencional que caracteriza el caso de estudio, el cual tiende a contar con elementos y componentes que se describen en la imagen 2.6.



Fuente: Adaptado de Ministerio de Desarrollo Económico de la República de Colombia, (2000)

Imagen 2.6. Componentes de un sistema de abastecimiento de agua convencional

Por lo antes señalado, es oportuno señalar que el común de la sociedad en países en vía de desarrollo lo identifican con la palabra “**acueducto**”, el cual trasciende en el tiempo ya que partió en la época antigua de sólo la conducción o transporte de agua a un sistema que permite convertir agua cruda a agua potable, mediante el tratamiento adecuado que se cumple en las plantas de potabilización. Esta innovación permite el bienestar y desarrollo de la población en las ciudades sin son bien gestionados en la dimensiones de la sostenibilidad por la empresa prestadora u operadora del servicio de agua potable, ya que de ello dependerá la continuidad, oportunidad, calidad y cantidad de agua, que beneficiará a sus usuarios (Ministerio de Desarrollo Económico de la República de Colombia, 2000).

Para ello, cada componente presenta características diferentes en razón de la función que cumplen dentro del sistema, por lo que hoy en día, según Arocha (1980), se consideran según las condiciones generales del sitio, elementos característicos de los sistemas de abastecimiento de agua “acueductos”:

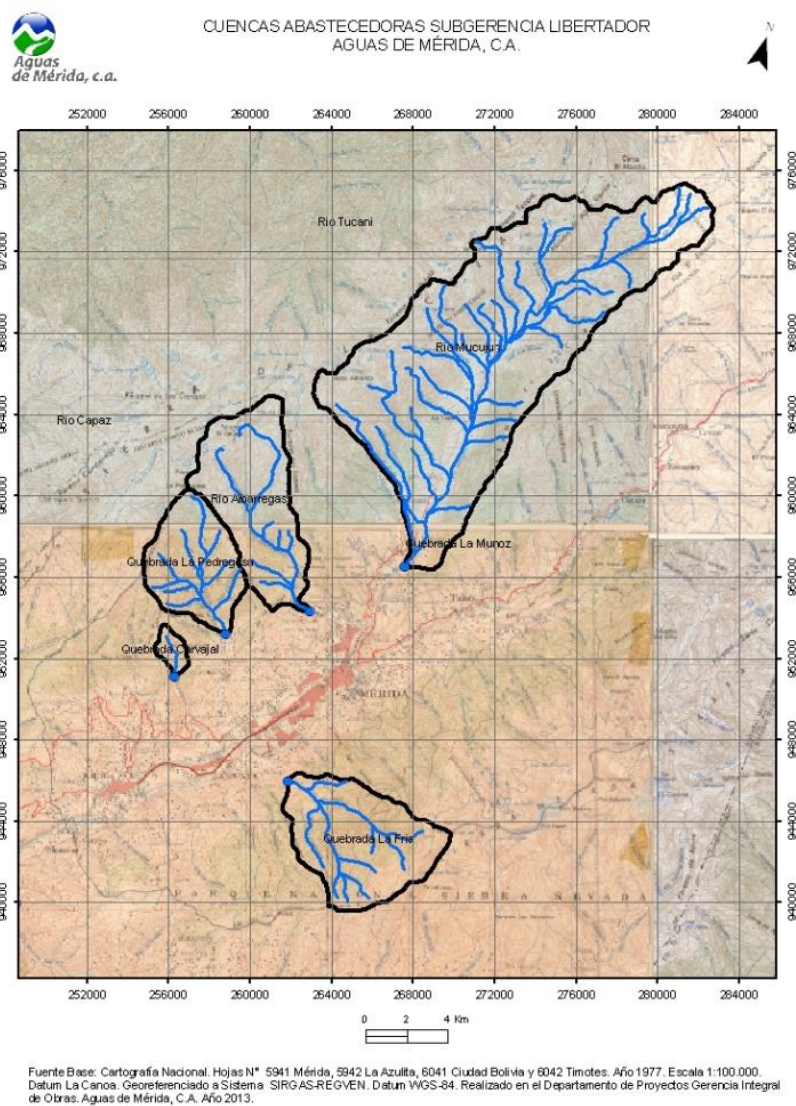
- **Fuente de abastecimiento.** Es de resaltar, que se marca un hito relevante de integración ambiental el considerar como elemento característico para el diseño, construcción y operatividad de un acueducto “*las fuentes de abastecimientos de agua*”, y en diversos documentos, se señala que es la parte más importante del acueducto y sin conocer sus características físico – naturales, especialmente las hidrológicas y definir la relación oferta- demanda, no se debe ni se puede concebir un buen proyecto de abastecimiento de agua (Arocha, 1980; 1997). Esto en virtud, de que para poder garantizar un servicio continuo y eficiente, es necesario, la selección de una fuente abastecedora superficial o subterránea de calidad y capaz de suplir del agua requerida para el día más crítico (día de máximo consumo). En el caso particular de la investigación, sólo se centró en las “fuentes superficiales”, razón por la cual Arocha (1980; 1997), las clasifica en:
 - a) **Fuentes superficiales sin regulación.** Cuando el gasto mínimo para el período de registros, debe ser superior al gasto del día de máximo consumo para el período de diseño fijado. Por lo que requiere aforos continuos en el año y medidos a unos metros aguas arriba del posible sitio de captación; adicionalmente, es de interés conocer las características del río que incidirán en el diseño de la obra de captación tales como: contenido normal de arena, arrastre de sedimentos durante las crecidas, velocidad del agua y magnitud del material de arrastre.

En el caso de estudio, que se vincula al acueducto de Mérida, el cual abastece al área urbana de la ciudad de Mérida del municipio Libertador, Venezuela, es administrado por la empresa regional Aguas de Mérida C.A. El sistema cuenta en el componente de producción con tres (03) subsistemas: río Mucujún y río Albarregas conformados por dos (02) plantas de potabilización Enrique Bourgoïn y Eduardo Jáuregui y un sistema de distribución. Un sistema menor “acueducto rural” abastecido por la quebrada Carvajal.

Así mismo, el municipio Libertador cuenta con dos (02) acueductos que abastecen las periferias de la ciudad: acueducto La Pedregosa (río La Pedregosa) y acueducto Chamita (quebrada La Fría) (imagen 2.7, imagen 2.8).

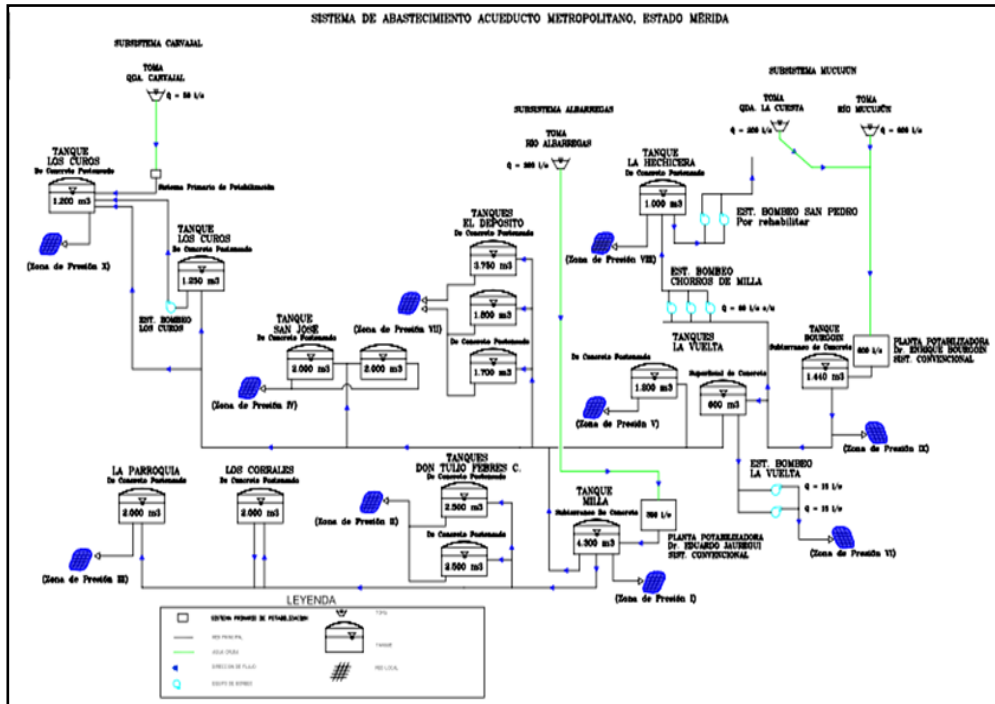
Es importante resaltar, que el desarrollo de esta tesis doctoral, sólo se centró en el subsistema “río Mucujún” del acueducto de Mérida, cuya fuente abastecedora es la subcuenca hidrográfica del río Mucujún, que abastece de agua potable al 80% del área urbana de la ciudad de Mérida del municipio Libertador, estado Mérida, Venezuela; y se encuentra en esta clasificación, por lo que en esta investigación, se limitó sólo a fuentes superficiales sin regulación donde se extrae el agua cruda a partir de una obra de captación (dique toma o boca toma) y no cuenta con embalse; por lo que el caso de estudio se concentra específicamente en el componente producción subsistema “Mucujún”: planta de potabi-

lización convencional “Dr. Enrique Bourgöin” y su distribución en el 80% del área urbana de la ciudad de Mérida.



Fuente: Aguas de Mérida C.A. (2013a)

Imagen 2.7. Cuencas hidrográficas abastecedoras superficiales (fuentes sin regulación) del acueducto de Mérida

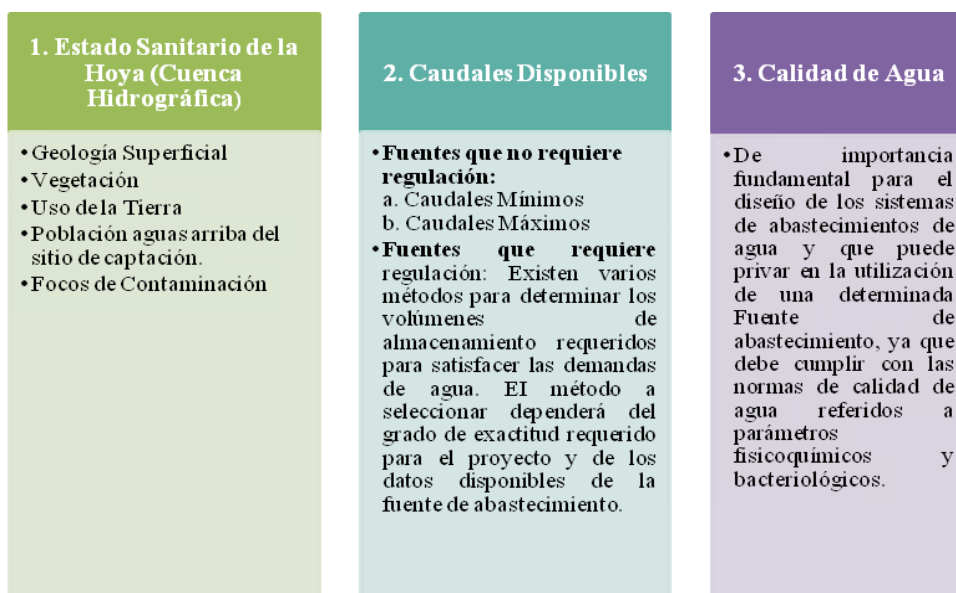


Fuente: Aguas de Mérida C.A. (2013b)

Imagen 2.8. Esquema general del sistema del acueducto de Mérida

b) Fuentes superficiales que requieren regulación. Cuando los aforos mínimos del río en determinadas épocas no son suficientes para cubrir la demanda, es posible lograr mediante el represamiento de aguas de épocas de crecidas, compensar el déficit y aportarlo para satisfacer la demanda.

Además, señala que para ambas fuentes abastecedoras, se deben tener en cuenta criterios e indicadores ambientales para la selección de las fuentes abastecedoras, que permitan visualizar su “estado sanitario”, caudales disponibles y calidad de agua (imagen 2.9).



Fuente: Adaptado de Arocha (1980; 1997)

Imagen 2.9. Criterios e indicadores ambientales para la selección de las fuentes abastecedoras

En cuanto a la infraestructura hidráulica de un sistema de acueducto establecido desde una fuente abastecedora sin regulación, los autores Arocha (1980) y Azpúrua (1999), señalan que por lo general consta de lo siguiente:

- **Obra de captación.** Consiste en una estructura colocada directamente en la fuente abastecedora a fin de captar el gasto deseado y conducirlo a la línea de aducción. En el caso de estudio una obra en una fuente abastecedora sin regulación supone un caudal del río superior al gasto máximo diario para cualquier época, tal que el gasto mínimo aforado asegure la captación del gasto deseado. Por tanto, desde el punto de vista estructural debe proveer seguridad a la acción destructiva del río (deslizamiento, volcamiento, erosión, sedimentación, entre otros).
- **Línea de aducción.** Está constituida por tuberías que conducen agua por gravedad ó bombeo desde la captación hasta el estanque de almacenamiento.
- **Tanque u estanque de almacenamiento.** Es el que permite almacenar cierta cantidad de agua para atender situaciones de emergencia, mantener las presiones de servicio en la red de distribución y compensar las variaciones de los consumos de agua que se producen durante el día.

- **Redes de distribución.** Según Azpúrua (1999), es el conjunto de tubería y equipos, que permiten suministrar agua en calidad, cantidad y presión adecuada para los usuarios de un sistema de abastecimiento urbano.

Para lograrlo, las tuberías se colocan formando circuitos cerrados denominados mallas y estas a su vez se agrupan formando redes que pueden ser clasificadas como:

- **Tuberías matrices.** También denominadas troncales, las cuales llevan el agua desde los puntos de alimentación hasta los diferentes sectores de la red.
- **Tuberías menores.** Son las que permiten llevar el agua desde las tuberías matrices hasta los diversos usuarios.

En cuanto a los equipos en las redes, están constituidos básicamente por válvulas de paso, válvulas reguladoras y sostenedoras de presión, ventosas purgas, hidrantes y tomas domiciliarias.

Es de resaltar, que los sistemas de distribución, contienen normalmente varios niveles topográficos de servicio (redes), impuestos por los rangos de presión admisibles (Arocha, 1980). Además la configuración de las redes está determinada, según Azpúrua (1999), por factores como la topografía, tipo y grado de desarrollo del núcleo urbano, forma y distribución de la vialidad urbana y ubicación del agua disponible para la alimentación de la red. Estas se clasifican por:

1. Su Forma:

1.1. Redes ramificadas. Son aquellas compuestas por una tubería o más tuberías troncales de las cuales salen ramificaciones. Este tipo de red tiene el defecto de que la circulación del agua es en un solo sentido y de suceder una ruptura de la tubería, quedaría sin servicio toda la zona localizada aguas abajo del sitio de avería.

1.2. Redes malladas. Son aquellas compuestas por un conjunto de tuberías conectadas que forman figuras cerradas. Este tipo de red presenta ventaja de permitir un servicio más eficiente y seguro, ya que en caso de averías, es posible el abastecimiento desde tuberías distinta a aquella puesta fuera de servicio.

2. Su Alimentación:

2.1. Abastecidas por gravedad. El agua puede llegar desde uno o más estanques ubicados en cotas adecuadas o desde una red superior haciendo uso de válvulas reguladoras de presión.

2.2. Abastecidas por bombeo. Las tuberías tienen dos funciones llevar el agua a los usuarios y permitir la alimentación de un estanque flotante y se diseñan de forma tal que en las horas de bajo consumo de agua en la red, los excedentes lleguen hasta el estanque donde son almacenados. En las horas de máximo consumo una parte de la red se abastece mediante el uso de equipos de bombeo y otra parte con agua procedente del estanque de compensación donde se almacenaron los excedentes.

- 3. Obras complementarias.** Tanquillas rompecargas, desarenadores, válvulas, entre otros que amerite el sistema para su óptimo funcionamiento.
- 4. Estación de bombeo.** Es aquella que toman el agua directamente o indirectamente de la fuente de abastecimiento y elevan al estanque de almacenamiento a una estación de rebombeo o a la red. Por tanto, debe contar con equipo de bombeo diseñado y calculado para el sistema de abastecimiento específico, los accesorios complementarios y las edificaciones de reguardo.
- 5. Planta de tratamiento, planta de potabilización ó estación de tratamiento de agua potable (ETAP).** Es el conjunto de instalaciones destinadas a mejorar la calidad del agua, para ello se realizan procesos de tratamiento para la potabilización, es decir, se lleva a cabo sobre cualquier agua cruda para transformarla en agua potable y de esta manera hacerla apta para el consumo humano de acuerdo a la normativa establecida para tal fin.

Por tanto, sus características principales van a depender de dos factores básicos como lo plantea Casero (2006; 2007), la calidad del agua bruta o cruda y el caudal a tratar y las plantas de tratamiento (potabilización), podrán distinguirse por:

- *La capacidad de tratamiento, como el máximo caudal que puede atravesar la planta, en condiciones límite de contaminación, y quedar tratado de forma eficaz y completa.*
- *La capacidad hidráulica, como el máximo caudal que, por condicionantes hidráulicos, tanto de la planta como de las conducciones, puede atravesar la planta.*

En este contexto, se evidencia que el criterio ambiental indispensable para su diseño de forma eficiente, según Moros (2012), es conocer las características de la fuente de abastecimiento, basado en la cantidad y calidad, así como fundamental para la selección adecuada de los procesos y operaciones de tratamiento (físicos, químicos, biológicos, o combinaciones de ellos) más adecuados y económicos para producir agua de la

calidad requerida y según American Water Works Association & American Society of Civil Engineers (1998; 2002), se pueden clasificar de acuerdo con:

- Los componentes o impurezas a eliminar.
- Parámetros de calidad.
- Grados de tratamientos de agua.

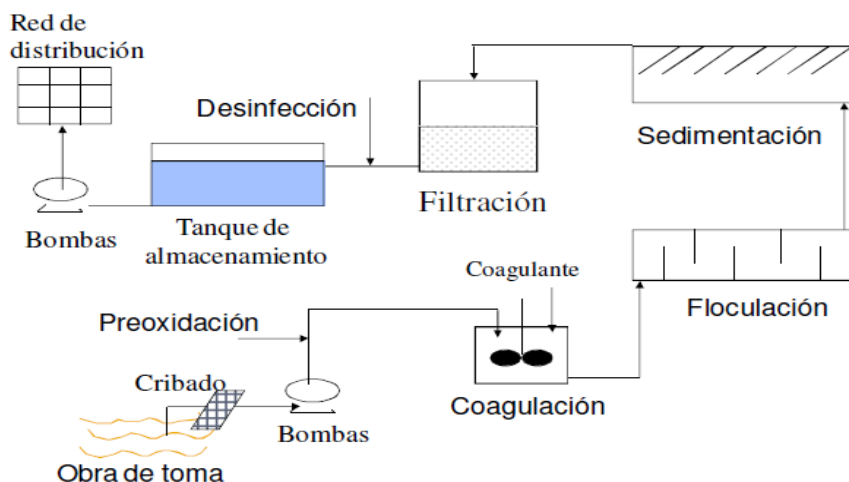
Todo ello, en busca de garantizar la salud de la población y mejorar la calidad de vida en pro de un desarrollo armónico y asegurar el acceso al agua potable de forma sostenible, como se evidencio en los relatos históricos sintetizados en la tabla 2.2.

Por tanto, basados en el criterio ambiental antes señalado, los avances científicos han experimentado notables avances para que el agua logre ser apta para consumo humano el agua y que cada día es más exigente profundizar dichos estudios y tecnologías debido a los crecientes problemas de degradación de las aguas, debido a que se requiere de una serie de tratamientos que se establecen acordes a su calidad inicial, ya que la fuente de abastecimiento y las circunstancias en el sitio en particular, son lo que definirán la calidad del agua del caudal a ser aprovechado u explotado. En este sentido, ante esta realidad mundial se presentaran nuevas dificultades a enfrentarse para hacerla potable y las complejidades de los tratamientos que se deberán aplicar para convertirla en inocua (una de las características principales que debe cumplir el agua para ser considerada apta para consumo humano).

En este contexto, a nivel mundial la Organización Mundial de la Salud (OMS) ha establecido parámetros físico- químicos y bacteriológicos para la calidad de agua y en atención a ello y a los límites máximos permisibles se han generado clasificaciones de las aguas según el grado de tratamiento que requieren o se deben someter las aguas superficiales para su potabilización y que serán destinadas al consumo humano y a nivel general según la American Water Works Association (2002), se pueden agrupar de la siguiente manera:

- **TIPO A1.** Tratamiento físico simple y desinfección
- **TIPO A2.** Tratamiento físico normal, tratamiento químico y desinfección
- **TIPO A3.** Tratamiento físico y químico intensivo, afino y desinfección

Es por ello que para trascender en los métodos, técnicas o procesos de tratamiento del agua cruda para transformarla en agua potable, se desarrollan los sistemas de tratamiento de agua tipo convencional que se han utilizado desde el año 1910 (imagen 2.10).



Fuente: Martínez (2012)

Imagen 2.10. Esquema de un sistema de tratamiento de agua potable tipo convencional

La imagen 2.10, indica una serie de procesos de tratamiento que se aplican para transformar el “agua cruda” según la calidad a un producto procesado denominado técnicamente “agua potable”, estos a nivel general se describen a continuación:

- **Pretratamiento.** Consiste en la eliminación de sólidos de gran tamaño que pueda contener el agua en el punto de captación, para ello se utilizan rejillas y/o tamices que retienen los sólidos. Este se aplica cuando el contenido de arenas y sólidos similares en suspensión es elevado por lo que se incluye obra denominada desarenador que permite que los sólidos sedimentan por gravedad. En algunos casos es habitual incluir oxidación primaria denominada pre desinfección, cuyo objetivo principal es destruir las sustancias orgánicas (Martínez, 2012).
- **Mezcla rápida.** Se denomina a las condiciones de agitación y tiempo de retención que debe reunir la masa de agua en el momento en que se dosifica el coagulante, y en el tratamiento, se aplica antes de entrar a la etapa de sedimentación y se ajusta el pH mediante la adición de ácidos y sales, busca desestabilizar las partículas coloidales especialmente por la neutralización de sus cargas fenómeno conocido con el nombre de coagulación (Martínez, 2012). Los productos químicos que se utilizan normalmente en la coagulación son la alúmina (sulfato de aluminio), cloruro férrico, aluminato de sodio, sulfato ferroso y cal. La elección de uno u otro es fun-

ción de la relación entre su coste y su efectividad. La alúmina es el coagulante de uso más extendido (Casero, 2006; 2007).

- **Floculación.** Consiste en la agitación suave y lenta, se añaden agente floculantes, con el fin de aglutinar las partículas formadas en la coagulación para dar lugar a la formación de flóculos de mayor tamaño, que se separan más fácilmente en la etapa posterior al descender a mayor velocidad, por tanto, este tratamiento busca facilitar la unión entre partículas formando agregados de mayor volumen “flóculos”, cuya velocidad de sedimentación es más elevada. Este fenómeno de agregación de partículas se conoce con el nombre de floculación (Ramírez, 2008 citado por Martínez, 2012).
- **Sedimentación.** En esta etapa los flóculos formados por la acción de agentes coagulantes y floculantes sedimentan en tanques.
- **Filtración.** Consiste en pasar el agua que contiene materias en suspensión no separadas en la sedimentación, a través de un lecho filtrante que permite el paso del líquido pero no el de las partículas sólidas, las cuales quedan retenidas en el medio filtrante (Martínez, 2012). En las instalaciones de filtración de las estaciones de tratamiento de agua, el medio poroso suele ser generalmente arena, arena + antracita, arena de granate o ilmenita ó bien carbón activo en grano, sin embargo, la elección de un medio filtrante debe basarse en su durabilidad, el grado de purificación deseado, la duración de los ciclos de filtración y facilidad de lavado a contracorriente (Casero, 2006; 2007).
- **Desinfección.** Es la etapa de mayor importancia ya que ha de garantizar la eliminación de microorganismos patógenos que pueden ocasionar enfermedades de origen hídrico y puede conseguirse mediante la adición de productos químicos o de radiación (Martínez, 2012). El cloro, en sus diversas formas, se emplea casi universalmente como agente desinfectante del agua, se puede considerar bajo dos aspectos; según el momento en que se añade dentro del proceso general del tratamiento o según los resultados finales, se denomina:
 - Simple cloración
 - Pre cloración
 - Post cloración
 - Cloración a residual libre y cloración a residual combinado

Como se evidencia en la revisión documental, las civilizaciones para su desarrollo en las ciudades requieren de fuentes de abastecimiento de aguas ubicadas en cuencas hidrográficas, cuyas aportaciones superficiales y subterráneas (**agua cruda**) ameritan tratamiento para que sea apta para el consumo humano (**agua potable**).

Todo ello ha desencadenado que a través del tiempo, desde las técnicas más artesanales, se fueran ajustando con la incorporación de nuevos trenes de tratamiento según las características físico- químicas –bacteriológicas del agua cruda a aprovechar, y a su vez, se han ido combinando tecnologías de la potabilización de las aguas. Para visualizar su avance se parte del documento elaborado por Leal (2010), en el cual se sintetiza la evolución y descripción breve de las tecnologías convencionales de la potabilización de las aguas (tabla 2.3).

Tabla 2.3. Síntesis breve de avances en tecnologías convencionales de potabilización del agua

| Clasificación | Plantas | Características | Según calidad de agua | Procesos de tratamiento |
|---------------|-------------------|--|--|--|
| Procesos | Filtración Rápida | Los filtros que las integran trabajan a velocidades altas entre 80 y 300 m ³ /m ² .d, de acuerdo con las características del agua y el medio filtrante, por lo que se llenan en un lapso de 40 a 50 horas en promedio, por lo que se debe aplicar un retrolavado o lavado ascensional. | Completa | *Coagulación *Sedimentación *Filtración *Sedimentación |
| | | | Directa (Apropiada solo para aguas claras y poco contaminadas que operan con pre-sedimentadores) | *Mezcla Rápida. *Filtración |
| | Filtración Lenta | Operan con tasas que normalmente varían entre 0,10 y 0,30 m/h, simulan procesos que se efectúan en la naturaleza de forma espontánea | Dependiendo de la calidad del agua y con el tren de procesos se puede remover hasta 500 NTU, y la mayor parte de partículas deben ser en suspensión para que sean removidas con métodos físicos. | *Desarenador. *Pre-sedimentación. *Sedimentación *Filtración gruesa o filtración en grava. *Filtración Lenta |

Fuente: Adaptado de Vargas (2006); Alquiser (2002) citado por Martínez (2012)

Tabla 2.3. Síntesis breve de avances en tecnologías convencionales de potabilización del agua

| Clasificación | Plantas | Características | Según calidad de agua | Procesos de tratamiento |
|---------------|--|---|--|---|
| Tecnología | Convencionales antiguas | Es el sistema más antiguo desde 1910 aproximadamente, las unidades ocupan gran extensión y el decantador de flujo horizontal se diseña con tasas comprendidas entre 10 y 60 m ³ /m ² .d | Completa | *Cribado *Pre oxidación *Coagulación *Floculación *Sedimentación *Filtración *Desinfección. |
| | Convencionales de tecnología apropiada | Son sistemas adaptados a las necesidades del tratamiento del agua cruda. | Según la calidad de agua pueden constituirse en varias unidades. | *Pre- tratamiento, *Desarenadores. *Pre- sedimentadores. *Tratamiento. *Unidad de medición de caudal. *Floculación hidráulica y mecánica. *Decantadores de flujo horizontal. * Filtros de tasa constante. *Desinfección con cloración directa o al vacío u otros. |
| | Tipo Paquete | Son sistemas adaptados a las necesidades del tratamiento del agua cruda y vienen en un solo equipo y trabaja de manera independiente y continua. | Según la cantidad y la calidad de agua. | *Floculación. *Sedimentación * Filtración *Sedimentación * Desinfección |

Fuente: Adaptado de Vargas, (2006); Alquiser (2002) citado por Martínez (2012)

Tabla 2.3. Síntesis breve de avances en tecnologías convencionales de potabilización del agua

| | Tecnología | Aplicación | Manejo | Costo | Limitantes |
|--------------------------------|--------------------------------|---|----------|---|--|
| FILTRACIÓN CONVENCIONAL | Filtros de arena | Sedimentos suspendidos, remoción media de bacterias y materia orgánica. | Sencillo | Bajo de inversión en infraestructura y de manejo, costo elevado de terreno | Remoción de 80 a 90% de bacterias y 60% de materia orgánica, requiere gran superficie |
| | Filtros de tierras diatomáceas | Remoción de Turbiedad y bacterias. | Sencillo | Costo bajo de inversión y manejo | Útiles en caso de poca turbiedad y bajos conteos bacterianos, no retiene materia orgánica. |
| | Filtros de carbón activado | Remoción de materia orgánica y bacterias. Son utilizados cuando se desean remover malos olores, sabores o color desagradable del agua, compuestos orgánicos volátiles, plaguicidas e incluso radón. | Sencillo | Costo bajo de inversión, costo medio de mantenimiento | Generación de residuos, continua renovación del filtro, no remueve bacterias ni nitratos. |
| | Filtros empacados | <p>* Contienen todas las etapas de la filtración montadas en una unidad: adición de reactivos, floculación, sedimentación y filtración.</p> <p>*Tratar agua superficial para la remoción de turbiedad, color y organismos coliformes.</p> <p>*Eficiencia en remoción de partículas suspendidas y hasta el 90% de la flora bacteriana que lleve el agua.</p> | Sencillo | Tamaño compacto de las plantas, efectividad de costo / beneficio, relativa facilidad de uso y operación | <p>* No retienen sustancias orgánicas o metales disueltos en el agua y requieren áreas grandes para la filtración.</p> <p>*Si la turbiedad del agua varía mucho con respecto al tiempo, es necesario que el operador esté atento a ello y tenga la suficiente capacitación para responder a los cambios de calidad del agua entrante</p> |

Fuente: Leal (2010), Environmental Protection Agency [EPA] (1990), EPA (1994).

Tabla 2.3. Síntesis breve de avances en tecnologías convencionales de potabilización del agua

| | Tecnología | Aplicación | Manejo | Costo | Limitantes |
|---------------------|--|--|---|--|--|
| DESINFECCIÓN | Cloro (Gas), y en su forma Líquida y Sólido: Hipoclorito de sodio, Hipoclorito de calcio. | Es muy efectivo para remover casi todos los patógenos microbianos | Sencillo con medidas adicionales de seguridad | Costo bajo de Inversión y medio de mantenimiento | *Generación de subproductos halogenados que se producen cuando reaccionan con la materia orgánica contenida en el agua, *Es muy tóxico y corrosivo. |
| | Cloramina | Es un bactericida efectivo y genera menos subproductos que el uso de cloro | Sencillo con medidas adicionales de seguridad | Costo medio de inversión y mantenimiento | Poder desinfectante limitado. |
| | Ozono | Desinfección en general | Manejo Complejo | Costo elevado de operación | *Escaso poder residual, no mantiene un poder desinfectante residual en el agua, una vez terminada la aplicación. * No produce subproductos halogenados, a menos que el agua contenga bromuros. |
| | Luz ultravioleta | Destruye virus y bacterias | Operación y mantenimiento sencillo | Costo medio de inversión y mantenimiento | * No previene recrecimiento, no genera poder residual. * Su incapacidad de inactivar protozoarios. *Su ineficiencia para tratar aguas turbias con sólidos suspendidos, color o materia orgánica soluble. *Es necesario del uso posterior de cloro, para prevenir el recrecimiento de bacterias. |

Fuente: Leal (2010); Martínez (2012); Vargas (2006).

Tabla 2.3. Síntesis breve de avances en tecnologías convencionales de potabilización del agua

| Tecnología | Aplicación | Manejo | Costo | Limitantes | |
|----------------------------|------------------------|---|---|--|--|
| FILTROS DE MEMBRANA | Microfiltración | *Remoción de sólidos disueltos, algunas especies bacterianas. Es capaz de remover material particulado como arena, arcilla, <i>Giardia</i> , <i>Cryptosporidium</i> , algas y algunas especies bacterianas. | Operación sencilla | Costo moderado de inversión y operación | *Desperdicio de agua, descomposición de la membrana. * No retiene virus. * El uso de desinfectantes químicos después de la filtración implica que se podrán generar subproductos de la cloración |
| | Ultrafiltración | Remueve virus, bacterias y materia orgánica. | Manejo sencillo, posible automatización | Costo elevado de inversión y operación | Desperdicio de agua, descomposición de la membrana |
| | Nanofiltración | Remueve virus, bacterias y materia orgánica. | Manejo sencillo, posible automatización | Costo muy elevado de inversión y operación | Desperdicio de agua, descomposición de la membrana |
| | Osmosis inversa | Remueve virus, bacterias, parásitos, y materia orgánica e inorgánica | | Costo muy elevado de inversión y operación | Desperdicio de agua, descomposición de la membrana, requiere manejo de salmuera |

Fuente: Leal (2010)

Luego de la síntesis de los avances en la tecnologías convencionales para el tratamiento u potabilización del agua (**tabla 2.3**), se evidencia que una planta de tratamiento o potabilización, es una instalación a la que llega una materia prima: **AGUA CRUDA** que, en términos generales, no es apta para consumo humano y sale un producto elaborado: **AGUA POTABLE**, por lo que (Casero, 2006; 2007), la denomina como una auténtica “**fábrica de agua potable**”.

En el caso de estudio, la tecnología para el tratamiento o potabilización del agua es de carácter convencional, y se denomina “planta de potabilización Dr. Enrique Bourgöin”, cuya fuente abastecedora de agua cruda es el río Mucujún y según Aguas de Mérida C.A. (2012a; 2012b), se caracteriza por lo siguiente (se debe resaltar que no se reporta

numeración de las figuras, por ser sólo de indicación al proceso técnico y que permita su visualización):

A. Institución propietaria o administradora: Aguas de Mérida C.A.

B. Fuente de abastecimiento, captación, conducción y acondicionamiento previo.

B.1. Fuente de abastecimiento. Fuente superficial, río Mucujún (aproximadamente 1.100 l/s). En épocas de sequía se compensa el caudal de entrada a la planta con la quebrada la Cuesta (capacidad aproximada de 200 l/s). Esta última en el período de estudio no es aprovechada.

B.2. Tipo de toma. Dique toma. Esta obra de captación se encuentra a unos 2 km aproximadamente, aguas arriba de la planta de potabilización y está ubicado sobre el cauce del río Mucujún.

B.3. Desarenador en el dique toma.



- a) **Número de unidades:** 3
- b) **Largo:** 16 m
- c) **Ancho:** 6,3 m
- d) **Área superficial:** 100,80 m²
- e) **Caudal de diseño:** 1.000 l/s
- f) **Caudal de operación:** 1.200 l/s
- g) **Carga superficial diseño:** 857 m³/m²-d
- h) **Carga superficial operación:** 1028.57 m³/m²-d
- i) **Profundidad útil:** 2,8 m
- j) **Tiempo de retención teórico diseño:** 4.7 min.
- k) **Tiempo de retención teórico operación:** 3.92 min.

B.4. Conducción de agua cruda “Mucujún – Bourgöin”. Esta conducción consiste en una tubería de 900 mm de acero de unos 2080 m de longitud y que salva un desnivel topográfico de 82 m entre la cámara de la obra de toma y la entrada a la planta. El caudal máximo que conduce la tubería actualmente, no es superior a los 1.200 l/seg, la capacidad teórica es de 3.314 l/seg.

C. Calidad de la fuente. Aguas de Mérida C.A., realiza monitoreo continuo del agua cruda, y evalúa con frecuencia parámetros físico – químicos y bacteriológicos que han presentado fluctuaciones notables durante el período 2008 -2012 (esto se detallará en capítulo 5), debido a la intervención y crecimiento acelerada de la población aguas arriba del dique – toma o captación, por ende la cobertura y uso de la tierra en la sub-cuenca del río Mucujún, se refleja directamente en la calidad de agua cruda que se

aprovecha y que incide en los procesos de tratamiento y en el incremento exponencial de gastos en sustancias químicas.

D. Características de la planta.

D.1. Caudal de la planta: 900 l/s

D.1.1. Caudal de diseño: 800 l/s

D.1.2. Caudal máximo con el que opera la planta: 1.100 l/s

D.1.3. Caudal mínimo con el que opera la planta: 750 l/s

D.2. Tipo de planta: Convencional modificada

D.2.1. Año de construcción de la planta: 1973.

D.2.2. Año(s) de rehabilitación/ampliación. Durante los años 80 se incluyó un tren de tratamiento completo para operar bajo la modalidad convencional, con el siguiente diagrama de flujo:

Aducción → Mezcla rápida mecánica → Mezcla lenta mecánica → Sedimentadores de alta rata → Filtros → tanque de almacenamiento.

Para el año 1998, se incluyeron dos (02) unidades filtrantes adicionales para un total de ocho (08). Para el año 1999, la empresa Tahal Consulting Engineers, Ltd, comienza a proyectar la rehabilitación de la planta, cuyas obras comenzaron finalmente en el año 2002 e incluyeron lo siguiente: sustitución de la mezcla rápida mecánica (agitadores) por una mezcla rápida hidráulica (canal parshall), construcción del by-pass para filtración directa, sustitución de los agitadores de las unidades de mezcla lenta, obras en los sedimentadores (apertura de orificios en la zona de entrada, sustitución de las placas para alta rata por colmenas plásticas de ducto hexagonal, sustitución de los vertederos de canaleta por tubos perforados, ampliación de la longitud y altura de la canaleta perimetral recolectora de agua clarificada), sustitución del lecho de los filtros y mejoras en los fondos y muros de los filtros 2 y 3. Se vuelve a adoptar la modalidad filtración directa para los casos, épocas o períodos del año en que la calidad del agua cruda lo permita quedando el diagrama de flujo de la planta de la siguiente manera:

Aducción → Mezcla rápida hidráulica (Parshall) → By-pass → Filtros → tanque de almacenamiento.

Cuando la calidad del agua cruda no permita operar en filtración directa, se opera bajo la modalidad convencional completa según el siguiente diagrama de flujo:

Aducción → Mezcla rápida hidráulica (Parshall) → Mezcla lenta mecánica → Sedimentadores de alta rata → Filtros → tanque de almacenamiento.

D.3. Descripción general

D.3.1- Medidor de caudal. Macromedidor de caudal Panametrics, modelo PT868.
Número de unidades: 1.

D.3.2. Desbaste:



Fuente: Aguas de Mérida C.A. (2012a)

Imagen 2.11. Área de desbaste entrada a planta de potabilización

D.3.3. Mezcla rápida. Tipo: Hidráulica.



- a) Número de unidades: 1
- b) Largo: 5,35 m
- c) Ancho: 2,00 m
- d) Profundidad útil: 4,85 m
- e) Tiempo de retención teórico de diseño: 1 min.

D.3.4. Mezcla lenta. Tipo: Mecánico



- a) Número de unidades: 02
- b) Largo: 6,0 m
- c) Ancho: 4,73 m
- d) Profundidad útil: 5,14 m
- e) Caudal a cada uno de los dos floculadores: 400 l/s
- f) Tiempo de retención teórico de diseño: 6 min.
- g) Tiempo de retención teórico de operación: 5,33 min.

D.3.5. Sedimentadores.



- a) **Tipo:** De alta rata
- b) **Número de unidades:** 02
- c) **Largo:** 36,0 m
- d) **Ancho:** 5,30 m.
- e) **Profundidad útil:** 4,80 m
- f) **Área superficial de cada unidad:** 190,80 m²
- g) **Caudal que entra a cada uno de los dos sedimentadores:** 400 l/s.
- h) **Tiempo de retención hidráulica en cada sedimentador:** 38,16 min.
- i) **Tasa desbordamiento superficial de diseño:** 181 m³/ m²-d
- j) **Tasa desbordamiento superficial de operación:** 203,8 m³/ m²-d
- k) **Longitud total de vertederos de cada unidad:** 77,76 m
- l) **Carga de diseño sobre los vertederos de cada sedimentador:** 18,50 m³/h-v_{vertedero}
- m) **Carga de operación sobre vertedero:** 20,83 m³/h-v_{vertedero}

D.3.6. Desarenadores.



- a) **Número de unidades:** 2
- b) **Largo:** 19,60 m
- c) **Ancho:** 5,60 m
- d) **Área superficial:** 109,76 m²

D.3.7. Filtros.



- a) **Tipo de filtro:** De flujo descendente y alta tasa.
- b) **Número de unidades y dimensiones:** 08.
L=8,38m. A= 6,16m Profundidad = 4,59m
- c) **Tipo de lecho filtrante:** Dual
- d) **Área de filtración:** 51,62 m²
- e) **Tasa de filtración promedio de diseño:** 167,4 m³/ m² -d
- f) **Tasa de filtración promedio de operación:** 188,3 m³/ m² -d

D.3.8. Dosificación.

- a) **Coagulantes:** Sulfato de Aluminio.

Número y tipo de dosificador: Dos (02) Wallace and Tiernan de planta cuadrada, cuyas dimensiones del tanque de disolución son de 60 cm *60 cm * 40 cm de profundidad para un volumen de 144 litros aproximadamente. Estos dosificadores tienen un tornillo de paso para agregar el sólido al tanque de disolución y la cantidad por unidad de tiempo se fija mediante un dial que tiene una escala de 0 a 10 (sin unidades) que también hay que calibrar previo a su uso y un tornillo de seguridad que lo fija en el

valor deseado y dos (02) dosificadores modelo similar al BIF Omega Universal, dosificadores son cilíndricos y las dimensiones de sus tanques de disolución son de 70 cm de profundidad con un diámetro de 60 cm para un volumen de 198 litros aproximadamente. Estos dosificadores tienen tolvas con bandejas de posición ajustable para agregar el sólido al tanque de disolución y la cantidad por unidad de tiempo se fija mediante un tornillo micrométrico lateral que tiene una escala de 0 a 30 (sin unidades) que hay que calibrar previo a su uso.

Punto de aplicación: Garganta del canal parshall.

b) Modificador de pH.

Sustancia química: Hidróxido de Calcio.

Número y tipo de dosificador: Es similar al BIF Omega Universal, estos dos (02) dosificadores son cilíndricos y las dimensiones de sus tanques de disolución son de 70 cm de profundidad con un diámetro de 60 cm para un volumen de 198 litros aproximadamente. Estos dosificadores tienen tolvas con bandejas de posición ajustable para agregar el sólido al tanque de disolución y la cantidad por unidad de tiempo se fija mediante un tornillo micrométrico lateral que tiene una escala de 0 a 30 (sin unidades) que hay que calibrar previo a su uso.

Punto de aplicación: Garganta del canal parshall.



Fuente: Aguas de Mérida C.A. (2012a)

Imagen 2.12. Dosificadores de la planta de potabilización Dr. Enrique Bourgöin

D.3.9. Cloración.

Tipo de envases: De inyección al vacío.

Número y tipo de cloradores: Dos (02) Wallace and Tierna, modelo V-Match, cada clorado cuenta con un indicador de aguja que muestra la presión del gas cloro en dos (02) escalas diferentes: 0-200 psi y 0-14 kg/cm², así mismo cuentan con un indicador de aguja que muestran la presión de succión (vacío) del agua en dos (02) escalas diferentes: 0-30 cm Hg y de 0-76 cm Hg y un rotámetro que mide el flujo másico de gas cloro en una escala de 100 a 2000 ± 50 libras cloro/24 horas.



Fuente: Aguas de Mérida C.A. (2012a)

Imagen 2.13. Sistema de cloración de la planta de potabilización Dr. Enrique Bourgöin

E. Calidad del agua potable

Al culminar el proceso de tratamiento para lograr obtener agua potable, los registros de Aguas de Mérida C.A., reportan lo siguiente:

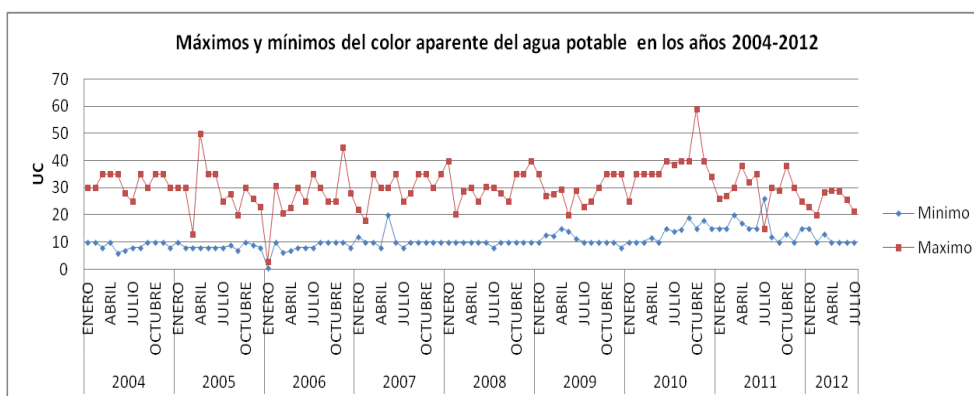
E.1. Turbiedad. Aguas de Mérida C.A. reporta que al comparar los resultados obtenidos en el análisis de muestras de agua cruda, los valores para la turbiedad promedio del agua potable han disminuido con respecto al agua cruda, debido al tratamiento con sustancias químicas y los procesos de sedimentación. Además, se puede observar que todos los valores promedio cumplen con el valor máximo permisible para turbiedad (5 UNT) según la Gaceta Oficial N° 36.395 de la República Bolivariana de Venezuela (imagen 2.14).



Fuente: Aguas de Mérida C.A. (2012 a; 2012b)

Imagen 2.14. Turbiedad promedio agua potable medido en la planta de potabilización Dr. Enrique Bourgöin

E.2. Color aparente. El color aparente promedio del agua cruda ha disminuido debido al tratamiento con sustancias químicas en los procesos de sedimentación y filtración. Sin embargo, la mayoría de los valores se encuentran entre (15 UC-20 UC), superando el valor máximo permisible (15 UC) según la Gaceta Oficial N° 36.395 de la República Bolivariana de Venezuela.



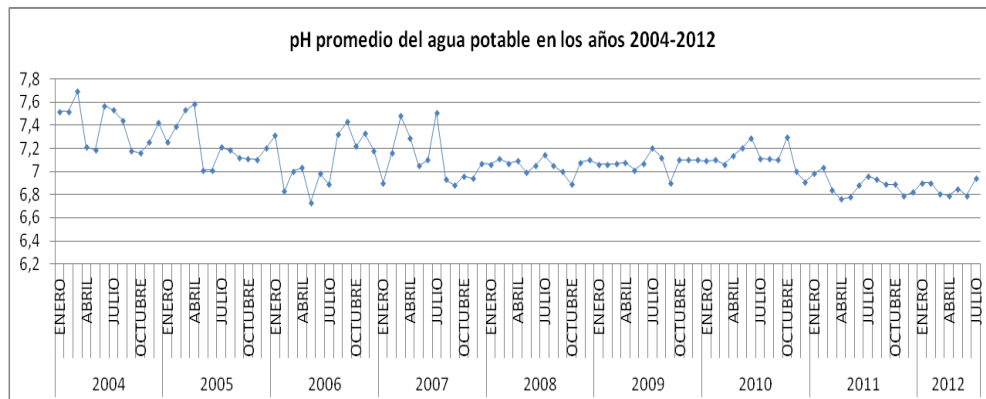
Fuente: Aguas de Mérida C.A. (2012 a; 2012b)

Imagen 2.15. Color aparente en agua potable medido en la planta de potabilización Dr. Enrique Bourgöin

Entre las causas que originan valores para el color aparente promedio del agua potable superiores a 15 UC, en el período evaluado, se encuentran:

1. El método para la determinación del color es de comparación visual con soluciones patrones coloreados, esto introduce un error humano y menor precisión en los análisis.
2. Las pérdidas de carga de los filtro son de mayor recurrencia con respecto a los años anteriores, por lo que se afecta el funcionamiento de los filtros que permite remoción de material disuelto, para los que se requiere el estudio del espesor de las capas filtrantes y las pérdidas del mismo.
3. Los motores de mezcla lenta que favorecen la formación del flóculo no están en funcionamiento, lo que incide en la presencia de material suspendido y puede reducir la eficiencia del proceso de filtración.

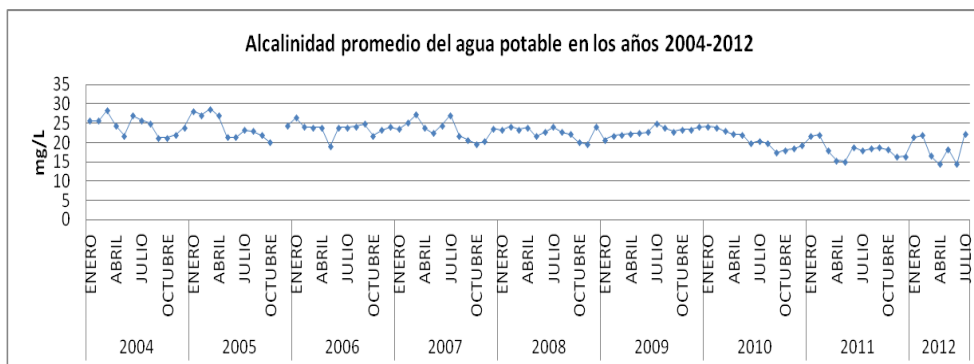
E.3. pH. El pH promedio del agua potable medido en el período 2004-2012, está dentro del rango deseable para este parámetro (6,5-8,5).



Fuente: Aguas de Mérida C.A. (2012 a; 2012b)

Imagen 2.16. pH promedio en agua potable medido en la planta de potabilización Dr. Enrique Bourgoin.

E.4. Alcalinidad. La alcalinidad promedio se encuentra entre los valores de 14,4 mg/l y 28,71 mg/l, como se observa en la imagen 2.17; en los meses de enero a junio de 2012, el agua potable no muestra cambios bruscos o repentinos en el contenido de la alcalinidad, lo cual indica que no hay un cambio en la calidad del agua.



Fuente: Aguas de Mérida C.A. (2012 a; 2012b)

Imagen 2.17. Alcalinidad promedio en agua potable medido en la planta de potabilización Dr. Enrique Bourgöin

E.5. Cloro residual. Desde agosto del año 2006, se ha producido un incremento de cloro residual en el agua potable desde 1 mg/l hasta 1.5 mg/l (mayor al máximo aceptable de 1 mg/l establecido en la Gaceta 36.395 de la República Bolivariana de Venezuela), por los recorridos adicionales que debe seguir el agua potable para llegar a nuevos suscriptores. Este valor se mantiene constante hasta la presente fecha, para garantizar que luego del recorrido del agua potable por la red de distribución, ésta llegue a los consumidores de los puntos más alejados de la red con la concentración de 0.3 mg/l que se encuentra dentro de los límites establecidos por la Organización Mundial de La Salud (0,2mg/l-0,5mg/l). Debido al tratamiento de desinfección que se realiza al agua cruda, se obtiene que los coliformes totales y fecales presentes en el agua potable para los años 2004-2012, sean nulos (imagen 2.18).



Fuente: Aguas de Mérida C.A. (2012a; 2012b)

Imagen 2.18. Cloro residual promedio en agua potable medidos en la planta de potabilización Dr. Enrique Bourgöin

Por lo antes expuesto, es que cada día, se innova en el diseño y en la construcción de los sistemas de abastecimiento de agua, con el fin de garantizar el acceso al agua potable en las ciudades y en busca de suministrar agua en forma continua, con presión y calidad suficiente, a fin de satisfacer las necesidades de la población, se genere confort y se contribuya al Desarrollo Sostenible de la sociedad.

Ante tales hechos, en la evolución del abastecimiento de agua para las poblaciones, se han evidenciado desde criterios empíricos hasta los avances técnico – científicos, por lo que en la actualidad se vienen implementando criterios básicos para el diseño del sistema de abastecimiento de agua, a fin de garantizar la sostenibilidad y sustentabilidad en el tiempo, estos se reseñan brevemente basados en el autor Arocha (1980) y López (1997), a continuación:

a. Cifras de consumo de agua. Se asignan cifras para las dotaciones de agua tomando en cuenta el uso de la tierra, la zonificación, y en otros casos las características de la población, expresándolas en litros/día/parcela, litros/persona/día, o, en caso de industrias en función del tipo y de la unidad de producción. Para ello, se tienen en cuenta factores que pudiesen llegar afectar el consumo:

- **Tipo de comunidad:** Una comunidad o zona está constituida por sectores residenciales, comerciales, industriales y recreacionales, cuya composición porcentual es variable en cada caso, y permite fijar los tipos de consumo:
 - Doméstico,
 - Comercial o Industrial
 - Consumo Público: riego de áreas verdes y parques.
 - Consumo por pérdida en la red: deterioro de materiales y accesorios (válvulas, conexiones), puede llegar a representar el 10 a 15% del consumo total.
- **Económicos – Sociales.** Este factor puede evidenciarse a través del tipo de vivienda, para ello cada región debe contar con estudios especializados.
- **Meteorológicos.** Los consumos de agua de una región varían a lo largo del año de acuerdo a la temperatura ambiental y a la distribución de las lluvias.
- **Tamaño de la comunidad.**

Además, existen otros factores que podrían influir en el consumo como la calidad de agua, eficiencia del servicio y utilización de medidas de control y medición del agua.

b. Variaciones periódicas de los consumos e influencias en las diversas partes del sistema. La finalidad de un sistema de abastecimiento de agua, es la de suministrar agua a una comunidad en forma continua y con presión suficiente, a fin de satisfacer razones sanitarias, sociales, económicas y de confort, propiciando así su desarrollo, para ello se requiere que la fuente abastecedora de agua sea capaz de suplir el agua para el día más crítico. Esto implica el conocimiento cabal del funcionamiento del sistema

de acuerdo las variaciones en los consumos de agua que ocurrirán para diferentes momentos durante el período de diseño previsto, ya que los consumos de agua de una localidad muestran variaciones estacionales, mensuales, diarias y horarias. Estas variaciones pueden expresarse en función porcentual del caudal medio (Q_m) y se parte de la presunción de que en épocas de lluvia, las comunidades demandan menores cantidades de agua del acueducto que en época de sequía. Asimismo, durante una semana cualquiera observaremos que en forma cíclica, ocurren días de máximo consumo (generalmente lunes) y días de mínimo consumo (generalmente el domingo).

Por lo antes señalado, el sistema de acueducto a fin de brindar un servicio continuo y eficiente debe considerar estos factores en el diseño, ampliación y extensión, por lo que es indispensable, en la actualidad conocer:

- **Caudal /consumo medio diario.** Es el promedio de los consumos diarios durante un año de registros, y es la base para la estimación del caudal máximo diario y del máximo horario, expresándolos en litros/segundos, y puede estimarse como:
 - a) *La sumatoria de las dotaciones asignadas a cada parcela en atención a su zonificación de acuerdo al plano regulador de la ciudad.*
 - b) *El resultado de la estimación de consumo per cápita para la población futura del período de diseño.*
 - c) *Como promedio de los consumos diarios registrados en una localidad durante un año de mediciones consecutivas.*

Por lo general, se emplea la fórmula siguiente (Ec. 1):

$$Q \text{ promedio} = \frac{\text{Consumo (Litros/habitante.día)} * \text{Población (habitantes)}}{86.400} \quad \text{Ecu: 2.1}$$

- **Caudal /consumo máximo diario.** Es la demanda máxima que se presenta en un día del año, por tanto, representa el día de máximo o mayor consumo de una serie de registros observados durante los 365 días de un año y se calcula con la siguiente expresión:

$$Q \text{ máximo diario} = 1,2 * Q \text{ promedio} \quad \text{Ecu: 2.2}$$

- **Consumo máximo horario.** Corresponde a la demanda máxima que se presenta en una hora durante un año completo, es decir, es la hora de máximo consumo del día de máximo consumo, y en general se determina con las ecuaciones siguientes (Ecu:3 y Ecu:4):

$$Q \text{ máximo horario} = 1,8 * Q \text{ promedio} \quad \text{Ecu: 2.3}$$

$$Q \text{ máximo diario} = 1,5 * Q \text{ máximo diario} \quad \text{Ecu: 2.4}$$

El factor de ponderación dependerá del número de habitantes, según los estudios que se realicen en cada país.

c. Períodos de diseño y vida útil de la estructura. El sistema de abastecimiento de agua se proyecta de modo de atender las necesidades de la población durante un período (tabla 2.4), donde el sistema será eficiente ya sea por la conducción del gasto deseado o por la resistencia física de las instalaciones; para su determinación se considera lo siguiente:

- **Tendencias de crecimiento de la población.** Un sistema de abastecimiento de agua debe ser capaz de propiciar y estimular el desarrollo, no de frenarlo, pero el acueducto es un servicio cuyos costos deben ser retribuidos por los beneficiarios, por lo que es conveniente elegir períodos de diseño largos y estimar la población futura a beneficiar. A continuación se indican algunos rangos de valores asignados por este autor a los diversos componentes de los sistemas de abastecimientos de agua:

Tabla 2.4. Períodos de diseño por componente de un sistema de abastecimiento de agua potable

| Componente | | Período de diseño |
|---|------------------|--|
| Fuentes Abastecedoras | Superficiales | a) Sin regulación. Debe proveer u aportar un caudal mínimo de 20 a 30 años. b) Con regulación. La capacidad del embalse debe basarse en registros de escorrentía de 20 a 30 años. |
| | Subterráneas | Debe ser capaz de satisfacer la demanda para una población futura de 20 a 30 años. Y su aprovechamiento puede ser por etapas. |
| Captación | Dique- toma | 15-25 años |
| | Dique- represa | 30 – 50 años |
| Estaciones de bombeo | Bombas y motores | 10 -15 años |
| | Instalaciones | 20 – 25 años |
| Líneas de aducción | | 20 – 40 años |
| Plantas de tratamiento (Potabilización) | | 10 – 15 años con posibilidades de ampliaciones futuras para periodos similares |
| Estanques de Almacenamiento | De concreto | 30 – 40 años |
| | Metálicos | 20 – 30 años |
| Redes de Distribución | | Se estiman periodos de diseño de 20 años, pero cuando la magnitud de la obra 10 justifique estos periodos pueden hacerse mayores: 30 a 40 años. |

Fuente: adaptado de Arocha (1980; 1997)

- **Durabilidad o vida útil de las instalaciones.** Dependerá de la resistencia física del material a factores adversos por desgaste u obsolescencia. Todo material se deteriora con el uso y con el tiempo, pero su resistencia a los esfuerzos y daños a los cuales estará sometido es variable, dependiendo de las características del material empleado ya que cada componente del sistema de abastecimiento de agua es compleja.
- **Facilidades de construcción y posibilidades de ampliaciones y sustituciones.** La fijación de un período de diseño está íntimamente ligado a factores económicos estará regido por la dificultad ó facilidad de su construcción (costos), que inducirán mayores

o menores períodos de inversiones nuevas, para atender las demandas que el crecimiento poblacional obliga. Asimismo, puede entenderse que existen componentes del sistema que pueden construirse por etapas, previendo su desarrollo con el crecimiento de la demanda, pero que no necesariamente representan una unidad indivisible desde su inicio.

- **Posibilidades de financiamiento.** Los sistemas de abastecimiento de agua potable requieren inversiones cuantiosas por lo que es un factor a considerar en la planificación para garantizar el acceso al agua a las poblaciones de las ciudades.

d. Clases de tuberías y materiales a utilizar. En los proyectos de acueducto, intervienen las tuberías como elementos principales del sistema y su selección dependerá del criterio de diseño, del costo y de la disponibilidad en el mercado. En este caso, se denota la evolución en el uso de materiales desde la antigüedad, ya que en la modernidad, se emplean en las conducciones y redes de distribución materiales que permiten su utilización de acuerdo a sus características, propiedades y riesgos que soportar (fragilidad, grado de corrosividad, flexibilidad, peso, rugosidad). Por ello, es que las tuberías frecuentemente utilizadas para la construcción de los sistemas de abastecimiento de agua potable son tuberías de hierro fundido (HF), hierro fundido dúctil (HFD), acero galvanizado, policloruro de vinilo (PVC), ya en desuso, las tuberías de asbesto cemento. Es importante resaltar que el diámetro y espesor de la tubería dependerá de los cálculos hidráulicos y las presiones correspondientes, para ello las clases de tubería se definirán según las Normas ASTM (American Society for Testing and Materials); AWWA (American Water Works Association); y ISO (International Organization for Standardization). Todo lo indicado garantizará un sistema eficiente y continuo de agua en cantidad y presión adecuadas, en busca de no provocar incomodidades por excesiva presión y daños en las instalaciones domiciliarias, además, que no se generen problemas de salud pública por los materiales utilizados como aconteció en la antigüedad con las tuberías de plomo.

Por lo antes descrito, y de acuerdo a lo planteado por los autores Benavides (2010) y Del Olmo (2014), se concluye que:

- Las redes de suministro de agua potable representan uno de los activos más importantes de las empresas prestadoras de servicios públicos. Por lo tanto, es de primordial interés contar con una serie de tecnologías que permitan gestionar eficientemente las tareas de operación, mantenimiento y rehabilitación de estas infraestructuras.
- En general, se ha observado como las empresas prestadoras de estos servicios en países desarrollados han pasado de una estrategia reactiva a una estrategia preventiva en la gestión del mantenimiento de su infraestructura. Este cambio va asociado al énfasis actual que estos operadores tienen sobre el mantenimiento y conservación de las redes que en promedio sobrepasan los cuarenta años de construcción.

Es de interés resaltar que en el pasado, el objetivo primordial era lograr la cobertura total o casi total de la población abarcando cuatro etapas: producción de agua potable, distribución de agua potable, recolección de aguas residuales, tratamiento y disposición de aguas residuales. Hoy día el desafío incluye, el mantener esa infraestructura en capacidad de cumplir su función en el tiempo, garantizando un equilibrio entre las generaciones actuales y futuras.

- Este cambio en la estrategia de mantenimiento, ha tenido varias motivaciones de orden económico, ambiental y social. Por una parte existe una mayor conciencia respecto a la eficiencia económica de la realización de medidas de mantenimiento de carácter preventivo. Por otro lado, la mejora en el nivel de vida de la población conlleva a una mayor preocupación en temas, como la seguridad en la continuidad de la prestación del servicio y en la protección de los recursos hídricos. Consecuencia de esto último, son cambios en las disposiciones legales vigentes, las cuales se caracterizan por una elevación del nivel de exigencia en calidad del servicio a los operadores de los sistemas de abastecimiento de agua “acueducto”.

Por lo antes mencionado, **la evolución de los sistemas de abastecimiento de agua para las poblaciones, reflejan que los criterios de diseño han incorporado variables ambientales y que todo tipo de acueducto es dinámico de acuerdo al crecimiento urbano, por lo que su diseño y operatividad se debe adecuar constantemente a los requerimientos reales del núcleo urbano, a fin de garantizar el acceso seguro del agua potable (*cantidad, calidad, continuidad*) y así enfrentar problemas de escasez del agua que implica *estrés, déficit y crisis hídrica*, por lo que el dinamismo obliga a la revisión continua de las condiciones, ajuste o modificación de los diversos componentes del sistema de abastecimiento existentes para prestar un servicio adecuado y sostenible en el tiempo.**

En este contexto, esta investigación en el desarrollo de la propuesta metodológica para evaluar el desempeño y la sostenibilidad de la gestión del agua potable, se planteó la incorporación de variables relevantes que abarquen desde la disponibilidad y captación en la cuenca abastecedora a través de fuentes superficiales no reguladas (1), potabilización (2), almacenamiento (3) y distribución (4) para la dotación del recurso natural transformado en agua potable a ciudadanos en ámbitos urbanos para uso doméstico (imagen 2.19).

Todo ello en busca de integrar de manera sistémica e integral en los entes prestadores o proveedores del servicio, como pilares de la organización, **la gestión sostenible del agua** en una primera etapa del ciclo y **a posterior en futuras líneas de investigación**, se pueda **desarrollar una metodología que evalúe la sostenibilidad del recurso hídrico en cuencas hidrográficas de montaña**, motivado a que los problemas ambientales y los conflictos de uso del agua y tierra, tienden a afectar el recurso hídrico (cantidad, calidad y régimen hídrico), y por ende, limita el acceso al agua potable de las poblacio-

nes de ámbitos urbanos pudiendo detonar problemas de escasez que implica estrés, déficit y crisis hídrica.



Fuente: Adaptado de Asociación Nacional de Empresas de Agua y Saneamiento de México [ANEAS]. (2010)

Imagen 2.19. Ciclo urbano del agua

Esta última situación descrita, se evidenció a partir de la revolución industrial, donde se presentaron numerosos problemas ambientales como la sobreexplotación, contaminación del recurso agua y enfermedades de origen hídrico en la humanidad, que hacen que los sistemas de abastecimiento de agua potable para las poblaciones de ámbitos urbanos sean insostenibles en el tiempo, ya que la dinámica ocurre en forma acelerada y la variación de los factores ambientales tiende a incrementarse, ocasionando que los sistemas de abastecimiento de agua potable no funcionen adecuadamente y los costos de trenes tratamiento tiendan a incrementarse, ya que las condiciones de diseño y tecnología de potabilización no se ajustan de inmediato a las nuevas realidades de conflictos de uso del agua y tierra en las cuencas hidrográficas de montaña.

En este sentido, desde el año 1948, el acceso a los servicios de agua potable, se considera una necesidad básica humana y un derecho fundamental, y en busca de la sostenibilidad de la gestión del agua potable para ámbitos urbanos, situación que se ha hecho hincapié continuamente en Declaraciones y acuerdos Internacionales entorno al recurso hídrico (ver sección 2.4.3).

2.4.3. Breve reseña de políticas, declaraciones y acuerdos internacionales en torno al recurso hídrico con énfasis al acceso al agua potable para consumo humano

Desde sus orígenes, la Humanidad ha tenido la capacidad de alterar la naturaleza. Sin embargo, fue en el período de la Revolución Industrial cuando más aumentaron las dinámicas de producción y los desarrollos científicos y tecnológicos, hasta el punto de superar los límites de producción en el entorno.

En la década de los años setenta se inició una preocupación mundial por los recursos naturales y su rápida disminución, escasez y extinción en algunas áreas geográficas del planeta. Como consecuencia, se llevó a cabo una serie de convenciones en las que se reunieron gobernantes de países desarrollados y en desarrollo, para establecer acuerdos internacionales sobre el manejo responsable de los recursos naturales (Díaz, 2009).

Por lo que, en la tabla 2.5, 2.6 y 2.7, se presenta breve síntesis de las Declaraciones y Acuerdos Internacionales en torno al recurso agua, que se obtiene tras una revisión documental de los hitos más relevantes durante el **período 1948 – 2016** (imagen 2.20), ya que estos eventos internacionales han influido en la transformación progresiva de la gestión del recurso hídrico y su vinculación específica con el **producto y servicio agua potable**.



Fuente: Elaboración propia (2015)

Imagen 2.20. Períodos de estudio de las declaraciones y acuerdos internacionales en torno al recurso agua

Por lo tanto, es de interés conocer su evolución durante el ciclo de **sesenta y ocho años**, en vista de que la Humanidad desde sus orígenes ha tenido la capacidad de alterar el sistema ambiental, y con mayor aceleración, durante la revolución industrial y tecnológica que han superado las tasa de renovación y carga de asimilación de los recursos naturales en sus diferentes ciclos biogeoquímicos, lo que viene incrementando la preocupación por el **deterioro continuo del recurso hídrico y su relación con el acceso de la población al agua potable ante los problemas de estrés, déficit y crisis hídrica**, y por ende su escasez física y económica.

Ante lo expuesto anteriormente, esta sección del capítulo 2, contribuyó en tener una visión global de las políticas, planes, programas, proyectos, servicios y productos en el contexto internacional, y con la mirada retrospectiva y prospectiva de las mismas, se buscó interrelacionar la sostenibilidad y sustentabilidad del recurso hídrico y las organizaciones prestadoras o proveedoras del servicio de agua potable, ya que el agua transformada en potable, **es un recurso estratégico para el desarrollo de los asentamientos humanos** y su acceso se constituye en los derechos económicos, sociales y culturales, mediante la creación de condiciones de accesibilidad, calidad y preservación por parte de la sociedad, por lo que representa uno de los cimientos del Desarrollo Sostenible.

Tabla 2.5. Síntesis de las declaraciones y acuerdos internacionales en torno al recurso agua, durante el período 1948 – 1980

| Año | Evento | Declaraciones y acuerdos internacionales |
|------|---|---|
| 1948 | Declaración Universal de Los Derechos Humanos de las Naciones Unidas. | El acceso a los servicios de agua potable y saneamiento es una necesidad básica humana y como tal es considerado un derecho fundamental. |
| 1972 | Conferencia de Las Naciones Unidas sobre el medio Humano, Estocolmo. | Los temas principales de la Declaración giran en torno al tema “Preservación y mejora del medio ambiente humano” y manifiestan: <i>«Se ha llegado a una situación histórica en la que debemos configurar cuidadosamente todas nuestras actividades en el mundo, por sus consecuencias medioambientales».</i> |
| 1977 | Conferencia de las Naciones Unidas sobre Agua en Mar de Plata. | Es la primera reunión internacional organizada por las Naciones Unidas en la que el abastecimiento de agua y el saneamiento tuvo un papel preponderante, toda vez que se acordó: <i>«Todos los pueblos tienen derecho al acceso al agua potable para satisfacer sus necesidades básicas».</i> Como consecuencia de este planteamiento, se asumió que la década de 1980-1990 , se calificará como el <i>Decenio Internacional del Agua Potable y del Saneamiento Ambiental</i> , con el fin de conseguir en ese periodo el acceso universal a ambos servicios. En esta Conferencia, se realizó un análisis exhaustivo de la problemática general de los recursos hídricos, a la vez que se propusieron toda una serie de soluciones y recomendaciones que se concretaron en el Plan de Acción que contempló: a) evaluación de los recursos hídricos, b) eficiencia en la utilización del agua, c) medio ambiente, salud y lucha contra la contaminación, d) políticas, planificación y ordenación, e) riesgos naturales; f) información y cooperación (Comisión Económica para América Latina y El Caribe [CEPAL], 1998). |
| 1979 | Convención sobre la eliminación de todas las formas de Discriminación contra la mujer (Cedaw) | La Convención establece una agenda para terminar con la discriminación contra la mujer y hace explícitamente referencia en su contenido al agua. El artículo 14(2), (h) estipula que: <i>«Los estados parte [...], le asegurarán el derecho a: [...] (h) Gozar de condiciones de vida adecuadas, particularmente en las esferas de la vivienda, los servicios de saneamiento, la electricidad y el abastecimiento de agua, [...]».</i> |
| 1980 | Inicio del Decenio Internacional del Agua Potable y el Saneamiento (DIAAPS) | <i>«El objetivo del decenio fue que a finales de 1990 todo el mundo dispusiera de un abastecimiento adecuado de agua [...]»</i> , orientó sus esfuerzos a ampliar el acceso a los servicios de agua potable y saneamiento para los grupos más desposeídos de la sociedad. |

Fuente: Compilación de CEPAL (1998), ONU (1977 -2015), World Water Council [WWC], (2009), Organización Mundial de la Salud [OMS] & Organización Panamericana de la Salud [OPS] (2001), Fundación Canal (2012), WWAP (2010).

La Conferencia de Mar del Plata, Argentina, realizada en el año 1977, marcó el comienzo de una serie de actividades globales en torno al agua, y el sector del abastecimiento de agua potable y el saneamiento, ha sido tenido en cuenta con mayor asiduidad en el contexto de la cooperación internacional, lo que permitió impulsar diversos debates y reflexiones en torno a tres elementos expuestos en la imagen 2.21:



Fuente: adaptado de CEPAL (1998)

Imagen 2.21. Algunas actividades del plan de acción de la Conferencia de Mar de Plata vinculantes a la investigación

Estos análisis exhaustivos realizados por expertos y representantes gubernamentales para el año 1977, se reportan en informe publicado por CEPAL (1998) citado por Fundación Canal (2012), y señalan que:

- Existe un déficit en el conocimiento de la cantidad y calidad de los datos hidrológicos, hidrometeorológicos e hidrogeológicos, lo que se denotó como una clara limitación en cualquier proceso de planificación.
- Se identificó la necesidad de disponer de instrumentos adecuados para mejorar la utilización del agua de forma eficiente y equitativa, garantizando la protección del recurso y de los ecosistemas.
- Se detectó la necesidad de realizar la regulación y distribución del recurso de forma eficiente y eficaz, para lo que se recomendó caracterizar y evaluar las demandas y usos del agua en diversos horizontes, con el fin de sentar las bases de futuras planificaciones; así, **se contemplaron individualmente los sistemas públicos de suministro de agua** y eliminación de residuos y los usos asociados a la agricultura, pesquerías, industria, energía hidroeléctrica y navegación interior.
- Se evidencia la necesidad de formular, a nivel nacional, políticas en relación con el uso, la ordenación y conservación del agua, como marco para la planificación y

ejecución de programas y medidas concretas para la ejecución de los planes. Para viabilizar lo anterior, se detectó la necesidad de actuar a nivel institucional y legislativo. También se resaltaron los aspectos relacionados con la participación pública en todo el proceso.

Esta evaluación del recurso hídrico realizada en el año 1977, da indicios de primeras respuesta a la tesis doctoral y que resultó de interés interrelacionar la cuenca hidrográfica como fuente abastecedora (disponibilidad de agua) y la necesidad de realizar la regulación y distribución del recurso de forma eficiente y eficaz para cubrir la demanda de la población para consumo humano, a fin de garantizar la utilización del agua de forma equitativa sin provocar sobreexplotación del recurso hídrico y garantizar su protección, pudiéndose lograr con una planificación y gestión ambiental sostenible.

Además, fue un hito relevante la declaración del **Decenio Internacional del Agua Potable y del Saneamiento**, el cual los estados miembros deberían *«asumir el compromiso de lograr una mejora sustancial en las normas y los niveles de los servicios de suministro de agua potable y saneamiento ambiental para el año 1990»*, lo que representaría un cambio de escenario en la situación entonces imperante de las coberturas del abastecimiento y el saneamiento a nivel global, en la medida en la que se asumió el reto de conseguir en el año 1990 el acceso universal a estos servicios (ONU, 1980).

Según el informe presentado en el **6º Foro “Agua para el Desarrollo [...]”** y publicado por Fundación Canal de España en el año 2012, se indicó que:

[...] La inversión total realizada durante el Decenio, alcanzó la cifra de 74.000 millones de dólares, y sólo fue el 25% de la que inicialmente se estimó como necesaria para conseguir el acceso universal al abastecimiento y saneamiento (Carter, 1993 citado por Fundación Canal, 2012); a pesar de este notable desfase, o en parte por el mismo, lo cierto es que al finalizar los años ochenta las coberturas del abastecimiento de agua a nivel mundial alcanzaban el 76%, y el 49% las de saneamiento (JMP, 2012), lejos del acceso universal pretendido. Es más, durante el Decenio se comprobó que un número significativo de los sistemas construidos dejaban de estar operativos transcurridos algunos años después de su ejecución por fallos en el mantenimiento y conservación de las infraestructuras; es decir, aunque se habían experimentado avances notables en las coberturas, la sostenibilidad de los sistemas estaba cuestionada [...].

Por lo antes expuesto, este Decenio aportó una ampliación substancial del suministro de servicios básicos para las poblaciones pobres y han mostrado la magnitud de la tarea a realizar, y la necesidad de efectuar una enorme expansión en el suministro básico de agua y de servicios sanitarios para cubrir los requisitos actuales y los del futuro próximo (WWAP, 2003).

Esta situación da indicios que para atender los problemas de escasez física y económica del agua en una ciudad, es fundamental la incorporación en la planificación y gestión del servicio de agua potable, los procesos de gestión patrimonial, que garantice el mantenimiento y conservación de las infraestructuras hidráulicas, a fin de garantizar la sostenibilidad de los sistemas de abastecimiento de agua, que a su vez contribuirá a un uso eficiente y sostenible del agua potable para las ciudades.

En esta década que comprendió el período 1980-1990, tuvo lugar la Comisión Brundtland, que se convirtió en el primer acercamiento sobre la definición del concepto de Desarrollo Sostenible. La Comisión lo definió como «*el desarrollo que satisface las necesidades del presente, sin comprometer la capacidad para que las futuras generaciones puedan satisfacer sus propias necesidades*» (Díaz, 2009).

Y en el período 1990 -2000, se desarrollaron otros eventos de interés en torno al recurso agua y el Desarrollo Sostenible, que se mencionan a continuación:

Tabla 2.6. Síntesis de las declaraciones y acuerdos internacionales en torno al recurso agua, durante el período 1990 - 1999

| Año | Evento | Declaraciones y acuerdos internacionales |
|------|--|---|
| 1990 | Conferencia Regional sobre Abastecimiento de Agua y Saneamiento, San Juan, Puerto Rico. | Las conclusiones de la evaluación para América Latina y el Caribe de la Década Internacional del Abastecimiento de Agua Potable y del Saneamiento (DIAAPS). La Conferencia reconoció varias limitaciones que afectan al sector , entre las que se destacan: i) La organización y estructura funcional inadecuada del sector y de los organismos prestadores de los servicios en la gran mayoría de los países, en particular, la excesiva división de responsabilidades y duplicación de funciones, su limitada coordinación y excesiva centralización; ii) La dificultad de recobrar las inversiones y generar ingresos a través del pago de los servicios, lo que resulta en deficiencias administrativas; iii) La pérdida y desperdicio del agua, y la cultura prevalente de la falta de conciencia del valor intrínseco del agua, y la escasez de recursos humanos capacitados. |
| | Cumbre Mundial sobre la Infancia, Nueva York | La Declaración Mundial sobre la Supervivencia, Protección y Desarrollo de los Niños, manifiesta [...] « Promoveremos el suministro de agua limpia en todas las comunidades para todos sus niños, así como el acceso universal al saneamiento ». |
| | Comienzo del Decenio Internacional para la Reducción de Desastres Naturales (1990- 2000) | Reconocimiento del aumento de la vulnerabilidad general de las personas y los bienes frente a catástrofes naturales. |

Fuente: Compilación de CEPAL (1998), ONU (1977-2015); WWAP (2003; 2006; 2009; 2010; 2012; 2015), Fundación Canal (2012).

Tabla 2.6. Síntesis de las declaraciones y acuerdos internacionales en torno al recurso agua, durante el período 1990 -1999

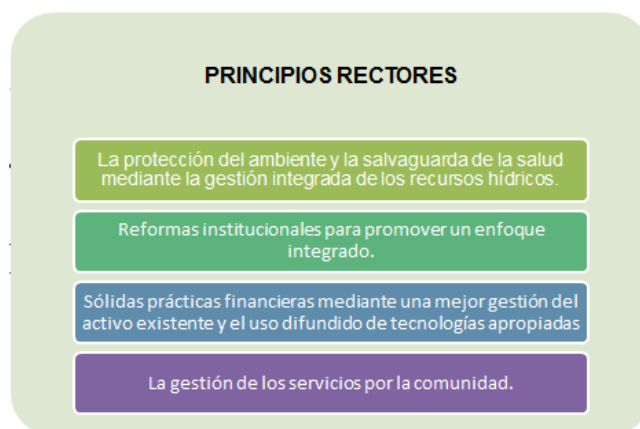
| Año | Evento | Declaraciones y acuerdos internacionales |
|------|---|--|
| 1990 | Consulta mundial sobre agua potable y saneamiento para la década de los años 90, Nueva Delhi, India. | El objetivo de la consulta se enfocó en revisar los resultados del <i>Decenio</i> y establecer los objetivos del sector para la década de los años 90. Como resultado, se proclamó formalmente la necesidad de facilitar, sobre una base sostenible, el acceso al agua potable en cantidades suficientes y el establecimiento de servicios de saneamiento adecuados para todos, <i>usando tecnologías apropiadas, basándose en la gestión comunitaria y fortaleciendo las capacidades humanas.</i> |
| 1992 | Conferencia Internacional sobre Agua y Medio Ambiente. Conferencia. Dublín, Irlanda. | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Principio 1: «El agua dulce es un recurso finito y vulnerable, esencial para el mantenimiento de la vida, para el desarrollo y para el medio ambiente». ▪ Principio 2: «La explotación y la gestión del agua deben basarse en un enfoque participativo que implique a los usuarios, los planificadores y los políticos a todos los niveles». ▪ Principio 3: «Las mujeres juegan un papel fundamental en la provisión, gestión y conservación del agua». ▪ Principio 4: « [...] es esencial reconocer ante todo el derecho fundamental de todo ser humano a tener acceso a un agua pura y al saneamiento por un precio asequible». |
| 1992 | Cumbre de la Tierra. Río de Janeiro. Brasil. | Se plantea en el capítulo 18: «La gestión holística del agua dulce como un recurso finito y vulnerable y la integración de los planes y programas sectoriales en el marco de la política social y económica nacional». |
| 1994 | Conferencia Internacional de las Naciones Unidas sobre la Población y el Desarrollo. | El Programa de Acción afirma que toda persona «tiene derecho a un nivel de vida adecuado para sí y su familia, incluidos [...], agua y saneamiento». |
| | Conferencia Ministerial sobre el Abastecimiento ó provisión de Agua Potable y el Saneamiento. Noordwijk. Holanda. | El objetivo de la Conferencia fue propiciar la implementación de los planteamientos relacionados con el agua - básicamente el capítulo 18 de la Agenda 21. Se reafirma el apoyo a la gestión integral de los recursos hídricos, la determinación de avanzar en la cobertura universal del abastecimiento y el saneamiento y en que las intervenciones tengan en cuenta la capacitación de las administraciones de todos los niveles, las necesidades de su financiación y que las tecnologías sean coherentes con las necesidades y posibilidades reales de los beneficiarios. <i>La Declaración reconoce que la crisis del agua es por el rápido incremento demográfico y la contaminación de los recursos hídricos.</i> |

Fuente: Elaboración propia con compilación de CEPAL (1998), ONU (1946-2016), Fundación Canal (2012).

En el año 1990 en la consulta mundial, se identificó una problemática creciente del sector agua potable a considerar:

- Incremento demográfico.
- El deficiente estado de las infraestructuras de regulación y distribución.
- La contaminación de los recursos y la sobreexplotación.
- Se asumió conseguir en el año 2000 el acceso universal, para lo cual se constató, que sería necesario abordar profundos cambios institucionales, sociales y económicos, y dotar de recursos a las instituciones responsables.
- Falta de apoyo político.
- Escaso compromiso de las comunidades.
- Limitada disponibilidad de recursos para infraestructuras, especialmente en el ámbito urbano.
- Deficiente mantenimiento y conservación de los sistemas y que, en un número significativo de casos, no se aplicaron soluciones tecnológicas apropiadas a la escala de las comunidades.

Para asumir retos ante tal problemática se plantearon **cuatro (04) principios rectores** (imagen 2.22), **que reflejan la necesidad de garantizar el protagonismo de las comunidades beneficiarias, no sólo en la fase de implementación de los sistemas, sino durante la gestión de los mismos y, específicamente, en su operación y mantenimiento preventivo.** Por lo que se puede concluir, según lo señalado en el informe presentado en el **6° Foro “Agua para el Desarrollo [...]”** y publicado por Fundación Canal de España en el año 2012, que la consulta no influyó en cuanto a plantear objetivos concretos, pero sí que tuvo una *importancia relevante en la configuración de un modelo de intervención en agua y saneamiento basado en la participación comunitaria.*



Fuente: adaptado de Funda Canal (2012)

Imagen 2.22. Principios rectores planteados en Consulta Mundial sobre Agua Potable y Saneamiento para la Década de los años 90

Estos principios rectores basados en la Declaración de Nueva Delhi, India en el año 1990, permitió que se asumiera que «**el acceso al agua potable y al saneamiento no es simplemente una tarea técnica de construcción de infraestructura, sino un**

componente decisivo del desarrollo social y económico de la población. En esta perspectiva, es posible brindar servicios sostenibles y aceptables mediante el adecuado uso de tecnologías apropiadas, la gestión comunitaria y la calificación de los recursos humanos». Ante este escenario internacional y principios rectores continuaron reuniones importantes que se sintetizan en la tabla 2.6.

Tabla 2.6. Síntesis de las declaraciones y acuerdos internacionales en torno al recurso agua, durante el período 1990 -1999

| Año | Evento | Declaraciones y acuerdos internacionales |
|------|---|--|
| 1994 | Conferencia europea sobre ciudades Sostenibles. Denmark, Dinamarca. | Se aprueba y firma la “Carta de Aalborg”, referida a las ciudades europeas hacia la sostenibilidad, bajo el compromiso de seguir los postulados e iniciativas locales de la Agenda 21, de la Declaración de Río. |
| 1995 | Cumbre Mundial sobre El Desarrollo Social, Copenhague. | La declaración manifiesta concentrar esfuerzos y políticas en el estudio de las causas de la pobreza y en satisfacer las necesidades básicas de todos. Estos esfuerzos deben incluir el suministro de agua potable segura [...] |
| | Cuarta Conferencia Mundial de las Naciones Unidas Sobre La Mujer. Pekín, China. | Uno de los temas principales “abastecimiento de agua” y la Declaración: «Asegurar la disponibilidad y el acceso universal al agua potable y establecer, cuanto antes, sistemas públicos eficaces de distribución». |
| 1996 | Segunda Conferencia de las Naciones Unidas sobre Asentamientos Humanos (Hábitat). Estambul, Turquía. | Se establece la Agenda Hábitat para el Desarrollo Sostenible de los asentamientos humanos en un mundo en proceso de urbanización y manifiestan [...] «promoveremos un entorno ambiental saludable, mediante el suministro de cantidades adecuadas de agua potable [...]». |
| | Cumbre Mundial sobre la Alimentación. | La Cumbre trato temas referidos a: salud, agua y saneamiento, y la Declaración de Roma establece plan de acción y en su objetivo 3.2 establece: «Combatir las amenazas ambientales contra la seguridad alimentaria, en particular, la sequía y la desertización, [...] restaurar y rehabilitar los recursos naturales, incluyendo el agua y las cuencas fluviales». |
| | Organización de las Naciones Unidas (ONU) | Día Mundial del Agua 1996: Agua para ciudades sedienta. |
| | Banco Mundial, la Agencia de Cooperación Internacional sueca y el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), Asociación Mundial del Agua (AMA). | Se constituyeron organizaciones que han jugado un papel relevante de las políticas internacionales relacionadas con el agua: la Asociación Mundial del Agua (<i>Global Water Partnership</i>) y el Consejo Mundial del Agua (<i>World Water Council</i>), cuya misión es: « Sensibilizar, construir compromiso político, estimular la acción en la toma de decisiones para la conservación eficiente, protección, desarrollo, planificación, gestión y el uso del agua en todas sus dimensiones sobre una base ambientalmente sostenible ». |

Fuente: Elaboración propia con compilación de la ONU (1946-2016), Fundación Canal (2012), WWAP (2006-2016).

Tabla 2.6. Síntesis de las declaraciones y acuerdos internacionales en torno al recurso agua, durante el período 1990 -1999

| Año | Evento | Declaraciones y acuerdos internacionales |
|------|--|--|
| 1997 | Primer Foro Mundial del Agua. Marrakech, Marruecos. | En la declaración final se insta a reconocer el agua y saneamiento como <i>necesidades humanas básicas</i> , a establecer mecanismos de gestión efectivos para las cuencas internacionales, preservar los ecosistemas, promover el uso sostenible del agua, considerar las cuestiones de equidad de género en los temas de agua e impulsar las alianzas entre los gobiernos y organizaciones de la sociedad civil. El resultado más importante fue el mandato que recibió el Consejo Mundial del Agua para desarrollar una visión a largo plazo sobre el agua, la vida y el medioambiente para el siglo XXI, para que fuera presentado en el Segundo Foro Mundial del Agua (Biswas, 2009). |
| | Organización de las Naciones Unidas (ONU) | Día Mundial del Agua 1997: El agua en el mundo: ¿resulta suficiente? |
| 1998 | Conferencia Internacional sobre Agua y Desarrollo Sostenible, París. | En la Declaración ministerial, se reconoce que <i>el agua dulce es tan esencial para el desarrollo sostenible como para la vida y que tiene dimensiones sociales, económicas y ambientales interdependientes y complementarias</i> . En la Declaración se hizo, por primera vez en un documento de esta naturaleza, referencias a la recuperación de costos y a la participación privada en la provisión de los servicios de abastecimiento, intensificando el debate al respecto. Con este planteamiento, se pasó de propugnar el valor económico del agua en todos sus usos de acuerdo con el cuarto principio de Dublín, a reivindicar la recuperación de costos y el papel del sector privado (Salman, 2003). |
| 1999 | Resolución de la Asamblea General de las Naciones Unidas A/Res/54/175 “El Derecho al Desarrollo” | El artículo 12 de la Resolución afirma que « [...] en la total realización del derecho al desarrollo, [...]: (a) el derecho a la alimentación y a un agua pura son derechos humanos fundamentales y su promoción constituye un imperativo moral tanto para los gobiernos nacionales como para la comunidad internacional». |
| | Organización de las Naciones Unidas (ONU) | Día Mundial del Agua 1999: Todos vivimos aguas abajo |

Fuente: Elaboración propia con compilación de la ONU (1946-2016), Fundación Canal (2012), WWAP (2006-2016).

De esta década se motiva a que los proveedores o empresas prestadoras, proveedoras o gestoras del servicio de agua potable en ámbitos urbanos cuenten con una política sectorial con enfoque holístico lo que puede contribuir a que incorpore la gestión ambiental como pilar de la organización para lograr la sostenibilidad y sustentabilidad del servicio de agua potable y se pueda hacer frente a la escasez física y económica del agua partiendo como eje central e indispensable la cuenca hidrográfica como fuentes abastecedoras de agua para el desarrollo de las poblaciones.

Conscientes del contexto antes expuesto, se reafirma que los aspectos científicos y tecnológicos relacionados con la mejora de los componentes de los sistemas de abastecimiento de agua potable, que implican la extracción u aprovechamiento de agua cruda en la fuente abastecedora (captación), potabilización (procesos de tratamiento), almacenamiento, distribución y disposición final del recurso hídrico, representa en la actualidad un factor que tiene respuestas positivas y de solución debido al avance innovador de la sociedad moderna con la ciencia de la Ecología Industrial; siendo el mayor problema a solventar la participación de organizaciones que ética, moral, administrativa y técnicamente estén a la altura de hacer posible la prestación del servicio de agua potable con calidad y equidad, exigiendo una mayor actuación sincera y comprometida en el marco de una dimensión espiritual de la actuación individual y colectiva que va desde el ciudadano y sociedad que habita en la cuenca hidrográfica, el ciudadano y sociedad que habita en el ámbito urbano y el ente rector u organización estatal o municipal que rige los destinos de administrar los sistemas de abastecimiento para prestar el servicio de agua potable. Es hacer protagonista en el contexto sistémico de la dimensión espiritual del Desarrollo Sostenible según lo proponen Contreras, Cloquell & Owen (2010), donde **la gobernanza de la sociedad civil** como ente implicado, la cual se articula con los intereses de planificación y gestión de los entes estatales o privados a través de una *organización para la sostenibilidad*, en procura de lograr la integración ambiental y consolidación de la sostenibilidad en el uso del recurso hídrico a través de su ciclo de vida.

En el año 1992, los cuatro principios rectores de Nueva Delhi – India, marcaron profundamente la forma en la que se ejecutan **las intervenciones en agua y saneamiento en el contexto internacional**; con esta aproximación se produjo un cambio sustancial en la forma en la que se intervenía hasta entonces en el sector, ya que se pasó de una práctica que promovía el acceso al recurso desde instancias gubernamentales o internacionales a través de la ejecución de infraestructuras basadas en tecnologías más o menos convencionales, a otra en la que las intervenciones son el resultado de una demanda previa por parte de las comunidades; es decir, los agentes desencadenantes del proceso son, al menos en teoría, las comunidades, quienes identifican los problemas, participan en la definición de las soluciones y por tanto, de los niveles de servicio que asumen, básicamente a través de las tecnologías asociadas, comprometiéndose a la recuperación de costes parcial en los de inversión y total en los de conservación y mantenimiento preventivo (Funda Canal, 2012).

Por otra parte, en el informe presentado en el **6º Foro “Agua para el Desarrollo [...]”** y publicado por Fundación Canal de España en el año 2012, expresa que el reconocimiento explícito del **valor económico del agua en todos sus usos, en este caso de estudio el abastecimiento de agua**, y las exigencias de la recuperación de costes, sirvieron como apoyo conceptual a los procesos de privatización de los servicios de abastecimiento de agua y saneamiento en el ámbito urbano que se desencadenaron en esa década propiciados, en gran medida, por el propio banco mundial y los bancos regiona-

les de desarrollo. Es por esta circunstancia que algunos autores declaran que fue durante el *Decenio* precisamente cuando se sentaron las bases de las políticas privatizadoras de la década de los años 90 en el sector del agua (Bell, 1992; Hoering & Schwider, 2004).

Como resultado de la Conferencia de Dublín y Cumbre de la Tierra, se concretó en la primera el Programa de Acción, que incluyó las líneas de actuación siguientes:

- Protección contra los desastres naturales, especialmente contra las inundaciones y las sequías;
- **Gestión eficiente y equitativa de los recursos y las demandas;**
- **Desarrollo urbano sostenible y lucha contra la contaminación;**
- Producción agrícola y abastecimiento de agua en el medio rural;
- Protección de los ecosistemas acuáticos;
- Cuencas internacionales;
- Medio ambiente;
- Conocimiento e investigación y
- Capacitación de los agentes con competencias en la gestión de los recursos.

Y en la Cumbre de la Tierra, lo postulado en la Agenda 21, capítulo 18 referido a los Recursos Hídricos, se establecieron siete (07) áreas de programa para la acción a escala nacional e internacional:

- **Desarrollo y gestión integrados de los recursos hídricos.**
- **Evaluación de los recursos hídricos.**
- **Protección de los recursos hídricos, calidad de agua, y ecosistemas acuáticos.**
- **Abastecimiento de agua potable y saneamiento.**
- **Agua y desarrollo urbano sostenible.**
- Agua para la producción sostenible de alimentos y para el desarrollo rural.
- **Impacto del cambio climático sobre los recursos hídricos.**

De las nueve (09) líneas de actuación que surgen de la Conferencia de Dublín, en la investigación se consideraron dos de ellas: “**Gestión eficiente y equitativa de los recursos y las demandas**” y “**Desarrollo urbano sostenible y lucha contra la contaminación**”; y de las siete (07) áreas de programa para la acción del capítulo 18 de la Agenda 21:

- Desarrollo y gestión integrados de los recursos hídricos.
- Evaluación de los recursos hídricos.
- Protección de los recursos hídricos, calidad de agua, y ecosistemas acuáticos.
- Abastecimiento de agua potable y saneamiento.
- Agua y desarrollo urbano sostenible.
- Impacto del cambio climático sobre los recursos hídricos.

En este contexto y lo adoptado en la Cumbre de la Tierra de Río de Janeiro en el año 1992, se planteó en el marco que el agua es parte integrante y aseguradora del Desarrollo Sostenible como **política del agua**:

Garantizar que se mantenga un abastecimiento adecuado de agua de buena calidad para toda la población de este planeta, al tiempo que se preservan las funciones hidrológicas, biológicas y químicas de los ecosistemas, adaptando las actividades humanas dentro de los límites de la capacidad de la naturaleza y luchando contra los vectores de las enfermedades relacionadas con el agua. (ONU, 1992)

Estas declaraciones y acuerdos durante el período 1948-1999 marcan un hito relevante en fundamentar las interrogantes señaladas al inicio del capítulo 2 de la tesis doctoral, ya que con las políticas, programas y áreas de acción planteadas, se busca la sostenibilidad de las actividades de la humanidad, con respeto a la tasa de renovación y carga de asimilación del recurso natural agua en las cuencas hidrográficas como fuentes de vida, de forma que se asegure el acceso justo al agua potable, con la extracción o aprovechamiento de recurso hídrico sin sobreexplotación de las fuentes abastecedoras de agua superficiales y subterráneas, en este caso con énfasis en las aguas superficiales proveniente de las cuencas hidrográficas de montaña, sin embargo, con el fin de apreciar la evolución de las mismo se estimo conveniente continuar la revisión documental para el período 2000 – 2015 (tabla 2.7), ya que dicha compilación de 68 años de historia contribuirá en la metodología a proponer en el marco de la Integración Ambiental Total.

Tabla 2.7. Síntesis de las declaraciones y acuerdos internacionales en torno al recurso agua, durante el período 2000 -2015

| Año | Evento | Declaraciones y acuerdos internacionales |
|------|---|--|
| 2000 | Segundo Foro Mundial del Agua, La Haya. | El resultado fue la visión mundial del agua: «Hacer que el agua sea asunto de todos» y establece: <ul style="list-style-type: none"> ▪ “Comprometer a todos en una gestión integrada”. ▪ Reflejar el costo total en el precio de los servicios de agua. ▪ Aumentar el financiamiento público y la innovación. ▪ Aumentar la cooperación en las cuencas hidrográficas internacionales. ▪ Aumentar sustancialmente las inversiones en recursos hídricos. |
| | Declaración del Milenio, Nueva York. | Entre las metas de Desarrollo que serían deseables para el año 2015, se destaca el reducir el déficit de cobertura de agua potable a la mitad de lo observado en el año 1990. Para América Latina este objetivo se ha extendido también a aspecto de cobertura de los servicios de saneamiento. Los objetivos y metas que se relaciona a la investigación, están referidos a: Objetivo 7: Garantizar la sostenibilidad medioambiental. Meta 10 del ODM 7: «Reducir a la mitad, para 2015, la proporción de personas sin acceso sostenible al agua potable y a servicios básicos de saneamiento». |
| | Conferencia Ministerial sobre la Seguridad del Agua en el siglo XXI | En esta se plantearon siete (07) retos: 1.satisfacer las necesidades básicas; 2. asegurar el suministro de alimentos; 3.proteger los ecosistemas; 4. compartir los recursos hídricos; 5. gestionar los riesgos; 6. valorar el agua y 7.administrar el agua de modo responsable. |
| 2001 | Conferencia Internacional sobre Agua Dulce, Bonn. | Fue una reunión preparatoria, en temas de recursos hídricos para la Cumbre Mundial para el Desarrollo Sostenible, en las recomendaciones se recoge que el agua es un bien económico y un bien social que debe distribuirse en primer lugar para satisfacer necesidades humanas básicas. |
| | Conferencia Internacional sobre Agua Dulce (Dublín +10) | El agua es clave del desarrollo sostenible y la lucha contra la pobreza es el mayor reto para alcanzar un desarrollo equitativo y sostenible y el agua juega un papel fundamental en todo lo relacionado con la salud humana, los medios de sustento, el crecimiento económico y el mantenimiento de los ecosistemas. |
| | Organización de las Naciones Unidas (ONU). | Día Mundial del Agua 2001: Agua y Salud |

Fuente: Elaboración propia con compilación de la ONU (1977 -2015), WWAP (2006 - 2016), Fundación Canal (2012), GWP (2000-2012).

Tabla 2.7. Síntesis de las declaraciones y acuerdos internacionales en torno al recurso agua, durante el período 2000 -2015

| Año | Evento | Declaraciones y acuerdos internacionales |
|------|--|--|
| 2002 | Cumbre Mundial sobre Desarrollo Sostenible, Johannesburgo. | <p><u>Declaración de Johannesburgo:</u> «Reconocemos que la erradicación de la pobreza, el cambio de los modelos de consumo y producción, y la protección y gestión de los recursos naturales para el desarrollo económico y social, son objetivos fundamentales y requisitos esenciales del desarrollo sostenible».</p> <p><u>Plan de Ejecución:</u> a) El suministro de agua potable y de saneamiento adecuado es indispensable para proteger la salud humana y el ambiente. b) Desarrollar planes de gestión integrada y eficaz de recursos hídricos, [...] mediante actuaciones a todos los niveles para: i) poner en práctica estrategias, planes y programas nacionales/regionales, con respecto a la gestión integrada de cuencas fluviales, ii) utilizar toda la gama de instrumento políticos, como regulación, vigilancia, medidas voluntarias, mercados e instrumentos basados en la información, iii) mejorar el uso eficaz de los recursos hídricos.</p> |
| | Organización de las Naciones Unidas (ONU) | Día Mundial del Agua 2002: Agua para el Desarrollo |
| | Observación General N° 15. El Derecho al Agua, Organización de las Naciones Unidas (ONU) | <p>Interpreta el pacto sobre Derechos Económicos, Sociales y Culturales del año 1966 reafirmando el Derecho al Agua en la legislación internacional.</p> <p>Además, establece de forma clara las obligaciones de los Estados Parte en materia de derecho humano al agua y define qué acciones podrían ser consideradas como una violación del mismo. El artículo I.1 estipula que « [...] El derecho humano al agua es indispensable para vivir dignamente y es condición previa para la realización de otros derechos humanos».</p> |
| 2003 | Organización de las Naciones Unidas (ONU). | Día Mundial del Agua 2003: Agua para el futuro |

Fuente: Elaboración propia con compilación de la ONU (1946-2016), WWAP (2006 – 2016), Fundación Canal (2012), GWP (2000-2012).

Tabla 2.7. Síntesis de las declaraciones y acuerdos internacionales en torno al recurso agua, durante el período 2000 -2015

| Año | Evento | Declaraciones y acuerdos internacionales |
|------|---|---|
| | Año Internacional del Agua Dulce | «De continuar las tendencias actuales, es muy posible que el agua se convierta en una fuente cada vez mayor de tensiones y de feroz competencia entre países, pero también puede ser un catalizador para la cooperación. El año Internacional del agua dulce, puede desempeñar un papel fundamental para generar acciones necesarias, no sólo por parte de los gobiernos, sino también por parte de la sociedad civil, las comunidades, el sector empresarial y los individuos de todo el mundo». |
| 2003 | Conferencia y Seminario Internacional, Agua 2003, UNESCO. | <p>El principal objetivo de esta fue generar condiciones para reconocer y reflexionar sobre el concepto de la Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH) y su aplicación en la práctica, focalizada en la interrelación entre agua para consumo humano y agua para la producción de alimentos. Para ello, plantearon desarrollar cuatro objetivos específicos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Identificar los factores que facilitan y limitan el trabajo intersectorial orientado a la GIRH. 2. Identificar los elementos clave del proceso de manejo integrado de recursos hídricos. 3. Reconocer las experiencias significativas en la GIRH que involucren trabajo conjunto entre sectores, especialmente entre los de abastecimiento de agua y saneamiento y el agropecuario. 4. Concretar recomendaciones a los tomadores de decisiones que permitan iniciar o consolidar los procesos de implementación de la GIRH a la luz de las experiencias presentadas. |
| | Tercer Foro Mundial del Agua, Kioto. | <p>La agenda general contemplaba en lo fundamental, los temas recogidos en la declaración ministerial del Foro de La Haya.</p> <p>La declaración final, fue cuestionada por las organizaciones de la sociedad civil asistentes al Foro, que emitieron un comunicado en el que asumían «el agua como un bien común y su acceso como un derecho humano» y se oponían a la mercantilización de los servicios de abastecimiento y saneamiento, así como, al impulso de grandes infraestructuras hidráulicas privadas.</p> <p>La posición de América Latina, se dirigió hacia «la definición de políticas y regulaciones para una distribución más eficiente y equitativa del agua, y hacia el adecuado diseño y cumplimiento de regulaciones tanto para servicios con gestión pública o privada [...]» (GWP, 2003).</p> |

Fuente: Elaboración propia con compilación de la ONU (1946-2016), WWAP (2006 – 2016), Fundación Canal (2012), GWP (2000-2012).

Tabla 2.7. Síntesis de las declaraciones y acuerdos internacionales en torno al recurso agua, durante el período 2000 -2015

| Año | Evento | Declaraciones y acuerdos internacionales |
|------|--|--|
| 2004 | Organización de las Naciones Unidas (ONU) | Día Mundial del Agua 2004: El agua y los desastres |
| 2005 | 2005-2015: Decenio Internacional para la Acción " El agua, fuente de vida " | Basándose en el título del primer Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el mundo " Agua para Todos, Agua para la Vida ", la Asamblea de las Naciones Unidas decidió proclamar, en su resolución A/RES/58/217, el período 2005-2015 Decenio Internacional para la Acción " El agua, fuente de vida ", empezando el Día Mundial del Agua (22 de marzo de 2005). La Resolución indica que el decenio tiene como objetivo principal ocuparse más a fondo de las cuestiones relativas al agua y de la ejecución de programas y proyectos, con el fin de ayudar a alcanzar los objetivos relativos al agua acordados a nivel internacional y contenidos en el Programa 21, los Objetivos de Desarrollo de la ONU para el Milenio y el Plan de Aplicación de Johannesburgo. |
| 2006 | Cuarto Foro Mundial del Agua, México. | Se desarrollo en cinco ejes temáticos : agua para el crecimiento y el desarrollo; implementación de la gestión integrada de recursos hídricos (GIRH); agua y saneamiento para todos; agua para la alimentación y el medio ambiente; y gestión de riesgos. En la declaración final, se afirma que «el agua es un bien común y un derecho humano fundamental e inalienable», por lo cual rechazan todas las formas de privatización del recurso, a la vez que se plantea que la gestión y el control deben permanecer en el ámbito público, social, comunitario, participativo, con equidad y sin ánimo de lucro. |
| 2007 | Informe del Alto Comisionado de las Naciones Unidas para los Derechos Humanos relacionados con el acceso equitativo al Agua potable y el Saneamiento | Siguiendo la decisión 2/104 del Consejo de Derechos Humanos, el informe del alto comisionado de Naciones Unidas para los Derechos Humanos establece que: [...] «Es ahora el momento de considerar el acceso al agua potable saludable y al saneamiento como un derecho humano, definido como el derecho a un acceso equitativo y no discriminatorio a una cantidad suficiente de agua potable saludable para el uso personal y doméstico [...] que garantice la conservación de la vida y la salud». |
| | Organización de las Naciones Unidas (ONU). | Día Mundial del Agua 2007: Afrontar la escasez de agua |
| 2008 | Zaragoza, España | Se llevó a cabo una exposición internacional con el eje temático "Agua y Desarrollo Sostenible"; la tribuna del agua se manifestó con el tema "El agua, una responsabilidad compartida". Además se desarrolló el "foro mundial de las luchas de agua". |

Fuente: Elaboración propia con compilación de la ONU (1946-2016), WWAP (2006 – 2016), Fundación Canal (2012), GWP (2000-2012).

Tabla 2.7. Síntesis de las declaraciones y acuerdos internacionales en torno al recurso agua, durante el período 2000 -2015

| Año | Evento | Declaraciones y acuerdos internacionales |
|------|--|--|
| 2009 | Quinto Foro Mundial del Agua, Estambul. | <p>Los ejes temáticos en torno a los que se articularon las sesiones fueron el cambio global y la gestión del riesgo, haciendo especial énfasis a las acciones de adaptación; el impulso al desarrollo humano y los Objetivos de Desarrollo del Milenio; la gestión y protección de los recursos hídricos, incluyendo las cuencas internacionales y la gestión integral de los recursos hídricos; la gobernanza, con énfasis en la eficacia en la administración y la gestión del agua e incidiendo en el derecho humano al agua y la complementariedad entre la gestión pública y privada; los aspectos financieros, en los que se introdujo la recuperación de costes pasando del paradigma de la recuperación total a la sostenible, y, por último, la educación, conocimiento y desarrollo de las capacidades.</p> <p>En este foro se concluye que: [...] « las soluciones deben ser sostenibles y adaptadas de manera flexible a las circunstancias específicas locales o regionales: no se puede aplicar ningún enfoque universal al manejo del agua » [...].</p> |
| 2010 | Asamblea General Organización de las Naciones Unidas (ONU) | Reconoció de forma explícita el derecho humano al agua y al saneamiento , por tanto, son esenciales para la realización de todos los derechos humanos, por lo que el compromiso mundial es garantizar el acceso universal al agua y al saneamiento. |
| | Organización de las Naciones Unidas (ONU) | Día Mundial del Agua 2010: Agua limpia para un mundo sano. Se dedica al tema de la calidad del agua con el objeto de demostrar que en la gestión de los recursos hídricos la calidad de ese recurso es tan importante como la cantidad. Tiene por objeto: «Fomentar la concienciación en cuanto a la conservación de ecosistemas sanos y del bienestar humano abordando los crecientes desafíos en relación con la calidad del agua que se plantean a la gestión de ese recurso, exhortando a gobiernos, organizaciones, comunidades y personas en todo el mundo a que adopten medidas y realicen actividades de prevención de la contaminación». |
| 2011 | Organización de las Naciones Unidas (ONU) | Día Mundial del Agua 2011: Agua para las ciudades: responder al desafío urbano , buscó centrar la atención internacional sobre el impacto del rápido crecimiento de la población urbana, la industrialización y la incertidumbre causada por el cambio climático, los conflictos y los desastres naturales sobre los sistemas urbanos de abastecimiento de agua, además tuvo por objeto alentar a los gobiernos, las organizaciones, comunidades y personas a participar activamente para responder al desafío de la gestión del agua urbana. |

Fuente: Elaboración propia con compilación de la ONU (1946-2016), WWAP (2006 – 2016), Fundación Canal (2012), GWP (2000-2012).

Tabla 2.7. Síntesis de las declaraciones y acuerdos internacionales en torno al recurso agua, durante el período 2000 -2015

| Año | Evento | Declaraciones y acuerdos internacionales |
|------|--|---|
| 2011 | Asamblea General de las Naciones Unidas – Unesco. | En resolución A/RES/65/154, proclama el año 2013 como Año Internacional de la Cooperación en la Esfera del Agua . En el cual destaca la importancia de la cooperación en materia de agua, que se basa en el hecho de que: a. el agua es un tema transversal que requiere atención en todos los niveles y sectores. b. es la piedra angular para alcanzar los ODM y garantizar la “seguridad hídrica” y un futuro sostenible. c. e que todas las partes interesadas reconozcan los retos actuales y las presiones sobre los recursos hídricos compartidos a nivel mundial para llevar a cabo un diálogo constructivo y realista. |
| 2012 | Sexto Foro Mundial del Agua, Marsella. | Se establecieron 12 prioridades de acción para el agua que «reflejan el papel preponderante del agua en los retos que la Humanidad ha de asumir» y entre las que destacan: garantizar el derecho al agua, equilibrar los usos múltiples del agua por medio de la gestión integrada de recursos hídricos, así como mejorar la calidad de los recursos hídricos y de los ecosistemas. |
| | Conferencia de las Naciones Unidas sobre Desarrollo Sostenible (Rio + 20), Rio de Janeiro. | Las conclusiones finales vinculantes a la investigación son: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Reconocemos que el agua es un elemento básico del desarrollo sostenible pues está estrechamente vinculada a diversos desafíos mundiales fundamentales. ▪ Reiteramos, que es importante integrar los recursos hídricos en el desarrollo sostenible y subrayamos la importancia decisiva del agua y el saneamiento para las tres dimensiones del desarrollo sostenible. ▪ Reconocemos que los ecosistemas desempeñan una función esencial en el mantenimiento de la cantidad y la calidad del agua y apoyamos las iniciativas de protección y ordenación sostenible de esos ecosistemas emprendidas dentro de las fronteras nacionales de cada país. ▪ Subrayamos la necesidad de adoptar medidas para hacer frente a las inundaciones, las sequías y la escasez de agua, tratando de mantener el equilibrio entre el suministro y la demanda de agua, y la necesidad de movilizar recursos financieros e inversiones en infraestructura para los servicios de abastecimiento de agua y saneamiento, de conformidad con las prioridades nacionales. ▪ Destacamos que es necesario adoptar medidas para reducir considerablemente la contaminación de las aguas y aumentar la calidad del agua, mejorar notablemente el tratamiento de las aguas residuales y el aprovechamiento eficiente de los recursos hídricos y reducir las pérdidas de agua. |

Fuente: Elaboración propia con compilación de la ONU (1946-2016), WWAP (2006 – 2016), Fundación Canal (2012), GWP (2000-2012).

Tabla 2.7. Síntesis de las declaraciones y acuerdos internacionales en torno al recurso agua, durante el período 2000 -2015

| Año | Evento | Declaraciones y acuerdos internacionales |
|------|--|--|
| 2013 | Organización de las Naciones Unidas (ONU) | El tema del Día Mundial del Agua 2013 se fundamentó en la “Cooperación: cimiento de los objetivos globales en temas de agua”, con el fin de atraer la atención mundial hacia la importancia del agua y de abogar por la gestión sostenible de los recursos de agua dulce. |
| | Cumbre del Agua de Budapest | El papel del agua y el saneamiento en la agenda global del desarrollo sostenible. Las áreas en torno a las cuales se estructuró la conferencia fueron cinco: 1. Hacia un acceso universal al agua y al saneamiento. 2. Gestión Integrada de los Recursos Hídricos en el siglo XXI. 3. Una buena gobernabilidad del agua. 4. Una economía verde para un agua azul. 5. Inversión y financiación para la implementación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible relacionados con el agua y el saneamiento. Además, plantea que los objetivos sean medibles, alcanzables, realistas y oportunos y que responda a una serie de retos multidimensionales. |
| 2014 | Organización de las Naciones Unidas-Unesco | Día Mundial del Agua 2014: Agua y Energía, estableciendo entre sus conclusiones y vinculantes a la investigación que: 1. El agua es esencial para la vida, y es el denominador común de todos los retos del desarrollo sostenible. Por lo que se hace indispensable entender mejor las complejas interacciones entre recursos que guardan relación entre sí como el agua, la alimentación y la energía. Para ello, se debe reconocer que es imposible ordenar esos recursos de forma sostenible si los tratamos de manera aislada. 2. La sostenibilidad se basa en nuestra capacidad para entender todas estas interrelaciones y para formular políticas más adecuadas, capaces de abordar los recursos interconectados de forma más integrada. La sostenibilidad depende también de que se mejore la cooperación entre todas las partes de que se trata - responsables políticos, científicos y empresas públicas o privadas. |
| | Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos en sus siglas en inglés WWAP. División de Ciencias del Agua, UNESCO. | Presenta Informe de las Naciones Unidas Sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo 2014, la cual indica: [...] «El agua dulce y la energía son cruciales para el bienestar humano y el desarrollo socioeconómico sostenible. Hoy en día se reconoce ampliamente su importancia para progresar en todas las categorías de los objetivos de desarrollo» [...] |

Fuente: Elaboración propia con compilación de la ONU (1977-2015), WWAP (2006 – 2016), Fundación Canal (2012), GWP (2000-2012).

Tabla 2.7. Síntesis de las declaraciones y acuerdos internacionales en torno al recurso agua, durante el período 2000 -2015

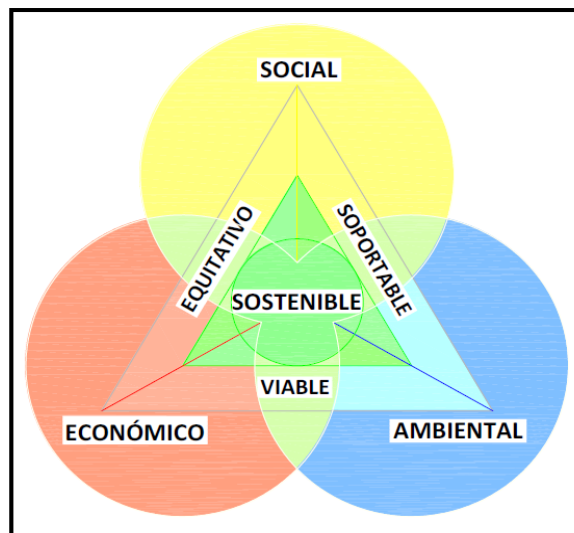
| Año | Evento | Declaraciones y acuerdos internacionales |
|------|---|--|
| | Organización de las Naciones Unidas-Unesco. | Día Mundial del Agua 2015: Agua y Desarrollo Sostenible. Establece que los recursos hídricos, y la gama de servicios que prestan, juegan un papel clave en la reducción de la pobreza, el crecimiento económico y la sostenibilidad, por lo que propicia el bienestar de la población y el crecimiento inclusivo, y tiene un impacto positivo, al incidir en cuestiones que afectan a la seguridad alimentaria y energética, la salud humana y al medio ambiente. Por tanto, [...] «para eliminar los múltiples problemas relacionados con el agua, debemos trabajar con un espíritu de cooperación urgente, con mente abierta a las nuevas ideas y la innovación, y dispuestos a compartir las soluciones que todos necesitamos para un futuro sostenible» [...]. |
| 2015 | Séptimo Foro Mundial del Agua: "Agua para el futuro", Daegu y Gyeongbuk, República de Corea | El eje central del Foro, se desarrollo en torno a: 1. Seguridad Hídrica para Todos, 2. Agua para el Desarrollo y la Prosperidad, 3. Agua para la Sostenibilidad: Armonización de los seres humanos y la naturaleza, 4. Construcción de Mecanismos factibles de Implementación. Entre sus conclusiones se destaca: i) vincular la gestión del agua de un modo más estrecho con la planificación, el diseño y el desarrollo urbanos. ii) gestionar el agua a escala local y regional, considerando de forma adecuada las necesidades de agua y sus numerosos usos en la cuenca hidrográfica. iii) generar una mayor conciencia pública acerca del valor del agua y de la necesidad de tratarla como un recurso preciado y limitado. iv) crear y actualizar de forma continuada una base de datos completa acerca de los recursos hídricos, la demanda de ésta, el acceso a la infraestructura y servicios. |
| | Organización de las Naciones Unidas-Unesco | Culmina Decenio Internacional para la Acción "El agua, fuente de vida" para el período 2005-2015 y las Naciones Unidas plantea la agenda de desarrollo post-2015, logrando como resultado un objetivo primordial que podría expresarse como "Asegurando Agua Sostenible para Todos" y abordará todas las dimensiones del ciclo hidrológico. |
| | Organización de las Naciones Unidas | La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, construida sobre la base de los Objetivos de Desarrollo del Milenio, destaca en el Objetivo 6: «garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos», estableciendo objetivos que van desde la protección y la gestión integrada de los recursos hídricos hasta el acceso al agua segura y asequible[...] para todos, amplía para cubrir el ciclo integral del agua, [...] incluyendo la eficiencia en el uso del agua, la gestión de los recursos hídricos y los ecosistemas relacionados con el agua. |

Fuente: Elaboración propia con compilación de la ONU (1977-2015), WWAP (2006 – 2016), Fundación Canal (2012), GWP (2000-2012).

Las Declaraciones Internacionales citadas anteriormente denotan la importancia de la sostenibilidad y sustentabilidad del recurso hídrico en el tiempo ante los problemas de escasez física y económica que enfrenta la humanidad, y dieron cabida a la presente tesis doctoral que pretende incorporar en los pilares de la organización de las empresas prestadoras del servicio de agua potable la gestión ambiental y permitió reafirmar la importancia y fundamentación de la misma para romper paradigmas de relacionar sólo los pilares de la organización y los problemas operativos, sino integrar lo ambiental a su accionar, teniendo en cuenta la visión ya mencionada anteriormente:

El recurso agua es limitado e insustituible y sólo funciona como recurso renovable si está bien gestionada, ya que resulta fundamental para el desarrollo socio-económico, para contar con ecosistemas saludables y la supervivencia humana, y así lograr avanzar por senderos de sustentabilidad y sostenibilidad en la prestación de los servicios de agua potable y saneamiento, para ello se debe enfrentar a la creciente degradación ambiental, la vulnerabilidad a desastres naturales y adaptarse eficientemente al cambio climático.(WWAP, 2014; Un Water, 2014)

Todo ello a fin de aprovechar el recurso hídrico de forma sostenida en el tiempo y garantizar el acceso de agua potable a las poblaciones ajustado a un uso no excesivo, todo ello en el marco del eje de sostenibilidad que *comprende la viabilidad económica, ambiental y social, que se puede alcanzar administrando racionalmente el capital físico, natural y humano*” como pilares interdependientes (imagen 2.23) que se refuerzan mutuamente (World Bank, 2002; Benavides, 2010).



Fuente: Dreó (2007) citado por Benavides (2010)

Imagen 2.23. Componentes del Desarrollo Sostenible

En este contexto Benavides (2010) en la tesis doctoral intitulada “*Diagnóstico de la sostenibilidad de un abastecimiento de agua e identificación de las propuestas que la mejoren*”, señala que estos pilares interdependientes y componentes del Desarrollo Sostenible y sugiere tres reglas elementales a seguir y que están sujetas al ritmo de crecimiento demográfico, estas son:

- a) Ninguna sustancia o acción contaminante debe producirse a una tasa mayor que la que pueda ser absorbida por el ambiente, o reciclada o neutralizada.*
- b) Ningún recurso renovable podrá ser utilizado a una tasa mayor que la de su natural regeneración.*
- c) Ningún recurso no renovable deberá explotarse a una tasa mayor que aquella que permita sustituirlo por un recurso renovable aprovechado sosteniblemente.*

De ahí, que el uso ineficiente del agua y la degradación de su calidad constituyen uno de los principales frenos para avanzar por senderos de alcanzar la sostenibilidad global, regional y local, influyendo en la dimensión social, económica y ambiental, lo que incrementa la vulnerabilidad de las comunidades, de la infraestructura y los servicios básicos. De acuerdo con esta interpretación y en adelante, se entenderá por **sostenibilidad del recurso hídrico en centros urbanos, a la capacidad de generar y mantener un desarrollo integrado de los sistemas y servicios de agua potable y saneamiento, basado en la resiliencia, el equilibrio de intereses, la corresponsabilidad de los actores político-sociales contemporáneos en la toma de decisiones, y el aporte financiero, conservando el ambiente y los intereses de generaciones venideras.**

Por lo antes expuesto, representa un gran desafío para el Desarrollo Sostenible la gestión del recurso hídrico e integrarla en sus tres dimensiones, ya que para garantizar el acceso al agua potable se debe enfrentar de manera decidida y con conciencia histórica ciudadana e institucional a la creciente degradación ambiental, a reducir la vulnerabilidad respecto a desastres naturales y adaptarse eficientemente al cambio climático.

Es por ello, que en la medida en que el agua se va convirtiendo en un recurso cada vez más escaso y deteriorado por la intervención humana, surgen retos inherentes de la integración ambiental en las políticas, planes, programas, proyectos, procesos, productos y servicios en las cumbres y sus declaraciones internacionales para que los diversos niveles de gobierno vayan estableciendo nuevas medidas para mejorar la gestión del recurso agua, y en el caso del sector agua potable en ámbitos urbanos fue acertada y se vincula a las hipótesis de la tesis doctoral una de las conclusiones del séptimo Foro Mundial del Agua realizado en el año 2015, al destacar que se debe «*vincular la gestión del agua de un modo más estrecho con la planificación, el diseño y el desarrollo urbano*», ya que esto contribuirá al aprovechamiento u explotación óptima del recurso hídrico en fuentes superficiales con criterios u parámetros de sostenibilidad e integra-

ción ambiental en la toma de decisiones en los procesos interrelacionados de la gestión del agua potable proveniente de fuentes superficiales para abastecer a poblaciones ubicadas en ámbitos urbanos, a fin de frenar la sobreexplotación al extraer y tratar mayores caudales (tasa mayor) de los que son requeridos por los usuarios (dotación) para el uso doméstico y a la par realizar los mantenimientos preventivos – correctivos, rehabilitaciones en los diferentes componentes del sistema de acueducto, a fin de minimizar las pérdidas de agua en las mismas.

Frente a esta situación, y con la nueva visión que se debe tener de la gestión urbana del agua para garantizar el acceso sostenible, eficiente y equitativo del recurso hídrico a la población enmarcado en un contexto de integración y sostenibilidad, representan un desafío para las organizaciones prestadoras del servicio público de agua potable y saneamiento, trascender a lo que actualmente fundamentan sus pilares, principios y problemas, agrupándolos sólo en cuatro parámetros ó elementos:

- **Cobertura.** El servicio de agua potable no es accesible al mayor número de usuarios.
- **Cantidad.** El recurso hídrico no es suficiente.
- **Oportunidad y Continuidad.** El servicio de suministro de agua no se encuentra siempre disponible.
- **Calidad.** El agua no siempre es apta para el consumo humano.

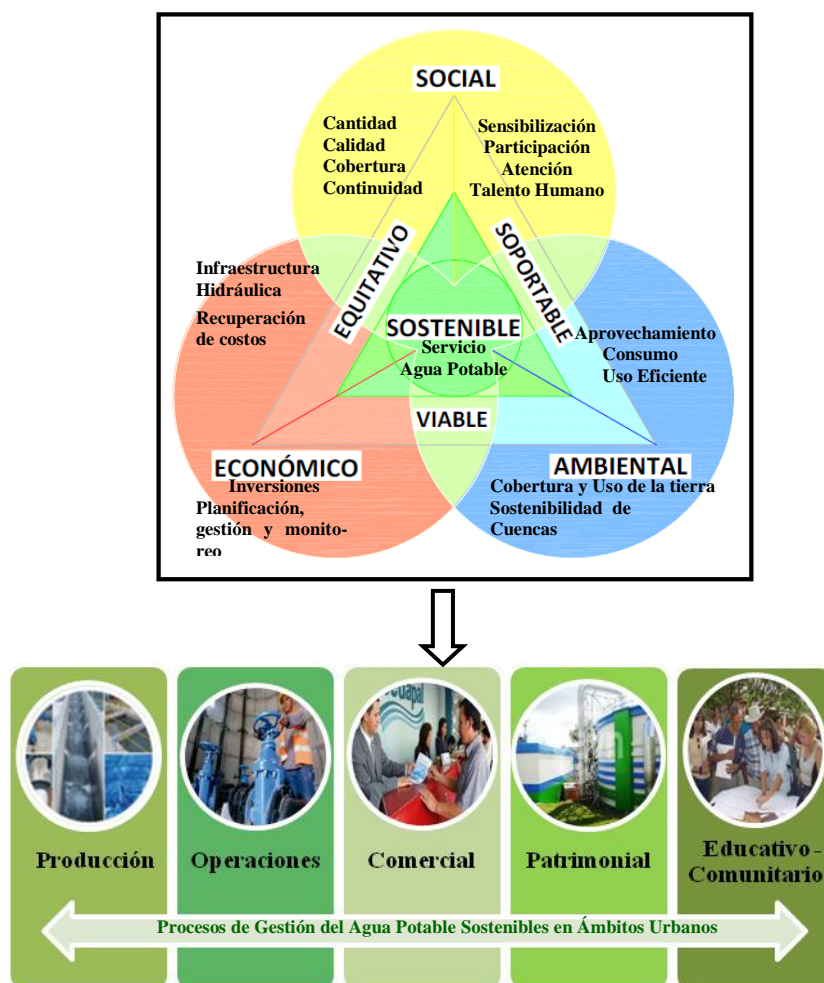
Y según los acuerdos internacionales y diversas investigaciones en el área, y fundamentado en tesis doctoral de Benavides (2010), señalan que la gestión del agua a nivel de abastecimientos para las poblaciones (imagen 2.24), debe también combinar estratégicamente los siguientes aspectos:



Fuente: Dourojeanni, Jouravlev & Chávez (2002) citado por Benavides (2010)

Imagen 2.24. Aspectos para la gestión del agua para el abastecimiento de poblaciones

Estos aspectos al interrelacionarse a fin de garantizar la sostenibilidad de la gestión del agua potable, implicaría visionar los parámetros u elementos pilares de las organizaciones prestadoras o proveedoras del servicio de agua potable en las dimensiones de la Sostenibilidad (imagen 2.25).



Fuente: adaptado de Benavides (2010)

Imagen 2.25. Interrelación de aspectos para la sustentabilidad y sostenibilidad en la gestión del agua para el abastecimiento de poblaciones

Por consiguiente, todo ello resulta inédito al romper paradigmas de relacionar sólo los pilares de la organización y los problemas operativos, sino integrar lo ambiental a su accionar (imagen 2.25), teniendo en cuenta la visión:

El recurso agua es limitado e insustituible y sólo funciona como recurso renovable si está bien gestionada, ya que resulta fundamental para el desarrollo socio-económico, para contar con ecosistemas saludables y la supervivencia humana, y así lograr avanzar por senderos de sustentabilidad y sostenibilidad en la prestación de los servicios de agua potable y saneamiento, para ello se debe enfrentar a la creciente degradación ambiental, la vulnerabilidad a desastres naturales y adaptarse eficientemente a la variabilidad climática y al cambio climático, a fin de aprovechar el recurso hídrico de forma sostenida en el tiempo y garantizar el acceso de agua potable a las poblaciones ajustado a un uso no excesivo. (WWAP, 2014; Un Water, 2014)

Al realizar una retrospectiva de la evolución histórica del abastecimiento de agua para las poblaciones desde sus orígenes y de las políticas, declaraciones y acuerdos internacionales en torno al recurso hídrico con énfasis al acceso al agua potable para consumo humano durante un período de 68 años, ya se logró visionar que si existen declaraciones internacionales que dan pie para que se considere incorporar **la gestión ambiental de las cuencas hidrográficas abastecedoras en los procesos de planificación y gestión desde la disponibilidad y captación hasta la red final de distribución del agua potable en centros urbanos, por parte de las empresas prestadoras del servicio de agua potable a fin de que la organización no concentre sólo sus actividades a partir de la obra de captación sino contar con una visión integral desde la cuenca hidrográfica abastecedora para que participe como un actor activo en este sistema ambiental, para ello se considera indispensable que se incorpore la sostenibilidad y sustentabilidad ambiental como un cuarto pilar de la prestación del servicio de agua potable y saneamiento, con el fin de que el desempeño ambiental de la empresa sea eficaz y eficiente, para lograrlo requiere un sistema de indicadores que permita realizar una integración ambiental de procesos claves en la cuenca hidrográfica abastecedora y los procesos de captación – potabilización y distribución.**

Sin embargo, se considera necesario e indispensable que exista una gobernanza en torno al recurso hídrico, que permita garantizar su sostenibilidad y sustentabilidad en el tiempo y a la par contribuir en el desempeño ambiental de las Empresas Proveedoras u Prestadoras del servicio de agua potable en las diversas regiones del mundo, y esta se refiere al rango de sistemas políticos, sociales, económicos y administrativos implementados para desarrollar y manejar los recursos hídricos y la entrega de servicios sanitarios en los diferentes niveles de la sociedad (Global Water Partnership[GWP], 2002; 2003).

Por tanto, antes de continuar hacia el capítulo 3, se culmina el presente capítulo con una revisión documental que se presenta en la **sección 2.4.4** referida al estado del arte de los aspectos relevantes de la gobernanza en torno al recurso hídrico, para visionar la integración ambiental en la evaluación ambiental estratégica del sector agua potable en el abastecimiento de las poblaciones ubicadas en ámbitos urbanos para uso doméstico u

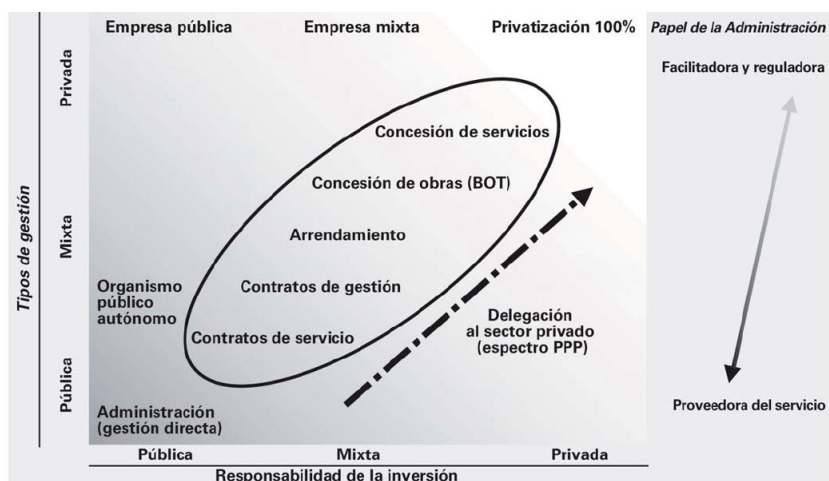
residencial, cuya agua cruda es proveniente de las cuencas hidrográficas de montaña (en el caso de estudio: fuentes abastecedoras superficiales sin regulación), todo ello con el fin de vincularlo a la interrelación de los aspectos relevantes para la sostenibilidad y el desempeño ambiental en la gestión del agua en el abastecimiento de poblaciones urbanas y complementar lo planteado en la imagen 2.25.

2.4.4. Aspectos relevantes de la gobernanza en torno al recurso hídrico con énfasis al acceso al agua potable para consumo humano en ámbitos urbanos

Para contextualizar la organización y gestión del servicio de agua potable, se hace referencia a la obra «*Gobernabilidad y Gobernanza - de la teoría a la práctica. Aplicación a los servicios de Agua Potable y Saneamiento*» del autor Rojas (2010), donde se extrae los hitos relevantes que se citan a continuación:

- Los servicios de agua potable fueron atendidos por agentes privados durante el siglo XIX y en algunos casos, hasta la primera mitad del siglo XX.
- La corriente generalizada en América Latina durante la primera mitad del siglo XX y hasta la década de los años 70, fue la centralización de los servicios de agua potable y saneamiento en entidades nacionales o estatales debido a la orientación hacia la construcción de obras de infraestructura.
- El giro de modelo de gestión se dio en los ochenta, con un fuerte impulso hacia la descentralización, ocurrida en la mayoría de los países de América del Sur, que derivó en diversos modelos de gestión de los servicios con menor alcance geográfico, pero esperada mayor capacidad de gestión, por lo cual varios países se orientó a la transferencia hacia el ámbito municipal.
- En la década de los noventa se cuestiona el modelo y se considera que la única opción para despolitizar los servicios de agua potable y saneamiento, es promoviendo la participación privada integral o parcial, y surgen los modelos de concesión, los modelos BOT (construir-operar-transferir) y en menor medida los contratos de gestión. Y se genera un auge en el tema y los textos de política sectorial de vanguardia de esas fechas apuntan a su promoción como el modelo ideal, el paradigmático; en suma, se aplica el enfoque neoliberal expresado en la gestión de servicios públicos, congruente con las políticas y recomendaciones emanadas del Consenso de Washington.

En este contexto, a nivel mundial existen distintas modalidades de gestión del servicio de agua potable y el saneamiento, bajo el espectro denominado “PPP” del inglés Public – Private Partnership, y se mueve dentro de los límites de una gestión 100% pública y una gestión 100% privada; este espectro, se adapta a la legislación de cada país para la prestación del servicio de agua potable (imagen 2.26).



Fuente: Grimaldos & Rayón (2010)

Imagen 2.26. Espectro PPP del servicio de agua potable

Por tanto, a nivel mundial, la titularidad del recurso agua y la gestión del servicio agua potable, se caracteriza por:

Tabla 2.8. Titularidad del agua y del servicio del agua potable en el mundo

| | | Mundo | España | Venezuela | Caso de estudio. estado Mérida, Venezuela |
|---|------------------|-----------------------------|------------------------------|---|---|
| Agua como bien | | Pública/Privada | Pública | Pública | Pública |
| Responsabilidad | | Pública | Pública | Pública | Pública |
| Servicio de abastecimiento de agua potable | Operación | Pública (95%), Privada (5%) | Pública (50%), Privada (50%) | Pública Centralizada (95%) Pública Descentralizada a Estados y Municipios (5%) | Pública Descentralizada a estados y Municipios (Empresa Regional Aguas de Mérida C.A. y Empresa Municipal Aguas de Ejido C.A.). El caso de estudio se centra en la Empresa Aguas de Mérida C.A. donde sus accionistas son la Gobernación del Estado Mérida (40%) y 22 municipios del estado Mérida (60%) |

Fuente: Asociación Española de Abastecimiento y Saneamiento de Agua (AEAS) citado por Grimaldos & Rayón (2010); Ministerio de Medio Ambiente de España (1999); Hidrológica Venezolana C.A. [HIDROVEN], (2009), Aguas de Mérida C.A. (2014).

Este enfoque sectorial ha ido acompañado, normalmente, de otros planteamientos, como la separación de aguas superficiales y subterráneas, la segregación de la gestión de concesiones y del control de contaminación hídrica, la administración por tramos de ríos o por regiones políticas; en definitiva, la ruptura del ciclo urbano del agua. Estos enfoques, generalmente, ocasionan vacíos, duplicidad y complejidad en la gestión, lo que, a su vez, suele acarrear un uso menos eficiente del agua y un deterioro del recurso (Rodenas, 2010).

Esta situación que se evidencia en los países latinoamericanos, donde están muy presentes en la gestión del agua otros objetivos más apremiantes, como el déficit de infraestructuras básicas, mejorar la eficiencia económica en los aprovechamientos del agua situación que se refleja en la manera de administrar los servicios de agua potable que derivó en alta insolventia financiera y cuestionable calidad en la prestación de los mismos, además se orientó a mejorar los aspectos comerciales, donde cobró importancia el mejorar la facturación y cobranza, reducir la morosidad, y ahí toma particular relevancia los métodos para la fijación de tarifas, mostrando un primer nivel de conflicto con las autoridades locales o regionales, dejando de un lado los aspectos ambientales de la cuenca hidrográfica abastecedora de agua, sólo el interés se centra en captar el caudal requerido para abastecer a las poblaciones (Rojas, 2010).

Sin embargo, hay excepciones notables como es el caso de España que ha sido pionera en el mundo desde el año 1926 en la creación de las Confederaciones Hidrográficas, para una gestión integrada por cuencas hidrográficas, cuyo modelo se ha implementado en toda la Comunidad Europea, esto debido a la cultura milenaria en torno al recurso agua debido a su clima e irregularidad de sus ríos (Rodenas, 2010).

El sector del servicio de abastecimiento de agua potable tiene planteados unos retos muy importantes, derivados de la condición del recurso agua como bien indispensable para la vida y la dignidad humana (Objetivos del Milenio y Objetivos de Desarrollo Sostenible) y de las transformaciones consecuencia del denominado *cambio global*.

Para enfrentar esos retos, son necesarios los esfuerzos conjuntos de todos los actores involucrados en el sector. Pero, en especial, los operadores profesionales del agua tienen un importante papel que jugar, al colaborar en mejorar la eficiencia en la gestión de las infraestructuras y los sistemas actuales y futuros (Grimaldos & Rayón, 2010).

Ante esta situación varios países van dando sus primeros pasos en transformaciones del modelo de administración del agua y el sector agua potable (**tabla 2.9**). La revisión documental deja evidencia de ello hasta el año 2015, por lo que se encontraron muy pocos ejemplos de estructuras administrativas que aborden la planificación y la gestión de los recursos hídricos en su integridad. En la actualidad tan sólo dos países, Brasil y México incluyen en su legislación la gestión por cuencas hidrográficas. En asuntos de gobernanza del agua en Iberoamérica es posible avanzar con una perspectiva integral y

participativa; introduciendo técnicas de planificación hidrológica como método racional para la búsqueda del interés general y de un mayor beneficio económico y social; e integrando las políticas de medio ambiente y los principios de unidad del ciclo hidrológico y de unidad de gestión por cuencas hidrográficas (Rodenas, 2010).

Sin embargo, es notable que en muchos países de América Latina y el Caribe y el mundo, se encuentran en proceso de elaboración de nuevas leyes de aguas o de modificación de las existentes, debido a la influencia de una serie de eventos nacionales e internacionales realizados, así como de acuerdos firmados durante 68 años, cuyos hitos relevantes ya fueron mencionados anteriormente, pero vale la pena resaltar las principales conclusiones del Congreso de Bonn: [...]«**La gestión eficiente del agua depende enormemente de una estructura de gestión moderna y eficiente**». En este sentido, a continuación se presenta una breve reseña de algunos modelos de administración de aguas con énfasis en la vinculación del sector agua potable:

Tabla 2.9. Reseña de algunos modelos de administración de aguas

| Continente | País | Descripción del modelo de administración de aguas |
|----------------------|-------------------|---|
| Centroamérica | Costa Rica | Está vigente la Ley de Aguas de 1942. Además, una abundante legislación sectorial y reglamentaria regula cuestiones como los servicios de agua potable, la generación hidroeléctrica y el riego. |
| | Salvador | La estructura institucional para los recursos hídricos está centralizada en el Ministerio de Ambiente y en el Ministerio de Agricultura, mientras que las funciones más específicas están asignadas a otras agencias gubernamentales. Se han conformado varias entidades de coordinación, tales como la “Red de Agua Potable y Saneamiento”, en la que los entes públicos participan conjuntamente con las ONGs, la cooperación internacional y otros actores. |
| | Guatemala | No existe una ley general sobre el agua, sino varias leyes sectoriales. El Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación ha sido la agencia rectora para la gestión hídrica. El país cuenta con una Comisión Intergubernamental de Recursos Hídricos, que le corresponde la coordinación entre las distintas agencias públicas del agua. |
| | Honduras | La Ley General del Agua vigente es del año 1927. En el año 2003 se aprobó la Ley sobre Agua Potable y Saneamiento. En este país, el órgano del Gobierno encargado de los asuntos hídricos es la Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente. Además, existen otras agencias involucradas en el tema del agua como: la Secretaría de Agricultura y Ganadería, la Empresa Nacional de Energía Eléctrica y el Servicio Autónomo Nacional de Acueductos y Alcantarillados. |

Fuente: Ballester, Brown, Jouravlev, Küffner & Zegarra (2005); Rodenas (2010)

Tabla 2.9. Reseña de algunos modelos de administración de aguas

| Continente | País | Descripción del modelo de administración de aguas |
|---------------|-----------|---|
| Centroamérica | México | <p>El agua es patrimonio de la nación y materia de la exclusiva competencia del Gobierno Federal.</p> <p>Según la Ley Federal de Aguas (1992, 2004), el poder ejecutivo federal es la autoridad en materia de agua, bien directamente o a través de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), organismo dependiente de la Secretaría de Medio Ambiente.</p> <p>En el año 2006, los organismos de cuencas hidrográficas, órganos desconcentrados de CONAGUA, son subordinados plenamente a la jerarquía central.</p> <p>Las funciones que corresponden a los 32 estados federales están limitadas prácticamente a los servicios de abastecimiento y saneamiento de agua. Estas tareas las comparten con los 2.200 municipios.</p> |
| | Nicaragua | <p>La numerosa legislación es de carácter sectorial. Los representantes de las agencias sectoriales conforman la Comisión Nacional de Recursos Hídricos para su coordinación interinstitucional.</p> <p>No existe una ley general de agua y la legislación no está orientada hacia la gestión integrada del agua. El Plan Nacional de Acción de Recursos Hídricos tiene como propósito la gestión integrada.</p> |
| | Panamá | <p>Rige la Ley General del Agua de 1966. Existen otras leyes de carácter sectorial referidas al agua potable, al riego, a la salud pública y a la generación hidroeléctrica.</p> |

Fuente: Ballesteros, Brown, Jouravlev, Küffner & Zegarra (2005); Rodenas (2010)

En el continente europeo, la legislación sobre aguas de la Unión Europea cambió a partir de la adopción en 2000 de la Directiva marco sobre el agua [DMA], que introdujo un **enfoque global para la gestión y la protección de las aguas superficiales y subterráneas basado en las cuencas hidrográficas**. Así mismo, los acuerdos internacionales y actos legislativos relacionados con la contaminación, la calidad y la cantidad de las aguas complementan a la DMA. Con la adopción de la DMA (2000/60/CE), la política de aguas europea ha sido sometida a un proceso de reestructuración. En el año 2012, la comisión publicó el **“Plan para Salvaguardar los Recursos Hídricos de Europa”** (COM 2012, 673), con el que se pretendía garantizar la disponibilidad de una cantidad suficiente de agua de calidad, para todos los usos legítimos mediante una mejor aplicación de la actual política de aguas de la Unión, la integración de los objetivos de la política de aguas en otros ámbitos de actuación.

En cuanto al agua potable en la Directiva 98/83/CE del Consejo, se establecen normas de calidad básicas para las aguas destinadas al consumo humano, y se exige a los Estados miembros, que supervisen periódicamente la calidad del agua destinada al consu-

mo humano mediante el uso de un método de muestreo puntual. Los Estados miembros pueden incluir requisitos complementarios específicos para su territorio, siempre y cuando ello implique fijar normas más estrictas. Dicha directiva, exige asimismo a los Estados miembros que faciliten información periódica a los consumidores. Además, cada tres años deben informar a la comisión sobre la calidad del agua potable.

En el año 2013 se adoptó la Directiva 2013/51/Euratom del Consejo que establece los requisitos de salud pública con respecto a las sustancias radiactivas en las aguas destinadas al consumo humano, con el objetivo de adaptar las disposiciones vigentes al Tratado Euratom.

En la continuación de la tabla 2.9, se hace especial énfasis en España ya que existe una importante experiencia en planificación y gestión del agua desde tiempos muy antiguos. Ello se debe a las singulares características hidroclimáticas del país, que han forzado a actuar desde tiempos remotos para combatir la irregularidad del régimen hidrológico y conseguir suministros estables de agua que permitieran el desarrollo de actividades socioeconómicas (Cabezas, 2010).

Tabla 2.9. Reseña de algunos modelos de administración de aguas

| Continen- te | País | Descripción del modelo de administración de aguas |
|-----------------|---------------|---|
| Europeo | España | <p>Desde el año 1866, la Ley del Agua representa el primer intento de regular específicamente las aguas territoriales españolas, aunque no llegó a entrar en vigor debido el periodo revolucionario que dio lugar a la primera República. Sus principios básicos, no obstante, pasaron en gran parte a la Ley de 1879 entre ellos el del dominio público de todas las corrientes naturales, los cauces y riberas de los ríos.</p> <p>Para manejar los recursos hídricos de España según lo reportado por el Parlamento Europeo, se han creado administraciones especializadas, los organismos de cuenca para la gestión del agua y se descentraliza adaptándose territorialmente al nivel de cuenca. Estos organismos, creados desde 1926, tenían inicialmente como papel principal la construcción de infraestructura hidráulica.</p> <p>Las confederaciones hidrográficas, son entidades de derecho público con personalidad jurídica propia, distinta de la del Estado, con plena autonomía funcional, adscritas, a efectos administrativos, al Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino o a las consejerías correspondientes en las Comunidades Autónomas. De acuerdo con la Ley del año 1985, las funciones de las confederaciones hidrográficas son: la elaboración, seguimiento y revisión del Plan Hidrológico de cuenca, la administración y control del dominio público hidráulico, otorgando autorizaciones y concesiones y vigilando el cumplimiento de las mismas; el proyecto, construcción y explotación de las obras realizadas con fondos propios y las que le sean encomendadas por el Estado u otros entes territoriales; y cualquier otra función que emane del acuerdo de la confederación con otros entes públicos o privados.</p> |

Fuente: DMA (1988 -2013); Ministerio de Medio Ambiente de España (1999); Cabezas (2010)

Tabla 2.9. Reseña de algunos modelos de administración de aguas

| Conti-nente | País | Descripción del modelo de administración de aguas |
|-------------|-----------|--|
| Europeo | España | <p>En las últimas décadas su papel ha cambiado hasta la protección y el uso sostenible del agua, una tendencia que se ha reforzado con la implementación de la directiva marco del agua de 2000 en España.</p> <p>Los organismos de cuenca tienen varios órganos consultivos para aumentar la participación de los usuarios en la toma de decisiones, por tanto, las Confederaciones Hidrográficas, son herramientas para la toma de decisiones participativas al nivel local y de la cuenca.</p> <p>El esquema de planificación previsto en la Ley de Aguas se completó con:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ El Real Decreto 927/1988, aprueba el reglamento de la administración pública del agua y de la planificación hidrológica. ▪ La Orden de 24 de septiembre de 1992, por la que se aprueban las instrucciones y recomendaciones técnicas complementarias para la elaboración de los planes hidrológicos de cuencas intercomunitarias. <p>El abastecimiento de agua y saneamiento en España, cuenta con la Asociación Española de Abastecimientos de Agua y Saneamiento (AEAS), que se constituyó en mayo de 1973, con el objetivo de coordinar, divulgar y defender la actividad de los servicios y empresas de abastecimiento de agua y saneamiento y ser un motor de estímulo a la investigación, colaboración y comunicación en el sector. Es importante resaltar, que el sector se caracteriza por una cobertura universal y con una calidad de servicio buena. Alrededor de un 60% de la población es abastecida por empresas privadas que operan gracias a las concesiones de los municipios. La compañía de abastecimiento más grande de España es Aguas de Barcelona (Grupo Agbar), con el 50% de las concesiones privadas del mercado.</p> <p>España tiene la tercera factura del agua más barata de la Unión Europea, con 1,22 euros el metro cúbico, por detrás de Lituania, con una media de 0,64 euros/m³, e Italia, con 1,14 euros/m³, según datos de la Asociación Española de Abastecimientos de Agua y Saneamiento [AEAS].</p> |
| Oceanía | Australia | <p>Desde la llegada de los primeros europeos a Australia, las políticas del agua estuvieron marcadas por el objetivo del desarrollo económico y el crecimiento de la población. Hacia el año de 1980, la creciente y acentuada escasez del agua en el continente australiano ya era un asunto de gobierno y este se planteó buscar un balance entre el uso del agua con fines económicos y el que necesita el medio ambiente para mantenerse saludable (Office of Water Regulation [OWR], 1999; Cabrera M., E., Cobacho, R., Almandoz, J., Cabrera R., E. & Arregui, F. (2002a)</p> <p>En el año 1994, se reseña la primera acción para una reforma de la Ley de Agua, en la que se estableció una reforma para enfrentar la degradación de las fuentes hídricas, mejorar la sustentabilidad y la eficiencia de la industria del agua.</p> |

Fuente: DMA (1988 -2013); Ministerio de Medio Ambiente de España (1999); Asociación Española de Abastecimientos de Agua y Saneamiento [AEAS]; Cabezas (2010); OWR (1999); Cabrera *et al.* (2002a); Cabrera (2002b), Cabrera (1997).

Tabla 2.9. Reseña de algunos modelos de administración de aguas

| Conti-nente | País | Descripción del modelo de administración de aguas |
|-------------|-----------|--|
| Oceanía | Australia | <p>En esta reforma de ley, se diseñó una estructura bien equilibrada que contemplaba como uno de los cambios principales el establecimiento de una separación clara entre los cuerpos reguladores, suministradores y gestores de las fuentes de recurso, todos ellos situados al mismo nivel y bajo una única entidad, como señala OWR (1999), gráficamente:</p> <div data-bbox="608 689 1214 1240" style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin: 10px auto; width: fit-content;"> <pre> graph TD MRH[Minister for Water Resources Ministro de Recursos Hídricos] OWR[Office of Water Regulation Oficina de Regulación del Agua] WRC[Water and Rivers Commission Comisión para el Agua y los Ríos] WUA[Water Utilities Abastecimientos] DEP[Department of Environmental Protection Departamento de Protección Medioambiental] HDS[Health Department Departamento de Sanidad] COM[Community Comunidad] MRH -- "Asesora sobre política, tarificación y calidad del servicio" --> OWR MRH -- "Asesora sobre recursos hídricos, ríos y masas de agua" --> WRC OWR -- "Concede las licencias a gestores del servicio y controla su rendimiento" --> WUA WRC -- "Protege los recursos hídricos y concede las licencias para el acceso a los mismos" --> WUA DEP -- "Concede las licencias para la explotación de plantas depuradoras" --> WUA HDS -- "Fija los requisitos para el agua potable" --> WUA WUA -- "Gestiona suministro de agua, riego, drenaje y depuración" --> COM OWR -- "Regula las quejas, informes de gestión y niveles de servicio" --> COM </pre> </div> <p>Para ello, reorganizaron sus administraciones, como es el caso de la Water Services Coordination Act en el año 1995.</p> <p>En el año 2004, luego del impacto que generó la sequía del río Murray, se creó la National Water Initiative (NWI), en que todos los gobiernos de la federación se comprometieron a una gama de medidas que apuntaban a mejorar la eficiencia del uso del agua en Australia.</p> <p>En el año 2007, se realiza acuerdo nacional y se aprobaron varios cambios legislativos en la Commonwealth's Water Act, que representan "una especie de nacionalización del agua". Esto permitió que el agua de la cuenca hidrográfica "Murray-Darling", fuera administrada en concordancia con los intereses nacionales, y no ya de los privados. Desde entonces, la Commonwealth está comprando derechos de agua a privados y dando beneficios a los pequeños agricultores que decidan vender y cambiar su actividad agrícola a una que no requiera de un riego sistemático, sin la necesidad de que pierdan sus tierras en el proceso. Esos derechos de agua adquiridos por la Commonwealth son asignados a las necesidades medio ambientales. De esta manera, parte de los derechos de agua están quedando en manos del Estado como un bien público y bajo una sola administración.</p> |
| | | <p>Fuente: OWR (1999); Cabrera <i>et al.</i> (2002a)</p> |

Tabla 2.9. Reseña de algunos modelos de administración de aguas

| Continentes | País | Descripción del modelo de administración de aguas |
|-----------------|-----------|--|
| América del Sur | Argentina | <p>País de estructura federal, la gestión de los recursos hídricos se caracteriza por un enfoque sectorial y una dispersión institucional. Corresponde a las provincias el dominio de los recursos naturales existentes en su territorio.</p> <p>No existe una legislación nacional de aguas que abarque todo el ámbito nacional. La Constitución de Argentina (reforma del año 1994) establece la competencia de la Nación para legislar en materia ambiental.</p> <p>Corresponde al Ministerio de Salud la protección del ambiente y a su Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable la gestión del agua. Y ello en coordinación con el Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios, cuya Secretaría de Obras Públicas tiene competencia primaria en la política hídrica nacional.</p> |
| | Bolivia | <p>Un avance hacia la gestión integrada de los recursos hídricos fue de la Ley de Protección y Conservación del Medio Ambiente y los Recursos Naturales del año 1992, en la que se establece que la planificación, protección y conservación de los recursos hídricos y el manejo integral y control de las cuencas constituyen prioridad nacional, y se encomienda al Estado su promoción. Según esta Ley, el manejo integral de los recursos a nivel de cuenca es uno de los instrumentos básicos de la planificación ambiental.</p> |
| | Brasil | <p>Dispone de uno de los sistemas de gestión del agua más modernos de Iberoamérica.</p> <p>En el año 1997 el Gobierno federal estableció el Sistema Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos, que implementa con una visión integral la política nacional del agua y la protección del medio ambiente hídrico.</p> <p>El Sistema Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos comprende fundamentalmente: el Consejo Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), la Agencia Nacional de Aguas, los Comités de Cuencas y las Agencias de Aguas.</p> |
| | Ecuador | <p>La Ley de Aguas del año 1960 reconoció el agua como bien nacional, mientras que anteriormente era propiedad privada.</p> <p>Desde el año 1994, se han producido cambios importantes con la creación del Consejo Nacional de Recursos Hídricos. Corresponden al Ministerio de la Vivienda los servicios de agua potable y saneamiento, y al Consejo Nacional de Electrificación, la generación de energía hidroeléctrica.</p> |

Fuente: Mattos & Crespo (2000); Díaz & Bertranou (2003); Ballester, Brown, Jouravlev, Küffner & Zegarra (2005); Jouravlev (2001); Lobato, De Moraes & Soares (2004); Rodenas (2010); Galárraga (2000); Bustamante (2002).

Tabla 2.9. Reseña de algunos modelos de administración de aguas

| Continente | País | Descripción del modelo de administración de aguas |
|-----------------|-------|--|
| América del Sur | Chile | <p>Existen dos organismos que tienen que ver con el agua como recurso; estos son la Dirección General de Aguas (DGA) del Ministerio de Obras Públicas (MOP) y la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA). La primera tiene varias funciones relacionadas con la formulación de políticas de recursos hídricos, planificación del desarrollo del recurso, constitución de derechos de aprovechamiento y monitoreo de los cuerpos de agua y de los usos del agua; y la segunda “CONAMA”, debe coordinar las acciones que se derivan de las políticas y estrategias definidas por el gobierno en materia ambiental.</p> <p>El resto de las instituciones del Estado que tienen injerencia en lo que se refiere al agua, son más bien de carácter sectorial, vale decir se preocupan de este recurso sólo en cuanto puede afectar el comportamiento de su sector económico. Esta situación comprende: a la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS), organismo regulador de empresas de servicios de agua potable y saneamiento.</p> |
| | Perú | <p>En 1855, se crea la empresa de agua potable de Lima. 1981 - Creación del servicio de agua potable y alcantarillado de Lima (SEDAPAL).</p> <p>En 1913, se conforma la Fundación del Consejo Superior de Agua Potable de Lima, luego la Junta Municipal de Agua Potable de Lima.</p> <p>La legislación de aguas vigente proviene de la Ley General de Aguas (1969) y tiene un claro sesgo agrario. Una proliferación de normas reglamentarias ha modificado aspectos sustantivos de la legislación original.</p> <p>Un intento significativo en torno a los recursos hídricos, fue la creación en el año 1991 de las Autoridades Autónomas de Cuencas Hidrográficas.</p> <p>En este país el Ministerio de Salud, es la autoridad en materia de calidad del agua y vertidos.</p> <p>En el año 1999, SEDAPAL logró la certificación ISO 9002 al sistema de aseguramiento de la calidad para la producción de agua potable en las plantas de tratamiento de La Atarjea. Además, se implementa el Sistema de Gestión Ambiental, de acuerdo a la Norma ISO 14001.</p> <p>SEDAPAL cuenta con un Plan Ambiental 2012 - 2016, principal instrumento de gestión ambiental, que tiene por finalidad lograr los objetivos empresariales, ligados al mejoramiento de la calidad de vida de la comunidad para contribuir a alcanzar el Desarrollo Sostenible de las provincias de Lima y Callao.</p> |

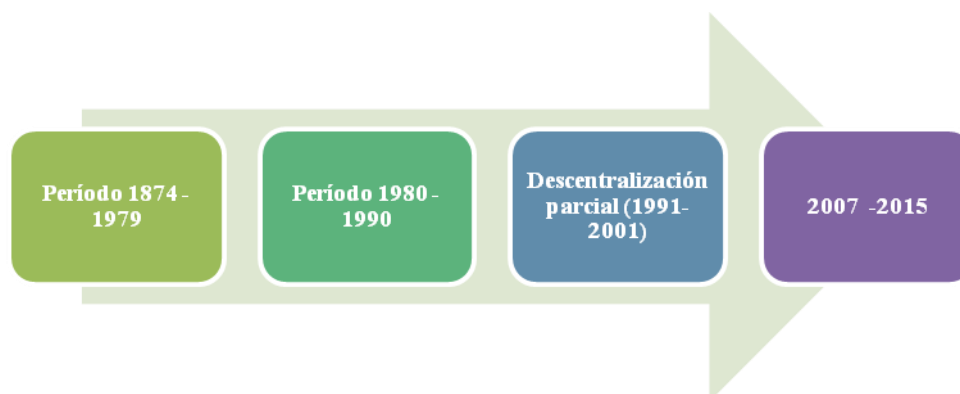
Fuente: Peña & Brown (2004); Rodenas (2010); Dourojeanni & Jouravlev (1999); Ballesteros, Brown, Jouravlev, Küffner & Zegarra (2005); Brown & Saldivia (2000).

Tabla 2.9. Reseña de algunos modelos de administración de aguas

| Conti- nente | País | Descripción del modelo de administración de aguas |
|-----------------|-----------|---|
| América del Sur | Colombia | <p>El 17 de abril de 1886, se firmó el contrato para la provisión de agua a Bogotá por tubería de hierro, el cual fue ratificado y aprobado por el Concejo Municipal mediante el Acuerdo 23 del año 1886. De las 27 cláusulas que integraron el mencionado contrato, puede sintetizarse su contenido así: se le dio a los contratistas, por 70 años, el privilegio exclusivo para establecer, usar y explotar en Bogotá y Chapinero acueductos de tubería de hierro; se les concedieron los derechos que tenía la ciudad sobre el uso de los ríos, quebradas, fuentes y vertientes; se les cedieron los acueductos existentes para que les dieran el uso más apropiado dentro del proyecto general de aprovisionamiento a la ciudad; se les cedieron las rentas, auxilios y subvenciones de que gozaba el Ramo de Aguas; se les concedió el permiso de llevar el agua hasta las casas de los particulares, es decir, establecer un servicio domiciliario; se les puso a su disponibilidad y sin ningún gravamen los terrenos que necesitaran para las obras y el municipio se comprometió a que adelantaría las expropiaciones que se requirieran para ese fin; se les otorgó la excepción de impuestos municipales y la ciudad solicitó la de los nacionales y del Distrito Federal.</p> <p>Las principales normas que regulan la gestión de los recursos hídricos en Colombia son las siguientes: Constitución Política de 1991, Ley 99 del año 1993 (mediante la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente), Decreto – Ley 2811 del año 1974 (Código de los Recursos Naturales Renovables), Ley 09 del año 1979 (Código Sanitario Nacional), Decreto 1541 del año 1978 (Concesiones de agua), Decreto 1594 del año 1984 (Usos del agua y el manejo de los residuos líquidos), Decreto 1753 del año 1994 (Licencias ambientales). Sistema tarifario para prestación de los servicios públicos (ley 142 del año 1994).</p> <p>La Superintendencia de Servicios Públicos. Actualmente se desarrollan en el país diferentes programas, unos de carácter permanente otros ocasionales, de cuyo éxito depende la adecuada gestión del agua potable y saneamiento básico. Estos programas y las entidades encargadas de realizarlos se enuncian a continuación:</p> <p>a) Inventario Nacional de Calidad del Agua a cargo del Ministerio de Salud Pública, b) Programa Nacional de Sostenibilidad del Ministerio de Desarrollo Económico, c) Modernización empresarial. Ministerio de Desarrollo Económico, d) Vigilancia de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios adscrita al Ministerio de Desarrollo Económico, e) Normas de regulación en el funcionamiento de las empresas bajo la supervisión de la Comisión Reguladora de Agua Potable y Saneamiento Básico adscrita al Ministerio de Desarrollo Económico, f) Control y recuperación ambiental a cargo del Ministerio del Medio Ambiente.</p> |
| | Venezuela | |

Fuente: OMS & OPS (2001); Dourojeanni & Jouravlev (1999); Ballester, Brown, Jouravlev, Küffner & Zegarra (2005); Ministerio de Desarrollo Económico de la República de Colombia (1998); Ministerio de Medio Ambiente de la República de Colombia (1996); Ojeda & Arias (2000)

El caso de Venezuela, se presenta una síntesis especial, ya que es el país donde se enmarca el caso de estudio de la investigación, la cual se contextualiza por períodos en la imagen 2.27, y se describen los hitos más relevantes (tabla 2.10).



Fuente: OMS & OPS (2001); Colina (2009); Cañizales (2006); HIDROVEN C.A (2007)

Imagen 2.27. Períodos institucionales del sector agua potable y saneamiento en Venezuela

Tabla 2.10. Breve reseña histórica en la administración del agua y su vinculación con el sector agua potable en Venezuela

| Período | Hito relevante |
|-------------|---|
| 1874 - 1975 | <ul style="list-style-type: none"> ▪ En el año 1874, se crea el Ministerio de Obras Públicas (MOP) para encargarse de las obras hidráulicas. ▪ Desde la época de gobierno del general Juan Vicente Gómez (1908 -1936), el agua o acueductos era un servicio público de prestación obligatoria y gratuita por parte del estado a los ciudadanos. ▪ En el año 1943, se creó el Instituto Nacional de Obras Sanitarias [INOS] y en el año 1947 ya contaba con división de hidrología y meteorología. En esta época le fue asignada la responsabilidad de la construcción, operación y mantenimiento de los sistemas de acueductos y cloacas en centros poblados rurales hasta un máximo de 5000 habitantes al Ministerio de Sanidad y Asistencia Social [M.S.A.S.]. Es importante resaltar, que el INOS, tenía la concepción , el estado asume todos los costos y gastos del servicio de agua para el país, los cuales incluyen tratamiento del agua (potabilización), tuberías o acueductos (traslado de esta a su destinatario), recolección y tratamiento de las aguas servidas y mantenimiento de estas tres fases del proceso del servicio público del agua. De acuerdo a esto, al consumidor se le cobraba por el servicio de agua, pero este cobro no era indispensable para la operatividad del INOS, ya que el servicio de aguas era una obligación del estado, ese cobro simplemente contribuía a mitigar el gasto del ente nacional. ▪ En el año 1975, el M.S.A.S. le transfiere al INOS (11.137) acueductos de poblaciones rurales con más de 1000 habitantes y queda con la responsabilidad de prestar servicio en poblaciones dispersas con menos de 1000 habitantes. ▪ En la década del 60 y en la del 70, el INOS, contó con los recursos económicos que le permitieron construir la mayor parte de los grandes sistemas de producción, conducción, tratamiento y distribución de aguas de las principales ciudades del país y en menor inversión, la construcción de los sistemas de recolección y tratamiento de aguas servidas. Esto produjo un incremento de cobertura de los servicios de agua potable y saneamiento en el país. |

Fuente: OMS & OPS (2001); Colina (2009); Cañizales (2006); HIDROVEN C.A. (2007)

Tabla 2.10. Breve reseña histórica en la administración del agua y su vinculación con el sector agua potable en Venezuela

| Período | Hito relevante |
|-------------|--|
| 1980 - 1990 | <ul style="list-style-type: none"> ▪ A partir del año 1980, se evidenció en el INOS, una acumulación de deficiencias que debilitaron su condición de prestador de servicio, lo cual se acentuó en los indicadores de eficiencia y demanda, que dio origen a la política de descentralización. ▪ A partir del año 1989, se inicia un proceso de reestructuración del sector público dentro del cual se incluyó el servicio de agua potable y saneamiento. ▪ En el año 1990, INOS fue disuelto, y se crearon las "HIDROS", con el fin de descentralizar la prestación de los servicios hacia las municipalidades que ya tenían la responsabilidad legal por dicha entrega, esto según lo establecido en la Constitución Nacional y en la Ley Orgánica de Régimen Municipal (junio, 1989), referente a la competencia de cada municipio en abastecimiento de agua potable, cloacas, drenajes y tratamiento de aguas residuales, así como las obligaciones mínimas en la prestación del servicio según el número de habitantes de la zona. ▪ La compañía anónima Hidrológica de Venezuela (HIDROVEN) desde el 24 de mayo de 1990, pasó a operar y administrar los sistemas de agua potable y saneamiento; ésta depende del Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales (MARN), constituyendo las 10 empresas operadoras regionales. |
| 1991 - 2001 | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Desde el año 1994, HIDROVEN C.A. comenzó a promover la transferencia, la cual se materializó cuando los municipios crearon sus propias empresas para la prestación de los servicios (con participación accionaria de los respectivos municipios y gobernaciones involucrados en cada caso). Los municipios asumieron así su competencia, a través de contratos con estas empresas. Tal es el caso de HIDROLARA, Aguas de Monagas, Aguas de Portuguesa, Aguas de Yaracuy y <u>Aguas de Mérida C.A.</u>, que asumieron directamente el servicio antes prestado por HIDROCCIDENTAL, HIDROCARIBE e HIDROANDES (Hidrológicas Regionales filiales de HIDROVEN). ▪ En el año 1999, la Gestión del Agua, se sustenta en el Artículo 304 de la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela que reza: «Todas las aguas son bienes de dominio público de la Nación, insustituibles para la vida y el desarrollo. La ley establecerá las disposiciones necesarias a fin de garantizar su protección, aprovechamiento y recuperación, respetando las fases del ciclo hidrológico y los criterios de ordenación del territorio». ▪ En el año 2001, con la promulgación de la Ley Orgánica para la Prestación de los Servicios de Agua Potable y Saneamiento (Lopsaps) publicada en Gaceta Oficial N° 5.568 Ext. 31-12-2001, se creó el marco legal para optimizar la prestación, facilitar la transformación institucional del sector, promover y garantizar el acceso de toda la población a la provisión de agua potable y saneamiento, contribuyendo así al desarrollo sustentable de los recursos hídricos. En este contexto, la ley tiene por objeto regular la prestación de los servicios públicos de agua potable y de saneamiento, establecer el régimen de fiscalización, control y evaluación de tales servicios y promover su desarrollo, en beneficio general de los ciudadanos, de la salud pública, la preservación de los recursos hídricos y la protección del ambiente, todo ello, en concordancia con la política sanitaria y ambiental que en esta materia dicte el Poder Ejecutivo Nacional y con los planes de desarrollo económico y social de la Nación. El propósito de la ley también era reformar la estructura institucional del sector. |

Fuente: OMS & OPS (2001); Colina (2009); Cañizales (2006); HIDROVEN C.A. (2007)

Tabla 2.10. Breve reseña histórica en la administración del agua y su vinculación con el sector agua potable en Venezuela

| Período | Hito relevante |
|------------|---|
| 2007 -2015 | <ul style="list-style-type: none"> ▪ En la transformación legislativa en materia de aguas, en el año 2007, se publica la LEY DE AGUAS, en Gaceta Oficial N° 38.595 de fecha 02 de enero de 2007, cuyo objeto es establecer las disposiciones que rigen la gestión integral de las aguas, como elemento indispensable para la vida, el bienestar humano y el desarrollo sustentable del país, y es de carácter estratégico e interés de Estado. Cuyos principios de la gestión integral de las aguas (Artículo 5°) que rigen la gestión integral de las aguas enmarcados en el reconocimiento y ratificación de la soberanía plena que ejerce la República sobre las aguas y son: <p style="margin-left: 40px;"><i>[...]1. El acceso al agua es un derecho humano fundamental. 2. El agua es insustituible para la vida, el bienestar humano, el desarrollo social y económico, ... y debe ser manejada respetando la unidad del ciclo hidrológico; 3. El agua es un bien social. El Estado garantizará el acceso al agua a todas las comunidades..., según sus requerimientos; 4. La gestión integral del agua tiene como unidad territorial básica la cuenca hidrográfica; 5. La gestión integral del agua debe efectuarse en forma participativa; 6. El uso y aprovechamiento de las aguas debe ser eficiente, equitativo, óptimo y sostenible; 7. Los usuarios o usuarias de las aguas contribuirán solidariamente con la conservación de la cuenca, para garantizar en el tiempo la cantidad y calidad de las aguas [...]</i></p> <p>En esta ley establece la <u>Autoridad Nacional de Aguas</u>, el <u>Consejo Nacional de Aguas</u> y se dispone la conformación de <u>Consejos de Regiones hidrográficas</u> y <u>Consejos de Cuencas Hidrográficas</u>, siendo de carácter obligatorio el <u>Registro Nacional de Usuarios del Agua</u> (RENUFA).</p> ▪ El Estado Venezolano en atención a los Objetivos del Desarrollo del Milenio, establece la política sanitaria y ambiental en torno al recurso agua en los planes de desarrollo económico y social de la Nación 2007 -2019. ▪ En el año 2007, el proyecto llamado “Plan Nacional de Recursos Hídricos”, nació para identificar, ordenar y cuantificar la cantidad y calidad de las aguas, superficiales y subterráneas, y hacer la prospección del recurso agua en el corto, mediano y largo plazo y se esquematizó por la autoridad ambiental (denominado por el año 2015 como Ministerio de Ecosocialismo y Aguas [MINEA]) en el tren hídrico nacional. |


Fuente: Ministerio del Poder Popular para el Ambiente [MINAMB], (2007); HIDROVEN C.A. (2007)

Tabla 2.10. Breve reseña histórica en la administración del agua y su vinculación con el sector agua potable en Venezuela

| Período | Hito relevante |
|------------|--|
| 2007 -2015 | <ul style="list-style-type: none"> ▪ En el año 2015, Aguas de Mérida C.A. es la primera hidrológica descentralizada en Venezuela, que cuenta con un plan estratégico, que persigue los siguientes objetivos: <ol style="list-style-type: none"> 1) Talento humano altamente capacitado, motivado bajo el principio de justicia e igualdad social, comprometido con la prestación eficiente del Servicio de Agua Potable y Saneamiento en el estado. 2) Gestión gerencial que estimule y desarrolle la prestación oportuna y eficiente del servicio de Agua Potable y Saneamiento en el estado 3) Participación del poder popular como instancia organizada, que bajo el principio de inclusión y corresponsabilidad social, procuren la sostenibilidad y sustentabilidad de sus sistemas de Agua Potable y Saneamiento 4) Gestión financiera sostenible y sustentable mediante una retribución económica justa por la contraprestación del servicio, que permita cubrir los gastos que se derivan del proceso productivo del agua potable suministrada a la población merideña. 5) Gestión ambiental implementada en cuencas abastecedoras y receptoras de los servicios de agua potable y saneamiento. 6) Uso eficiente del agua a partir de la planificación operativa del servicio de agua potable y saneamiento. 7) Vida útil restituida de los sistemas de abastecimiento de agua potable. 8) Servicio de saneamiento integral que garantice su ejecución efectiva. ▪ En atención al plan estratégico Aguas de Mérida C.A, que establece el objetivo estratégico N° 5 “Gestión ambiental implementada en cuencas abastecedoras y receptoras de los servicios de agua potable y saneamiento”, surgió la presente línea de investigación de acuerdo a la estrategia titulada «<i>Desarrollar la planificación y formulación del sistema de gestión ambiental de los servicios de agua potable y saneamiento en el estado Mérida, Venezuela</i>», en el marco de las siguientes acciones estratégicas: <ol style="list-style-type: none"> 1) Diseñar formular el sistema de gestión ambiental según las normas de calidad para las empresas prestadoras del servicio de agua potable y saneamiento. 2) Realizar la evaluación ambiental estratégica como herramienta para la gestión del recurso agua y sostenibilidad. 3) Determinar indicadores de desempeño y sostenibilidad. |

Fuente: Aguas de Mérida C.A. (2015a; 2015b)

Tabla 2.10. Breve reseña histórica en la administración del agua y su vinculación con el sector agua potable en Venezuela

| Período | Hito relevante |
|------------|--|
| 2007 -2015 | <p>4) Diseñar, formular e implementar un programa de monitoreo hidroclimático permanente de las cuencas abastecedoras y receptoras.</p> <p>5) Implementar los sistemas de información geográfica y la aplicación de modelos hidrológicos e hidrodinámicos de las cuencas abastecedoras para su diagnóstico ambiental.</p> <p>6) Diseñar e implementar sistema de información de las principales fuentes abastecedoras y receptoras en el estado.</p> <p>7) Diseñar e implementar procesos de supervisión y auditorías ambientales.</p> <p>8) Establecer alianzas estratégicas interinstitucionales para la capacitación, actualización e investigación.</p> <p>Para lograrlo, Aguas de Mérida C.A., entre sus políticas institucionales incorporó:</p> <div style="display: flex; align-items: center; margin: 10px 0;">  <div style="margin-left: 20px;"> <p>Con responsabilidad ambiental, buscamos asegurar la prestación con ecoeficiencia del servicio de agua potable y saneamiento a la población merideña, mediante la formulación y ejecución de políticas, planes, programas, proyectos orientados a la sostenibilidad ambiental de las fuentes abastecedoras y receptoras, como reto ineludible y compromiso compartido entre la hidrológica, las instituciones competentes y el poder popular, reconociendo la importancia de la conservación y uso eficiente del recurso agua.</p> </div> </div> <p>Esto implica un proceso de mejora dinámico (imagen 2.25), que busca incorporar como cuarto pilar de la prestación del servicio de agua potable y saneamiento la dimensión ambiental, lo que responde a una de las interrogantes planteadas, ya que la gestión hídrica urbana se halla actualmente en el umbral de una transformación como respuesta a las demandas de agua urbanas que están creciendo rápidamente y a la necesidad de lograr que los sistemas hídricos urbanos tengan mayor capacidad de adaptarse al cambio climático (Bahri, 2009).</p> |

Fuente: Aguas de Mérida C.A. (2015a; 2015b)

En este contexto y por las diferentes situaciones e iniciativas presentadas en los diversos países, como lo sintetizado en las tablas anteriores, en el Foro Mundial del Agua en La Haya, el marco para la Acción de la Global Water Partnership [GWP] en el año 2000, declaró que *«la crisis de agua es a menudo una crisis de gobernanza»* (GWP, 2003).

Es por ello que, desde la conferencia de Dublín, realizada en el año 1992, se han establecido significativas metas internacionales relacionadas con la **governabilidad**, que según Rojas (2010) «*es el equilibrio dinámico entre el nivel de demandas sociales y la capacidad del sistema político para responderlas de manera legítima y eficaz, conforme a procesos y procedimientos mutuamente aceptados*», mientras que **governanza** «*expresa la manera de gobernar, la forma de conducción –no jerárquica- que posibilita la consecución de objetivos y metas mediante el consenso, la coordinación, la articulación de políticas, normas y procedimientos, así como la efectiva rendición de cuentas y transparencia*».

Los principios declarados sitúan a los recursos hídricos bajo la función estatal de aclarar y mantener un sistema de derechos de propiedad y de la gestión participativa, afirmando la relevancia de descentralizaciones significativas, al nivel más bajo posible.

Por lo antes expuesto, y en busca de criterios y sistemas de indicadores, que permitan evaluar la sostenibilidad y el desempeño ambiental de las empresas prestadoras, proveedoras u operadoras del servicio de agua potable, se realizó la revisión y análisis de múltiple información publicada por organismos internacionales, detectando que lo planteado por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico [OCDE], en reunión del consejo ministerial en el año 2015, es aplicable a la gestión del agua potable, ya que proponen principios de la gobernanza para el sector agua, en atención a las presiones globales ejercidas sobre este vital recurso natural, lo cuales están reflejados en las proyecciones realizadas por la OCDE en el año 2012, que indican:

- El 40% de la población mundial vive en cuencas hidrográficas bajo estrés hídrico y la demanda del agua se incrementará en un 55% para el año 2050 (OECD, 2012); al mismo tiempo aumentará la demanda de agua urbana debido al crecimiento de las poblaciones, junto con ello, los suministros hídricos pueden llegar a ser escasos (**tabla 2.11**) conforme cambian los patrones de precipitación, los caudales de los ríos y los mantos freáticos debido a la variabilidad climática (Programa de las Naciones Unidas para los asentamientos humanos [en sus siglas en inglés UN-Hábitat], 2011).

Tabla 2.11. Riesgos debido a la variabilidad climática en torno al recurso agua y sus posibles efectos en el suministro de agua potable continuo a las ciudades

| Riesgo climático | Efecto | Sistema vulnerable | Posibles consecuencias |
|--------------------------------|---|---------------------------|---|
| Descenso en la precipitación | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Escasez de agua ▪ Reducción en los caudales de los ríos. | SUMINISTRO DE AGUA | Escasez de agua para viviendas, industrias y servicios. |
| Incremento de la precipitación | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Crecidas y desbordamientos ▪ Inundaciones. | | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Interrupción del suministro público de agua. ▪ Incremento de la turbiedad. |
| Temperaturas más Altas | Incremento de la erosión y el transporte de sedimentos. | | Sedimentación y reducción de la capacidad de almacenamiento hídrico e incremento de la turbiedad. |
| | Concentraciones reducidas del oxígeno del agua y mezcla alterada | | Calidad de agua reducida |
| | Incremento del contenido bacteriano y fúngico del agua. | | Aumento en los requerimientos de tratamiento para eliminar el olor y el sabor. |

Fuentes: Adaptado de Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC] (2007); Loftus, Howe, Anton, Philip & Morchain (2011); Danilenko, Dickson & Jacobsen (2010); Bates, B., Kundzewicz, Z, Wu, S., & Palutikof, J.(2008); Bergkamp, G., Orlando, B., & Burton, I. (2003); Pageler (2009); Rosenzweig, Iglesias, Yang, Epstein & Chivian (2001); Svendsen & Künkel (2008).

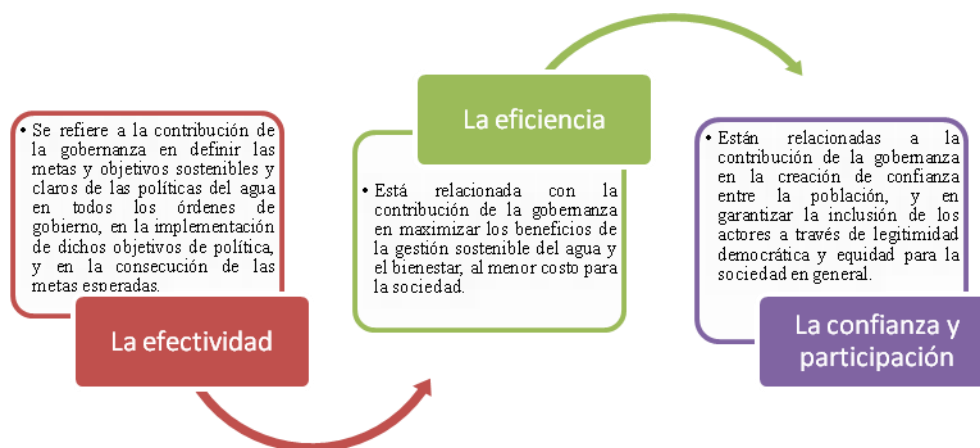
Sumado a lo expuesto en la tabla 2.11, existen que tiende a agudizar la gobernanza del sector agua potable en diversos países del mundo, debido a:

- La infraestructura hidráulica está envejeciendo, la tecnología está obsoleta y los sistemas de gobernanza a menudo no están bien equipados para atender la creciente demanda, los desafíos ambientales, el continuo proceso de urbanización, la variabilidad climática y los desastres ocasionados por el agua.
- La sobre-explotación y contaminación de los acuíferos a nivel mundial, lo que influirá en plantear retos importantes a la seguridad alimentaria, a la salud de los ecosistemas y al suministro de agua potable, y elevará el riesgo de subsidencia, entre otras repercusiones.

Además de lo señalado, es de resaltar, que la mejora de la eficiencia del suministro de agua ha sido uno de los principales problemas a resolver tradicionalmente por parte de las empresas y ayuntamientos que se encargan del abastecimiento de agua a la población (Morote, 2015). Situación que se evidencia a escala mundial, en reportes técnicos que señalan que más del 40% del agua potable no se registra en los sistemas urbanos de distribución antes de llegar al consumidor (Global Water Market [GWM], 2011).

En relación a ello, el estudio realizado por Morote (2015) intitulado “**La planificación y gestión del suministro de agua potable[...]**”, señala que en términos absolutos; se estima que el volumen de agua no registrada cada día alcanza los **45 millones de metros cúbicos**, suficientes para dar servicio a 200 millones de personas cuyo consumo se estima en 30 millones de metros cúbicos, es decir, que cerca de un 67% de agua potable es consumida cada día y no facturada debido a fraudes y mediciones no exactas (Kingdom, Liemberger & Marín, 2006) y el 33% restante correspondería a pérdidas físicas y a consumos que, aun siendo autorizados, no se miden.

Por lo antes mencionado, los “principios de gobernanza del agua de la OCDE” establecidos en el año 2003, tienen la intención de contribuir a la creación de políticas públicas tangibles y orientadas a la obtención de resultados, en base a tres dimensiones de la gobernanza del agua que mutuamente se refuerzan, complementan y contribuyen a la mejora del “**Ciclo de gobernanza del agua**”, desde la formulación de políticas hasta su implementación, **por lo que es aplicable a las empresas prestadoras u proveedoras del servicio de agua potable** (imagen 2.28, 2.29 y 2.30).



Fuente: adaptado de OECD (2003)

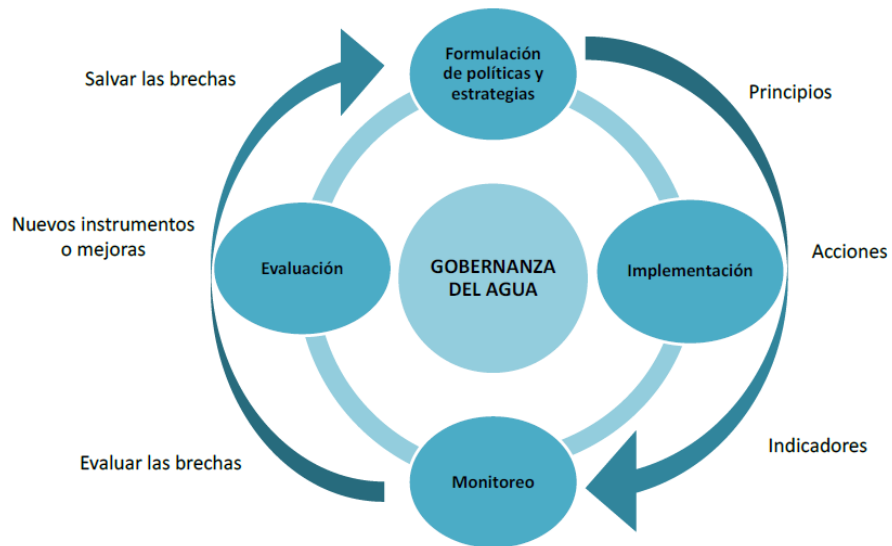
Imagen 2.28. Interrelación de los principios de gobernanza del agua

Cuya visión general de los principios de la gobernanza del agua, se muestran gráficamente:



Fuente: OECD (2015a)

Imagen 2.29. Visión de los principios de gobernanza del agua



Fuente: OECD (2015a)

Imagen 2.30. Ciclo de gobernanza del agua

En este contexto, los principios y el ciclo de la gobernanza del agua, citados anteriormente están interrelacionados con las tres dimensiones de la sostenibilidad, ya que tienen por objeto mejorar los sistemas de gobernanza del agua trascendiendo el enfoque del Consenso de Washington de sólo promover la participación privada en la prestación del servicio de agua potable. Por tanto, **dicha interrelación servirá de modelo para ser aplicados a la gobernanza del agua potable adaptados a los desafíos del agua en el mundo y a la diversidad de sistemas legales, administrativos y organizativos de los países, ya que permiten gestionar el aprovechamiento, la relación oferta – demanda del recurso hídrico para la prestación del servicio de agua potable a las poblaciones urbanas para uso doméstico de manera sostenible, integral, e incluyente, a un precio aceptable y en un espacio de tiempo razonable.**

Esto permitirá que las políticas del sector agua potable, puedan adaptarse a los diferentes recursos hídricos y especificidades territoriales; ya que las respuestas de la gobernanza deben adaptarse a las circunstancias cambiantes, así como de los eminentes riesgos por la variabilidad climática y crecientes problemas de contaminación, cuyo impacto ambiental se verá reflejado en la cantidad, calidad, continuidad y cobertura del suministro de agua potable a las poblaciones asentadas en las ciudades. Esta adaptabilidad de la política, permitirá de manera eficaz, eficiente y efectiva, garantizar la sostenibilidad del recurso hídrico en el tiempo.

En esta perspectiva y en atención a lo planteado por OECD (2015a; 2015b; 2015c), en la investigación se planteó que **la gobernabilidad y gobernanza de los servicios de agua potable**, se entiende como:

El equilibrio dinámico entre la oferta (fuentes abastecedoras de agua cruda) y demanda; al evaluar de forma permanente cantidad, calidad, espacio y tiempo, con base en los intereses de usuarios del agua y del colectivo, para la reducción de conflictos, de acuerdo a la capacidad del prestador para atenderlas con efectividad, eficiencia, confianza y participación, conforme a la normativa, procesos y procedimientos establecidos, en busca de una gestión urbana del agua potable sostenible. (OECD, 2015a; 2015 b; 2015c)

Esta visión y de acuerdo a lo planteado por Hoekstra (2006), permite incluir la dimensión ambiental en la prestación del servicio de agua potable en ámbitos urbanos, obligando a adoptar un enfoque integrado, reconociendo que los **“sistemas hídricos”** forman parte del **“sistema ambiental”** y que interactúa con los **“sistemas sociales”**; además basados en la revisión documental, es inminente, que se interrelacione con los procesos del servicio de agua potable en términos políticos, administrativos y de gestión, dirigido al uso sostenible, eficiente, equitativo con condiciones igualitarias para los usuarios del servicio, debido a que la cantidad, calidad y continuidad del servicio repercute directamente en la salud de las personas y sus oportunidades de sustento (imagen 2.31).



Fuente: adaptado de Tropp (2005)

Imagen 2.31. Gobernabilidad y gobernanza del agua potable en ámbitos urbanos

La gobernanza y gobernabilidad en los servicios de agua potable y saneamiento según Rojas (2010), debe ser medida, en términos de la **legitimidad**: (a) satisfacción de la continuidad del servicio de agua potable; b) satisfacción de la calidad del agua; c) satisfacción de atención al ciudadano; d) aceptación social del ajuste tarifario; e) densidad de reclamos. Y en términos de **eficacia**: a) cobertura de agua potable; b) cobertura de alcantarillado; c) índice de continuidad del servicio; d) eficiencia del Agua facturada; e) cobertura de medición.

Antes este planteamiento, un prestador del servicio de agua potable, alcanzará legitimidad, si brinda un servicio en la cantidad y calidad esperada y a un precio considerado justo o aceptable por los usuarios.

Es por ello, que la legitimidad y eficacia son variables mutuamente necesarias, tal como fue descrito anteriormente. Además, se debe considerar **otros factores** como: a) permanencia gerencial; b) estabilidad general del personal; c) competitividad salarial; d) grado de profesionalización; e) conflictividad organizacional; f) efectividad en la rendición de cuentas (transparencia).

Lo antes expuesto, podrá contribuir a mejorar el desempeño ambiental de las empresas prestadoras u proveedoras del servicio de agua potable, al ir enfrentando los problemas de gobernanza del agua, identificados en el VI Foro Mundial del Agua (2012), las cuales se agrupan en tres grandes bloques:

- La administración del agua a partir de la unidad de ciclo hidrológico (aguas superficiales y aguas subterráneas) para gestionarse integralmente.
- La provisión de servicios eficientes para hacer efectivo y universal el acceso al agua potable y saneamiento.

- La formulación e implementación de políticas efectivas, transversales, coordinadas, especialmente con las territoriales y la acción subsidiaria de los gobiernos cuando sea posible.

Esta situación revela que se requiere establecer un sistema de indicadores de desempeño ambiental de las empresas prestadoras, proveedoras u operadoras del servicio de agua potable, a fin de que permita un monitoreo u seguimiento permanente para fortalecer acciones dirigidas a enfrentar y *afrentar la mejora sostenible, eficiente y equitativa, disminuyendo la escasez física y económica del agua en una ciudad, para garantizar el acceso sostenible, eficiente y equitativo al agua potable.*

Todo ello, implica que en la gestión de los servicios de agua potable y saneamiento se integren varias disciplinas para trascender a la visión de la década de los setenta, ochenta, noventa y que aun hoy día se evidencia en la gran mayoría de los países, al considerar que planificar el servicio de agua potable para ámbitos urbanos partía desde la captación (cantidad de agua cruda captada) y que era suficiente con garantizar los aspectos técnicos y operativos para brindar agua en cantidad suficiente y en calidad físico química y microbiológica adecuada (Rojas, 2010).

Esta visión política – técnica aún persiste en el abastecimiento de agua a las poblaciones en algunas regiones del mundo, como se logró percibir en la revisión documental y que también fueron detectados en el diagnóstico realizado por Aguas de Mérida C.A. para la formulación del Plan Estratégico, cuyos efectos fueron claramente identificados y sistematizados por Benavides (2010) para el caso Iberoamericano y que coincide en algunos ítems con la problemática de sistemas de abastecimientos de agua españoles señalados en el libro “*Problemática de los abastecimientos urbanos. Necesidad de su Modernización*” (Cabrera & García, 1997).

En este contexto, con el diagnóstico de Aguas de Mérida C.A. (2014) y de acuerdo con los autores Benavides (2010) y Cabrera & García (1997), se asumen como problemas comunes y latentes para el abastecimiento de agua a las poblaciones de diversas regiones del mundo en especial de los países latinoamericanos, los mencionados en la tabla 2.12, lo cuales conducen hacia impactos sinérgicos, cíclicos y de vuelco permanente a una entropía global del abastecimiento de agua potable a las poblaciones, que impiden alcanzar y estar en el nivel deseado de desempeño y sostenibilidad que permita lograr el acceso justo al agua potable a los ciudadanos.

Tabla 2.12. Problemas comunes y latentes en los sistemas de abastecimiento de agua a las poblaciones

| Causa | Efecto | Impacto |
|--|---|---|
| Baja eficiencia en el manejo de agua potable por parte de los organismos operadores responsables | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Cantidad y calidad de agua insuficiente, en tiempo y espacio. ▪ Empirismo cuanto por actitud idiosincrática costumbrista del personal, lo que influye directamente para que disminuya la eficiencia de potabilización y el agua deje de tener características aceptables para consumo humano. ▪ Las redes se operen sin una sectorización adecuada, o sin un sistema de macro medición, ni procedimientos que ajusten (regulen) el servicio con depósitos de almacenamiento, ni monitoreo o regulación de la presión, así como tampoco se invierte en los instrumentos que permitan medir u optimizar la cantidad y calidad del flujo distribuido, menos aún, en la igualmente importante, renovación de la infraestructura del abastecimiento. | Insostenibilidad social. |
| Inexistencia a escasos planes de formación y capacitación del personal incluyendo formación del personal de relevo, en temas inherentes a la gestión de abastecimientos de agua. | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Desconocimiento o debilidades técnicas para la mejora de la gestión de la oferta y la demanda. ▪ Desconocimiento o debilidades técnicas para labores de operación y mantenimiento. ▪ El desconocimiento del tema de gestión sostenible de redes que involucre un duradero equilibrio económico, social y ambiental de la operación y mantenimiento del sistema de abastecimiento en pleno, empeora la situación | |
| Tarifas por pago de consumo de agua suministrada insuficientes. | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Sistema de mantenimiento preventivo y correctivo y de la <i>mejora constante</i> desfinanciados. ▪ Inestabilidad e ineficiencia financiera. ▪ Recursos financieros insuficientes dirigidos a solo compromisos laborales en un 90%. | Insostenibilidad social y económica. |
| Subsidios mal estructurados, pues no propician el uso eficiente. | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Deterioro incontrolado y totalizado de la infraestructura hidrosanitaria del sistema. ▪ Servicio intermitente. | |
| Cultura inapropiada para la oferta y demanda de agua. | <ul style="list-style-type: none"> ▪ No existe gestión de la oferta ni de la demanda con base en la relación: costo / beneficio. ▪ Derroche y gasto por operadores y usuarios. | Insostenibilidad económica. |
| Infraestructura de los sistemas con vida útil cumplida. Estado físico actual de las redes y sus componentes de distribución en condiciones deficientes. | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Afecta la calidad y cantidad de servicio. ▪ Fugas. ▪ Contaminación por intrusión. ▪ Racionamientos prolongados ▪ Los sistemas son insuficientes hidráulicamente ▪ La demanda de agua potable es superior que la ofertada, debido entre otras cosas a la limitada capacidad instalada con la que cuentan dichos sistemas. | |

Fuente: adaptado de Benavides (2010); Breña (2007); Cobacho (2000); Cabrera & Garcia (1997)

Tabla 2.12. Problemas comunes y latentes en los sistemas de abastecimiento de agua a las poblaciones

| Causa | Efecto | Impacto |
|--|---|---|
| <p>Descoordinación legal, política, institucional y social.</p> <p>Inapropiadas prácticas y políticas de gestión de cuencas hidrográficas que sirven de fuente para el abastecimiento.</p> | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Insensibilidades: ambiental y conservacionista. ▪ Sobre explotación de cuencas tributarias. ▪ Deficiencia en la ejecución de políticas en la gestión integral del agua para el abastecimiento de las poblaciones. En Venezuela conlleva a no darle vida a la conformación de Consejos de Cuencas Hidrográficas e inactividad de las Mesas Técnicas de Agua. <hr/> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Degradación de cuencas tributarias o fuentes. ▪ Sobre explotación de sus recursos. ▪ Se activa sólo en Época de sequía extremas u en épocas de crecidas torrenciales, ambas afectan la continuidad del servicio de agua potable. ▪ Contaminación aguas abajo. ▪ Cambios de uso y cobertura de tierras. ▪ Activación de Procesos Erosivos. | <p style="color: green;">Insostenibilidad.</p> |
| <p>Politización de las estructuras administrativas de la institución operadora, que afectada por superposiciones institucionales administrativas limitan la continuidad de planes, programas y trabajos técnicos prioritarios.</p> | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Discontinuidad de ejecución de obras de infraestructura, inversiones desordenadas y caos constructivo. ▪ Aprobación de recursos financieros a proyectos a nivel de idea. ▪ No ejecutar planes de mantenimiento preventivo a infraestructuras hidráulicas para no interrumpir servicio a la población a fin de no afectar al gobernante en la región. ▪ Procesos irregulares en su tratamiento y serios descuidos operativos en la desinfección. ▪ En la mayoría de los casos no prestan mayor importancia al tema de la rehabilitación, renovación o mejora de los sistemas actuales. Así, el proceso de envejecimiento de la infraestructura hidráulica registra una disminución significativa de las disponibilidades hídricas puestas al servicio de la colectividad. ▪ Las políticas preventivas de daños en las redes y detección de fugas son débiles u inexistentes, ocasionando esto que un gran número de abastecimientos no contabilicen hasta en un 70% del volumen inyectado. Concatenado con un limitado sistema de micro medición. | <p style="color: black;">Insostenibilidad social, económica y ambiental</p> |

Fuente: adaptado de Benavides (2010); Breña (2007); Cobacho (2000); Cabrera & Garcia (1997)

Tabla 2.12. Problemas comunes y latentes en los sistemas de abastecimiento de agua a las poblaciones

| Causa | Efecto | Impacto |
|--|---|--|
| <p>Crecimiento horizontal y desorganizado de las ciudades.</p> <p>Crecimiento anárquico y sin planificación en Latinoamérica</p> | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Sistemas insuficientes. ▪ Desorden territorial. ▪ Consumidores y usuarios insatisfechos. ▪ Aprobación de proyectos de urbanismos sin evaluar la capacidad del sistema de abastecimiento. ▪ Falta u ausencia de planificación de los servicios de agua potable. ▪ Debilidad fuerte en la planificación y ordenamiento urbano. ▪ Debilidad fuerte en la planificación, ordenación y gestión en cuencas abastecedoras de agua. | <p>Insostenibilidad social, económica y ambiental</p> |

Fuente: adaptado de Benavides (2010); Breña (2007); Cobacho (2000); Cabrera & Garcia (1997)

Lo sistematizado en la tabla 2.12, permite citar a Cabrera M., E., Cobacho, Almandoz, Cabrera R., E. & Arregui (2002a), en su artículo titulado “**La gestión del agua en los países de la unión europea: paradigmas del norte y el sur**”, ya que su visión paradójica es similar con los países del mundo, la cual refleja que:

[...] «Los sistemas mejor gestionados son los que se encuentran en los países del norte, donde no existe estrés hídrico». La razón es clara, estos países entendieron hace tiempo que la conservación de los recurso hídricos no es un fin en sí mismo, sino sólo una parte de una estrategia a largo plazo para asegurar un suministro fiable y seguro de agua potable (Beecher, 1998 citado por Cabrera M., E. *et al.* 2002a). Este es un concepto muy importante que los países del sur suelen olvidar con demasiada frecuencia [...]

Por tanto, el autor Funtealba (2011), señala que para para medir la sostenibilidad del abastecimiento de agua a las poblaciones, se deben considerar cuáles son los factores que nos permitan mantenerla en el tiempo, que entre otros, se mencionan los siguientes:

- Capacidad de las fuentes de agua.
- Calidad de las fuentes de agua.
- Capacidad de gestión de las organizaciones de usuarios.
- Modelo adecuado de financiamiento para la operación y mantenimiento.
- Políticas públicas.
- Inversión en infraestructura.
- Inversión en asesoría, asistencia y capacitación.
- Subsidio a la demanda.

Por tanto, y para finalizar la gobernanza en la prestación del servicio de agua potable en ámbitos urbanos, la definiremos como, ***la capacidad de implantación y desarrollo de arreglos institucionales eficientes y estables que permitan enfrentar diversos retos que enfrentan las sociedades en diversos ámbitos: social, económico, ambiental, político y administrativo.***

Este cambio en la cultura del agua para lograr un buen desempeño ambiental y una gestión sostenible del agua en ámbitos urbanos, puede llegar, si se cumple una planificación y gestión estratégica de la prestación del servicio de agua potable, que incluya todas las dimensiones de la sostenibilidad con basamento en las cuencas hidrográficas abastecedoras de agua; y en estos tiempos, resulta indispensable ante la evidencia de la variabilidad climática y eminente cambio climático que en términos hidrológicos - hidráulicos, significará una disminución del agua disponible. Con el tiempo, será cada vez más difícil equilibrar la demanda con la oferta.

2.5. Conclusiones y líneas futuras de investigación del capítulo 2

Se cumple con la hipótesis H₁ y H₂ y los objetivos propuestos como fundamentos de desarrollo del Capítulo 2, especialmente se concluye lo siguiente:

En atención a la preocupación mundial manifiesta durante un período de 68 años de Declaraciones y Acuerdos Internacionales en torno al recurso hídrico y las acciones de la humanidad desde tiempos remotos para el uso y conservación del recurso agua, queda ratificada la sentida necesidad de integrar como eje transversal lo ambiental en la prestación del servicio de agua potable para abastecer a las poblaciones en ámbitos urbanos, y por ende, se logra las interrogantes planteadas al inicio del presente capítulo, lo que indica que si es posible incorporar la dimensión ambiental como eje transversal en la prestación del servicio de agua potable para romper paradigmas de varias décadas que impide trascender a una gestión sostenible del agua potable enmarcada en los Objetivos del Desarrollo Sostenible.

Tras la revisión documental del período 1948 - 2016, se logró visionar que existen declaraciones y acuerdos internacionales, que dan pie para que se considere incorporar por parte de las empresas prestadoras del servicio de agua potable la gestión ambiental de las cuencas hidrográficas abastecedoras en los procesos de planificación y gestión, desde la disponibilidad y captación hasta la red final de distribución del agua potable en centros urbanos, a fin de que la organización no concentre sólo sus actividades a partir de la obra de captación sino contar con una visión integral desde la cuenca hidrográfica abastecedora para incorporarse como un actor activo en este sistema ambiental. Para ello, se considera indispensable que se incorpore la sostenibilidad y sustentabilidad ambiental como un cuarto pilar de la prestación del servicio de agua potable y saneamiento, con el fin de que se logre un óptimo desempeño ambiental de la empresa; por lo que se requiere un sistema de indicadores que permita realizar

una integración ambiental de procesos claves en la cuenca hidrográfica abastecedora y los procesos de captación – potabilización y distribución.

Por tanto, se buscó innovar a partir de conocer el estado del arte relacionado al tema de investigación y su evolución en el tiempo, para profundizar en metodologías planteadas para la sostenibilidad de los abastecimientos de agua potable de países en desarrollo, todo ello, en busca de una propuesta metodológica, que permita contar con un sistema de indicadores que trascienda de la gestión tradicional y permita evaluar de forma constante el desempeño y sostenibilidad del operador u prestador del servicio en el tiempo, a fin de que los resultados permitan identificar el estado actual de las cuencas hidrográficas abastecedoras de agua (fuentes abastecedoras de agua sin regulación) y su influencia directa en los procesos de gestión del agua potable, y así orientar sus decisiones y acciones que lo encaminen hacia una mejora del desempeño ambiental.

Bajo esta concepción, Venezuela podrá contar con un instrumento flexible y adaptable a las características propias de cada región y replicable a otros países. En este caso, se contribuirá en estructurar una herramienta técnica que le permita al actual Ministerio de Ecosocialismo y Aguas (MINEA) como Autoridad Nacional de las Aguas, realizar seguimiento y control a las empresas prestadoras del servicio de agua potable centralizada y descentralizadas como usuarios de las aguas como está establecido en la Ley de Aguas vigente; así mismo el modelo permitirá a la Hidrológica Venezolana (HIDRO-VEN C.A.), quien actúa como Superintendente Nacional de los Servicios de Agua Potable y Saneamiento y según la Ley Orgánica para la Prestación de los Servicios de Agua Potable y Saneamiento le compete regular la prestación de los servicios públicos de agua potable y de saneamiento, establecer el régimen de fiscalización, control y evaluación de tales servicios y promover su desarrollo, en beneficio general de los ciudadanos, de la salud pública, la preservación de los recursos hídricos y la protección del ambiente, en concordancia con la política sanitaria y ambiental que en esta materia dicte el Poder Ejecutivo Nacional y con los planes de desarrollo económico y social de la Nación.

En cuanto a las líneas futuras de investigación que se derivan del capítulo 2, se plantea lo siguiente:

- Diseñar metodología flexible para establecer un sistema de gestión ambiental según las normas de calidad para las empresas prestadoras del servicio de agua potable y saneamiento.
- Realizar la evaluación ambiental estratégica, como herramienta para la gestión del recurso agua y sostenibilidad.
- Diseñar metodología bajo la concepción del Diseño Ambientalmente Integrado, para la gestión integral del recurso hídrico con énfasis en cuencas hidrográficas abastecedoras de agua y sus conflictos de uso.



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



CAPÍTULO III

Contexto metodológico de la evaluación del desempeño y sostenibilidad en la gestión del agua potable

Desarrollo de una metodología para la evaluación del desempeño y la sostenibilidad ambiental en la gestión del agua potable. Caso de Estudio: Aguas de Mérida C.A. (Venezuela).

CAPÍTULO III

Contexto metodológico de la evaluación del desempeño y sostenibilidad en la gestión del agua potable

3.1. Consideraciones generales del capítulo 3

La gestión del recurso agua en las dimensiones de la sostenibilidad, es la principal preocupación y desafío en el siglo XXI en un mundo cada vez más urbanizado, donde el acceso al agua potable para la población mundial se posiciona como la principal prioridad en el mundo (Niemczynowicz, 1999).

En este contexto y lo adoptado en la Cumbre de la Tierra de Río de Janeiro realizada en el año 1992, se planteó en el marco general que «el agua es parte integrante y aseguradora del Desarrollo Sostenible» y como **política del agua, establece:**

Garantizar que se mantenga un abastecimiento adecuado de agua de buena calidad para toda la población de este planeta, al tiempo que se preservan las funciones hidrológicas, biológicas y químicas de los ecosistemas, adaptando las actividades humanas dentro de los límites de la capacidad de la naturaleza y luchando contra los vectores de las enfermedades relacionadas con el agua. (ONU, 1992b)

Frente a esta situación y con la nueva visión que se debe tener de la gestión urbana del agua para garantizar su acceso sostenible, eficiente y equitativo del recurso hídrico a la población, enmarcado en un contexto de integración y sostenibilidad, representan un desafío para las organizaciones prestadoras del servicio público de agua potable y saneamiento, exigiéndoles, trascender a lo que actualmente fundamentan sus pilares, principios y problemas, agrupándolos sólo en cuatro parámetros o elementos:

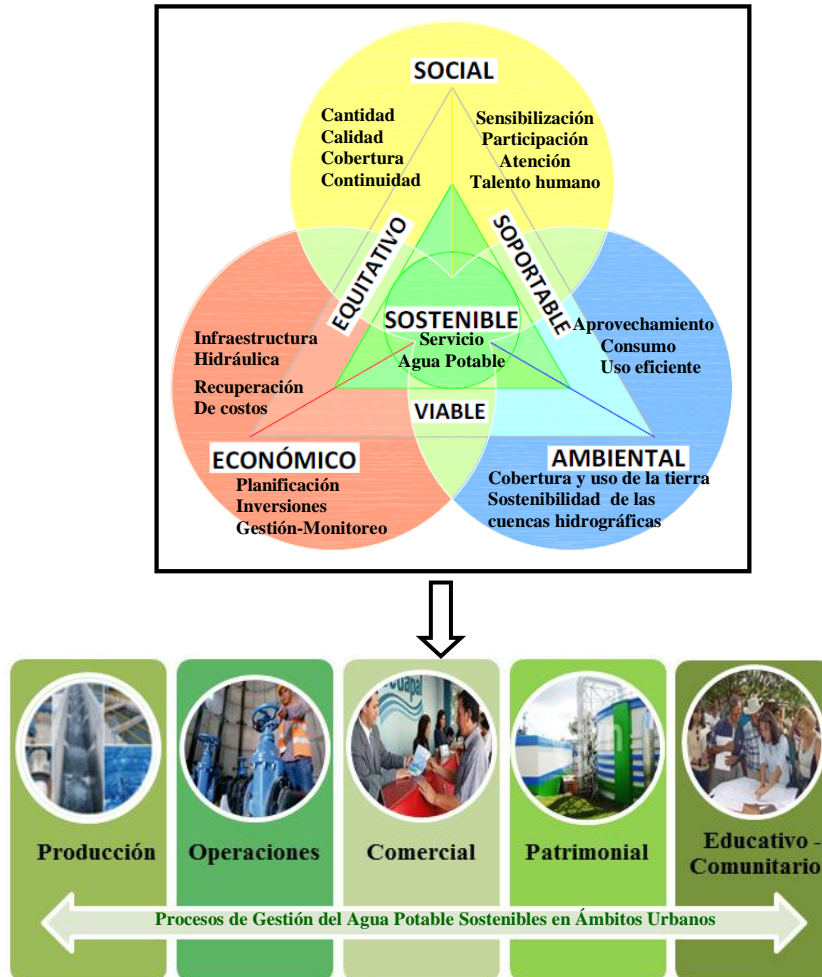
- **Cobertura.** El servicio de agua potable no es accesible al mayor número de usuarios.
- **Cantidad.** El recurso hídrico no es suficiente.
- **Oportunidad y Continuidad.** El servicio de suministro de agua no se encuentra siempre disponible.
- **Calidad.** El agua no siempre es apta para el consumo humano.

Por tanto, la gestión urbana del agua involucra los campos del abastecimiento de agua potable y en atención a la creciente demanda de agua, en cantidad y calidad, en los países en desarrollo, se ejerce permanente presión sobre los gestores, operadores, proveedores u prestadores del servicio de agua potable, a base de la mejora constante de su desempeño y los obliga a replantearse su plan de acción, hasta ahora inconsistente y trivial en la mayoría de ellos, comprometiendo el equilibrio entre los aspectos que se involucran en el servicio de abastecimiento de agua (Benavides, 2010).

Esto, debido a que el sistema de recursos hídricos, es un componente prioritario dentro del objetivo de la sostenibilidad urbano-regional, ya que garantiza la disponibilidad adecuada de agua potable a largo plazo (tanto en términos de calidad como de cantidad), para los ciudadanos y los ecosistemas que los soportan, determina la calidad de vida y el bienestar de los habitantes de un área geográfica. Por tanto, un **sistema de recursos hídricos sostenible**, implica que las obras de infraestructura, las políticas, los planes y las prácticas sean «físicos, económicos, ambientales, ecológicos y socialmente aceptables y benéficos para las actuales y futuras generaciones» (American Society of Civil Engineers [ASCE], 1998).

Por lo antes mencionado, el desempeño ambiental de las empresas a nivel global, es un tema que ha estado cada vez más presente en la agenda pública y en los medios de comunicación, constituyéndose, en una temática de alta sensibilidad política y social y que para trascender ante la problemática latente, descrita en el capítulo 2, se requiere interrelacionar aspectos de la sostenibilidad y sustentabilidad en la gestión para el abastecimiento a las poblaciones (imagen 3.1).

Esto implica ir más allá de la garantía de suministro y la consideración de derecho básico, el cual ofrece una perspectiva sintética, donde el agua es mucho más que un recurso porque conlleva valores intrínsecos y patrimoniales. Aunado a ello el desafío de la variabilidad y cambio climático, no hace más que reforzar esta prioridad de recuperación y mantenimiento del buen estado de las cuencas, ante una ya evidente reducción de las precipitaciones, fluctuaciones de las aportaciones o caudales y un incremento de las temperaturas, por tanto, cada día se tiende a incrementar la vulnerabilidad de los recursos hídricos a causa del estrés hídrico (Observatorio de la sostenibilidad en España [OSE], 2008).



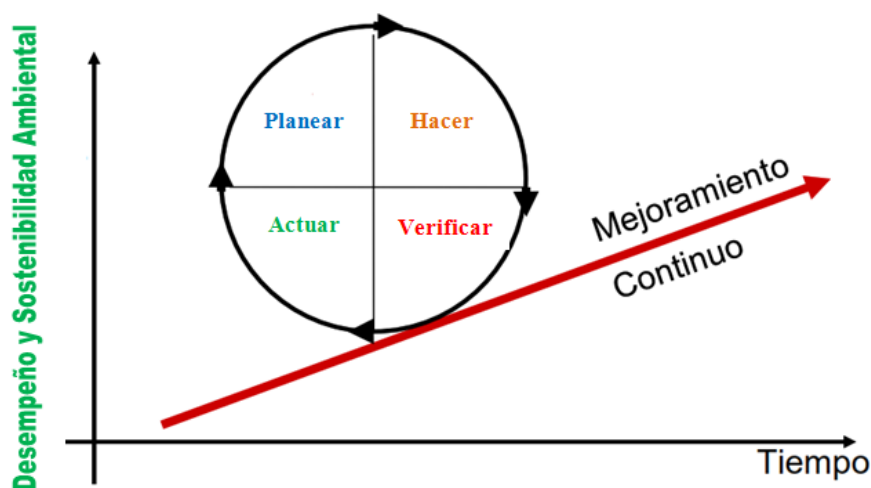
Fuente: adaptado de Benavides (2010)

Imagen 3.1. Aspectos a integrar en la propuesta metodológica para la sustentabilidad y sostenibilidad en la gestión del agua para el abastecimiento de poblaciones

En la interrelación expuesta en la imagen 3.1, implica que en los procesos de gestión, planificación, monitoreo y toma de decisiones en el sector agua potable, es indispensable simplificar y cuantificar esta complejidad del sistema ambiental de manera tal que pueda ser analizado en un contexto dado y comunicarse a los diferentes niveles de la sociedad. Esto implica, que deben emplearse instrumentos de gestión ambiental, siendo imprescindible contar con estrategias y compromisos voluntarios en atención a políti-

cas institucionales propias del Estado donde se desarrollen y la aplicación de normas internacionales (Adriaanse, 1993).

En este contexto, en la presente investigación se establece que la evaluación de la sostenibilidad y desempeño ambiental (ESDA) para las empresas prestadoras del servicio de agua potable, es un proceso para facilitar las decisiones de gestión y planificación estratégica por medio de indicadores, recopilando y analizando datos, evaluando información con base en criterios de desempeño ambiental, reportando y comunicando, revisando periódicamente y mejorando este proceso. Ya que es preciso, que las empresas operadoras, proveedoras u prestadoras del servicio de agua potable para el abastecimiento a las poblaciones en ámbitos urbanos, trabajen para elevar su nivel de sostenibilidad y desempeño permanentemente (imagen 3.2).



Fuente: adaptado de Observatorio ambiental de Bogotá (2004)

Imagen 3.2. Ciclo para la sostenibilidad y desempeño ambiental en la gestión del agua para el abastecimiento de poblaciones

En atención a lo antes mencionado, Aguas de Mérida C.A. (2015b), contempla en su plan estratégico, el objetivo estratégico N° 5 «**Gestión ambiental implementada en cuencas abastecedoras y receptoras de los servicios de agua potable y saneamiento**», de donde surge la presente línea de investigación de acuerdo a la estrategia titulada «*Desarrollar la planificación y formulación del sistema de gestión ambiental de los servicios de agua potable y saneamiento en el estado Mérida – Venezuela*», en el marco de la acción estratégica: **Determinar indicadores de desempeño y sostenibilidad ambiental, para conocer la situación actual y sus tendencias como paso pre-**

vio al diseño de un sistema de gestión ambiental. Esto conlleva a un proceso de mejora dinámica (imagen 3.3), y que busca incorporar como cuarto pilar de la prestación del servicio de agua potable y saneamiento la dimensión ambiental, lo que responde a una de las interrogantes planteadas, ya que la gestión hídrica urbana se halla actualmente en el umbral de una transformación como respuesta a las demandas de agua para ámbitos urbanos, los cuales están creciendo rápidamente debido a la necesidad de lograr que los sistemas hídricos urbanos tengan mayor capacidad de adaptarse al cambio climático (Bahri, 2012).

Esto implica, reestructurar e incorporar al sistema de indicadores tradicionales de gestión del servicio de agua potable que giran en torno a cobertura, cantidad, calidad y continuidad. En este caso, se deben incorporar los *indicadores ambientales (IA)* y los *indicadores de sostenibilidad (IS)*; los primeros permiten objetivizar las principales tendencias de las dinámicas ambientales y realizar una evaluación; y los segundos están relacionados con instrumentos de medición y cuantifican la evolución en el tiempo del comportamiento, así como, la protección ambiental de la empresa (organización estatal o privada); con el fin de determinar tendencias y realizar la planificación, control y corrección de los factores que afectan el equilibrio de la sostenibilidad en un periodo determinado (IHOBE, 1999; Contreras & Cloquell, 2006; Cloquell, 2012).

Ambos indicadores, sintetizan grandes volúmenes de datos e información estadística, útiles, y que permiten, monitorear el estado y tendencia del sistema ambiental “cuenca hidrográfica abastecedora” y su influencia en los procesos de gestión del agua potable. Por tanto, resultan de utilidad como insumo en un determinado proceso de toma de decisiones (Quiroga, 2001; 2007).

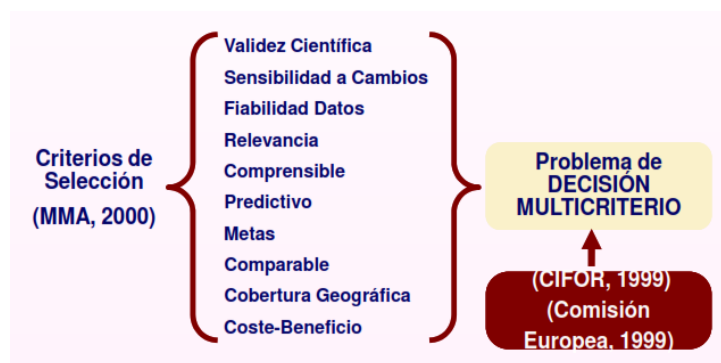
Estas herramientas se generan para contribuir en el diseño y gestión, a lo largo del monitoreo y, hasta la consecuente, evaluación de las políticas públicas y programas sectoriales o transversales (Quiroga, 2007).

En esta área de estudio vinculada a Sistemas de Indicadores, la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico [OCDE], es uno de los pioneros en la generación y propuestas de indicadores ambientales en el mundo, y uno de los organismos que más profusamente ha construido y articulado conjuntos de éstos orientados a las políticas públicas. Ésta, define a un **indicador**, como un parámetro o el valor resultante de un conjunto de parámetros, que ofrece información sobre un fenómeno, con un significado más amplio que el directamente asociado a la configuración del parámetro. El significado añadido que conlleva un indicador, precisa de una definición clara de su función (OCDE, 1991).

De allí, es que los indicadores pueden ser definidos como variables individuales o como variables que son función de otras variables. La función puede ser tan simple, como una relación (incorporando el concepto de número índice que mide el cambio en los

valores de una variable con relación a un valor de referencia); como un índice (un número individual que es función de dos o más variables ponderadas); o tan compleja como los resultados de un modelo de simulación. La diferencia entre índices e indicadores surge del grado de complejidad de la función de la cual son obtenidos (Gallopín, 1997 citado por Quiroga, 2007).

En este sentido, se debe tener rigurosidad en los criterios de selección, diseño y validación de los mismos (imagen 3.3).



Fuente: Cloquell (2012)

Imagen 3.3. Criterios de selección de indicadores

Y según Cloquell (2012), su desarrollo va estar en función de la información aportada. (Imagen 3.4).

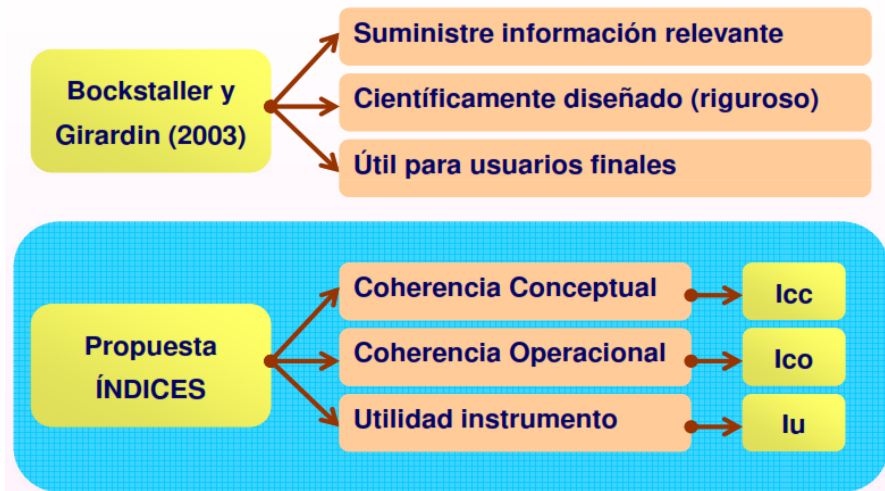


Fuente: Cloquell (2012)

Imagen 3.4. Índices e indicadores por agregación

Y para el desarrollo de indicadores se requiere que el proceso científico sea claro y el contenido social reconocido (Bockstaller & Girardin, 2003 citado por Cloquell, 2012),

y según Cloquell (2012), debe tenerse en cuenta para el diseño y validación lo siguiente:



Fuente: Cloquell (2012)

Imagen 3.5. Criterios de diseño y validación de indicadores



Fuente: Cloquell (2012)

Imagen 3.6. Criterios en la construcción de Índices e indicadores por agregación

Lo antes expuesto, conlleva a profundizar lo planteado en el capítulo 2, y realizar revisión documental específica del estado del arte de las metodologías y sistemas de indicadores aplicados al sector agua potable, que permita una selección de metodologías e indicadores útiles para evaluar la sostenibilidad y desempeño ambiental de las empresas prestadoras del servicio de agua potable, incorporando el cuarto pilar en la prestación del servicio la sostenibilidad y sustentabilidad ambiental en el marco de la gobernanza y gobernabilidad del agua.

Ello conllevó a formular las siguientes interrogantes en la investigación bajo un diseño descriptivo:

¿Qué metodología (s) será la más adecuada para evaluar la gestión, el desempeño y la sostenibilidad de las empresas prestadoras del servicio de agua potable?

En este contexto, en el capítulo 3, se planteó el siguiente objetivo e hipótesis:

3.2. Hipótesis y Objetivos

3.2.1. Hipótesis

H1: *La revisión documental de varias metodologías existentes afines al área de estudio, fundamentan las bases conceptuales y técnicas para el desarrollo de un modelo metodológico en el contexto del diseño ambientalmente integrado (dAI), para evaluar los procesos de planificación, gestión, el desempeño y la sostenibilidad de las empresas prestadoras del servicio de agua potable en una ciudad.*

H2: *Se identifican los indicadores estratégicos fundamentales y pertinentes, con posibilidad de proponer un índice ambiental para evaluar los niveles de integración ambiental en los procesos de planificación y gestión del agua potable **permitiendo** obtener resultados medibles y verificables del desempeño y la sostenibilidad de las empresas prestadoras del servicio de agua potable.*

3.2.2. Objetivo general

- Determinar la combinación de metodologías e identificar los indicadores claves asociados enmarcados en la concepción de la evaluación ambiental estratégica y el diseño ambientalmente integrado, para la evaluación del desempeño y la sostenibilidad en la planificación y gestión del servicio para el abastecimiento de agua potable en las ciudades.

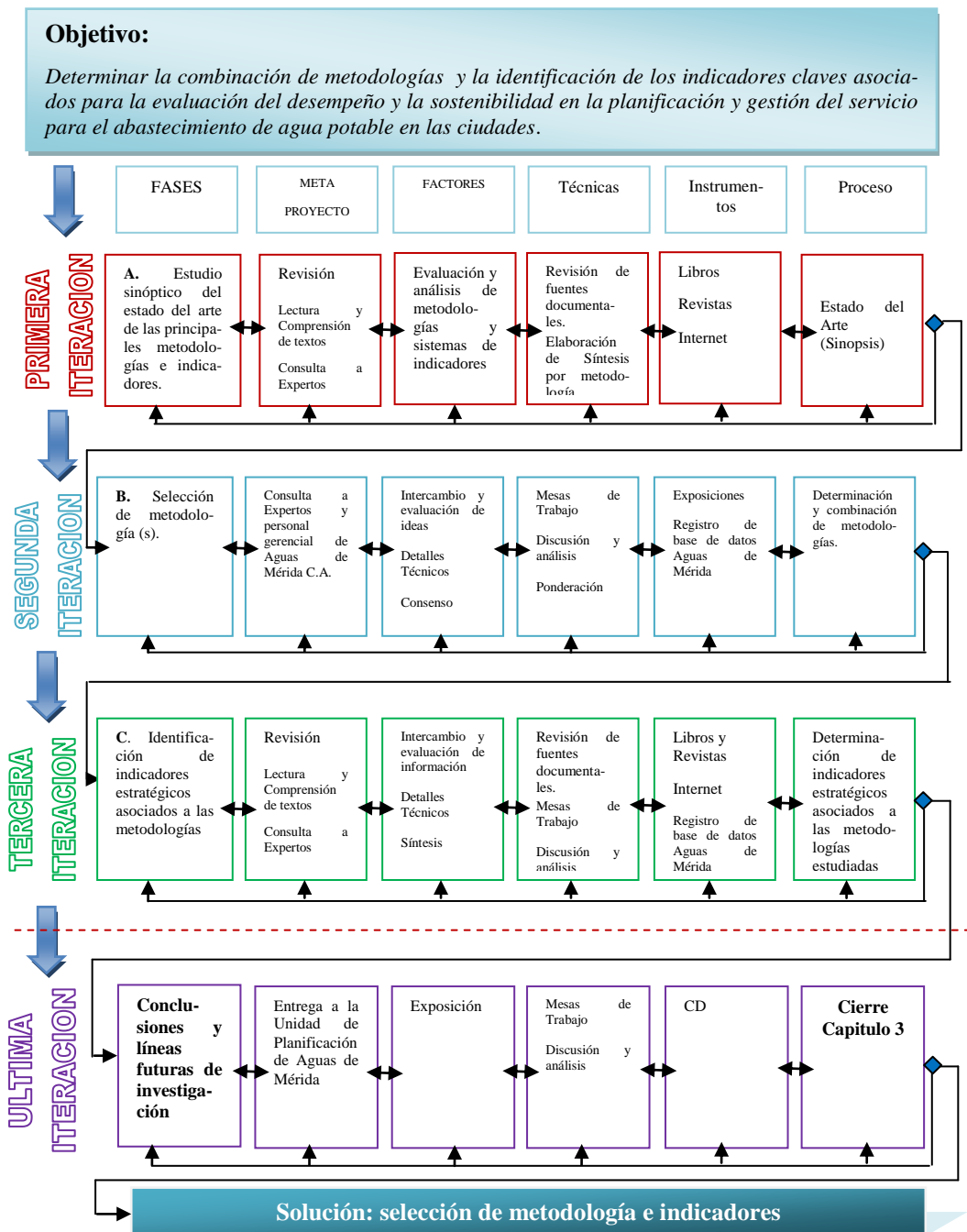
3.2.2.1 Objetivos específicos

- A. Desarrollar un estudio sinóptico del estado del arte de las principales metodologías e indicadores empleados en la prestación del servicio para el abastecimiento de agua potable en las ciudades, con el fin de identificar y caracterizar las bases fundamentales, permitiendo proponer una metodología para la evaluación de la sostenibilidad y desempeño ambiental de los prestadores del servicio de agua potable en ámbitos urbanos.
- B. Realizar breve descripción situacional del contexto nacional y local del caso de estudio.
- C. Seleccionar metodología (s) e identificar indicadores estratégicos para la evaluación de la sostenibilidad y desempeño ambiental de los prestadores del servicio de agua potable en ámbitos urbanos, a través de una consulta en panel de expertos vinculados al sector agua potable.

3.3. Materiales y métodos

Para el desarrollo del presente capítulo, se realizó un diseño de investigación documental y descriptiva, ya que se partirá de metodologías relacionadas al estudio para realizar una nueva propuesta metodológica que incorpore aspectos fundamentales de la cuenca hidrográfica abastecedora de agua, entre los indicadores ambientales de la prestación del servicio de agua potable.

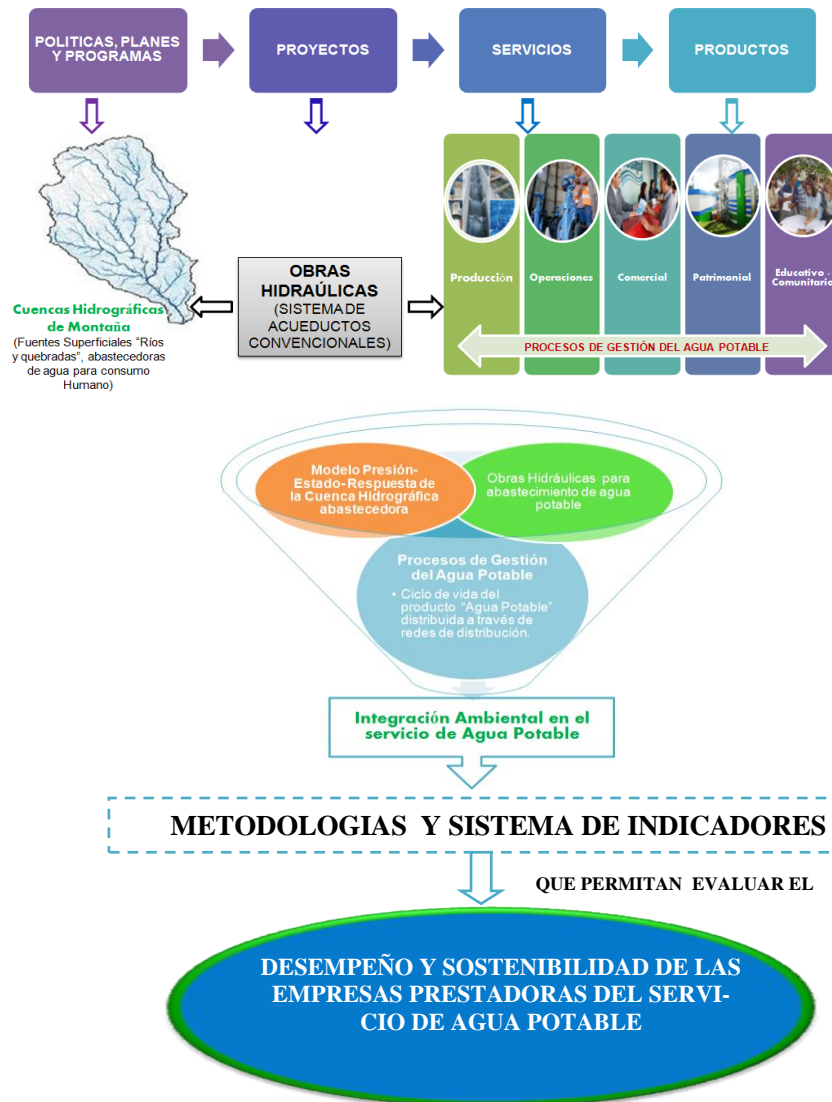
En vista de la complejidad de la situación, se aplica la teoría de las seis dimensiones y su metodología de praxis y la estrategia de resolución de problemas de Gómez Senent (2002), cuyo procedimiento es secuencial y se detalla en la imagen 3.7.



Fuente: Elaboración propia

Imagen 3.7. Aplicación de modelo matricial de Gómez Senent (2002) al desarrollo del capítulo 3

Es importante resaltar, que la revisión documental se sistematizó en función de los aspectos más relevantes de la sostenibilidad y desempeño ambiental que pueda vincularse a la prestación del servicio de agua potable en ámbitos urbanos (imagen 3.8).



Fuente: Elaboración propia

Imagen 3.8. Sistematización de aspectos de la sostenibilidad y desempeño ambiental en la gestión del agua para el abastecimiento de poblaciones

3.4. Resultados y discusión de resultados del capítulo 3

3.4.1. Estudio sinóptico del estado del arte de las metodologías e indicadores estratégicos vinculantes a la evaluación del desempeño y la sostenibilidad en el abastecimiento de agua en ámbitos urbanos

En los últimos sesenta y ocho años, se ha avanzado considerablemente en la agenda ambiental y del Desarrollo Sostenible en el mundo, por lo que se incrementa la demanda de información ambiental, útil en espacio y tiempo, para prever situaciones ambientales en torno al recurso hídrico y, por tanto, capaz de servir a un proceso político preventivo (gobernanza del agua), que se justifica emplear para la evaluación del desempeño y sostenibilidad permanente, al incorporar como cuarto pilar del servicio de agua potable, la gestión ambiental. Es un paso inicial para que las empresas prestadoras del servicio de agua potable en diversos países, den el siguiente paso para el diseño e implementación de un sistema de gestión ambiental. Todo ello, a pesar de tener que seguir agudizando esfuerzos en la obtención de información de base (medición y registro), sea preciso avanzar con carácter prioritario en el desarrollo de indicadores y sistemas de indicadores, y que estos, además deben responder a un esquema común y por tanto comparable a nivel regional, nacional e internacional (Agencia Europea de Medio Ambiente [AEMA], 2000 citado por Owen, 2006).

De ahí, que exista diversidad de tipos de indicadores para el desarrollo de la política ambiental que pueden servir de base para incorporar el pilar ambiental en la prestación del servicio de agua potable para el abastecimiento de las poblaciones, por ende existen varios marcos conceptuales disponibles, los cuales pueden utilizarse para guiar la selección, el desarrollo y uso de indicadores. Estos se describen a continuación:

3.4.1.1. Metodologías y herramientas utilizadas para evaluar la gestión urbana del agua en función de su sostenibilidad.

3.4.1.1.1. Generalidades.

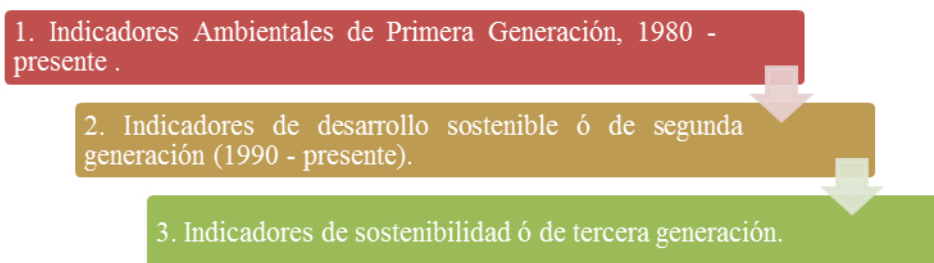
Las metodologías y el uso de los indicadores ambientales y de Desarrollo Sostenible en el mundo, son heterogéneos, cuyo desarrollo sustantivo se inicia a finales de la década de los años 80 en Canadá y algunos países de Europa.

El siguiente impulso para el uso de indicadores ambientales más abarcador, según Quiroga (2001; 2007), correspondió a la Cumbre de la Tierra, que en su Agenda 21 (capítulo 40), estipuló la necesidad de contar con información ambiental e indicadores de Desarrollo Sostenible para monitorear el avance respecto al fin mayor, la consolidación del Desarrollo Sostenible. Por lo tanto, la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo (Río de Janeiro, junio 1992) creó la Comisión de Desa-

rrollo Sostenible (**CDS**), con el objetivo de contribuir a monitorear el progreso hacia su consolidación. Dicha Comisión, generó un programa de trabajo en Indicadores de Desarrollo Sostenible (**IDS**), en la cual la mayoría de los países implemento el marco ordenador presión - estado - respuesta (PER) o fuerza motriz - estado - respuesta (FER), originalmente recomendado por la OECD, y posteriormente, adoptado por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente [PNUMA]. Igualmente, algunos investigadores han adelantado propuestas importantes en cuanto a enfoques analíticos y marcos ordenadores, que son de particular importancia para capitalizar la potencia de los indicadores como instrumentos de monitoreo del impacto de las políticas públicas, y que son igualmente interesantes, como los que ha postulado la OECD, y después, el Programa de Trabajo de Naciones Unidas sobre IDS de la CDS. En la actualidad, especialmente en la Comunidad de Estados Europeos, se ha implementado el nuevo modelo de fuerza motriz, presión, estado, impacto y respuesta (FmPEIR), basado en el principio de causalidad, siendo una versión extendida de los anteriores propuesto por la Agencia Europea de Medio Ambiente [AEMA] (2000;2004). Según el modelo las actividades humanas (fuerzas motrices) ejercen presión sobre el medio físico y como consecuencia su estado cambia, lo que produce impactos sobre la salud humana, ecosistemas y los recursos. Esta situación da lugar a respuestas de las sociedades humanas incidiendo en las fuerzas motrices, en las presiones, o en el estado o los impactos directamente. Por tanto, tiene como ventaja resaltar que el indicador "Impacto" favorece el establecimiento de prioridades en el desarrollo de las respuestas y soluciones adoptadas por los protagonistas implicados en el proceso de formulación de indicadores. Por otro lado, su gran limitación sigue siendo que no se establece la interacción de variables y el impacto no es más que una fórmula para evaluar los cambios del indicador "Estado", detectados en los ámbitos más relevantes del sector ambiental y social (fuerza motriz).

Otras iniciativas internacionales de diseño han intentado abordar la multidimensionalidad de la sostenibilidad, por lo general, lo están trabajando desde la perspectiva de agregación, o sea incorporando en índices variables relevantes, como por ejemplo, el Índice de Sostenibilidad (ESI por sus siglas en inglés), originado en el Foro Económico Mundial de Davos.

En este contexto, al sistematizar la experiencia mundial basada en una revisión documental de los antecedentes planteados por Quiroga (2007); Agencia Europea de Medio Ambiente [AEMA] y Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico [OCDE], se agrupan los indicadores ambientales de la siguiente manera:



Fuente: Elaboración propia

Imagen 3.9. Evolución de indicadores ambientales

La imagen 3.9, sintetiza la revisión documental realizada por Quiroga (2007) y Schuschny & Soto (2009), que expresan la evolución en el tiempo y evidencia un avance en el diseño del sistema de indicadores, que se explica en el mismo orden en la cual están presentados:

1. Siendo de primera importancia dan cuenta del fenómeno complejo desde un sector productivo o bien desde la singularidad o desde un determinado número de fenómenos constitutivos de la complejidad ambiental. **Ejemplos:** indicadores de contaminación de agua por coliformes, indicadores de deforestación, de desertificación o de cambio de uso de suelo.
2. Corresponde al desarrollo realizado desde el enfoque multidimensional del Desarrollo Sostenible. Se trata aquí de avanzar en el diseño e implementación de sistemas de IDS, compuesto por indicadores de tipo ambiental, social, económico e institucional.

En este esfuerzo se inscriben las iniciativas de México, Chile, Argentina, Estados Unidos, Reino Unido, Suecia y España. Las iniciativas que dentro de este enfoque trabajaron en la tarea de hacer más vinculantes, o agregadas, las medidas de progreso respecto del DS, las cuales se han fundamentado hasta ahora en metodologías de agregación conmensuralistas.

Siendo notorio, la producción de súper índices o mega indicadores agregados, resaltando por su importancia internacional: la Huella Ecológica (*Ecological Footprint*), el Índice del Planeta Vivo (*Living Planet Index –LPI*) y el Índice de Sostenibilidad (*Environmental Sustainability Index –ESI*).

3. Se trata en estos indicadores, el poder dar cuenta del progreso en la sostenibilidad, o mejor aún, hacia la sostenibilidad del desarrollo en forma efectiva, utilizando un número limitado de indicadores verdaderamente vinculantes, que tengan incorporados y potenciándose sinérgicamente, dimensiones y sectores desde su origen.

Ante lo mencionado, se han evidenciado experiencias notables en la evaluación del desempeño ambiental en la que se destaca Nueva Zelandia, que cuenta con indicadores de desempeño ambiental, los cuales han sido sometidos a un proceso de participación con la comunidad, para ser perfeccionados o confirmados en una metodología creativa. Por esa razón, los indicadores de desempeño ambiental (EPIs), constituyen verdaderas señales para la sostenibilidad (signpost for sustainability).

Estos indicadores (EPIs), constituyen medidas consensuadas que ayudan a monitorear los cambios en el ambiente, por lo que su relevancia para la gestión pública ambiental, es fundamental (Ministerio de Ambiente de Nueva Zelandia, 1998 citado por Quiroga, 2007).

En esta breve reseña, se puede notar que existen dos enfoques metodológicos:

- a) *Enfoque sistémico*, que se subdivide en dos posibles alcances temáticos: ambiental y de Desarrollo Sostenible.
- b) *Enfoque commensuralista*, que se puede subdividir en aquellas que commensuran mediante la creación de un índice ponderado de variables, y otro, de iniciativas monetizadas que requieren la valoración en dinero de distintas variables.

Bajo estos enfoques, a nivel mundial, se han desarrollado iniciativas de indicadores ambientales y Desarrollo Sostenible, importantes, que sintetizan en la tabla 3.1.

Tabla 3.1. Algunas de las principales iniciativas de indicadores ambientales y de Desarrollo Sostenible

| País | Sistema de indicadores | Indicadores vinculados al sector agua potable | Actor relevante |
|-----------|--|--|---|
| Argentina | Sistema de Indicadores sobre Desarrollo Sostenible República de Argentina, (SIDSA). | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Calidad de agua ▪ Disponibilidad de agua por cuenca / habitante. ▪ Relación entre uso actual y potencial de tierras. ▪ % de ha degradadas por erosión | Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable (Área de Indicadores de desarrollo sostenible y estadísticas ambientales) |
| | Indicadores ILAC | | Ministerio de Salud y Ambiente de la Nación. |
| Brasil | Indicadores de Desarrollo Sostenible | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Calidad de aguas | Instituto Brasileiro de Geografía e Estadística – IBGE. (Ministerio De Planeamiento, Ordenamiento y Gestión) |
| Canadá | National Environmental Indicators Series Archive State of the Environment Infobase | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Uso per cápita diario de agua municipal (litros por persona). ▪ Población por municipio conectados | Environment Canadá - Knowledge Integration Strategies Division Statistics Canadá Health Canadá |
| Colombia | Sistema de Indicadores de Sostenibilidad(SISA) | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Demanda y Uso de Recursos | Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. |
| Chile | Indicadores regionales de desarrollo CONAMA Sistema Nacional de Información Ambiental (SINIA). | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Asentamientos Humanos en cuencas. ▪ Restricciones administrativas a la explotación de recursos hídricos. ▪ Planificación territorial. | Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA). |

Fuente: Quiroga (2001; 2007)

Tabla 3.1. Algunas de las principales iniciativas de indicadores ambientales y de Desarrollo Sostenible

| País | Sistema de indicadores | Indicadores vinculados al sector agua potable | Actor relevante |
|----------------|---|---|---|
| España | Indicadores Ambientales Información Estadística y Ambiental | Aguas superficiales: 1. Indicadores de factor determinante: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Precipitación ▪ Temperatura ▪ Evapotranspiración ▪ Densidad de población ▪ Concentración de la población ▪ Noches de estancia 2. Indicadores de presión <ul style="list-style-type: none"> ▪ Agua distribuida por grupo de usuarios ▪ Demandas ▪ Dotaciones en el abastecimiento urbano 4. Indicadores de estado <ul style="list-style-type: none"> ▪ Anomalía en la precipitación ▪ Anomalía en la temperatura ▪ Anomalía evapotranspiración ▪ Índice de humedad ▪ Caudales en ríos ▪ Índices de explotación y consumo ▪ Estado hidrológico 5. Indicadores de impacto <ul style="list-style-type: none"> ▪ Superficie de aridez 6. Indicadores de respuesta <ul style="list-style-type: none"> ▪ Inversión medidas oferta ▪ Eficiencia en el uso del agua urbano ▪ Precio del agua | Ministerio de Medio Ambiente Observatorio de la Sostenibilidad de España (OSE) |
| | Indicadores de Sostenibilidad Observatorio de la Sostenibilidad en España | | |
| Estados Unidos | Sistema de Indicadores de Desarrollo Sostenible. Sistema de Indicadores Ambientales. | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Consumo ▪ Calidad de agua | EPA Environmental Protection Agency |

Fuente: Quiroga (2001; 2007), OSE (2008)

Tabla 3.1. Algunas de las principales iniciativas de indicadores ambientales y de Desarrollo Sostenible

| País | Sistema de indicadores | Indicadores vinculados al sector agua potable | Actor relevante |
|--------|---|--|--|
| México | Indicadores Básicos de Desempeño Ambiental de México <i>Sistema Nacional de Información</i> Sistema de Indicadores para la Evaluación del Desempeño Ambiental de México | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Volumen de agua concesionado. ▪ Población total a abastecer. ▪ Disponibilidad de agua por hab. ▪ Población con acceso agua potable. ▪ Trayectoria de la disponibilidad y calidad de las fuentes. ▪ Variabilidad de las fuentes y presiones de otros sectores. ▪ Calidad de la atención al público. ▪ Equidad en el contrato, medición y cobro. ▪ Calidad del agua. ▪ Presión del agua. ▪ Continuidad (interrupciones del servicio). ▪ Atención a reportes de fugas (tiempo). ▪ Consejos de cuenca, Comités técnicos de cuencas. ▪ Índice global de sustentabilidad hídrica. ▪ Índice global de acceso a los servicios básicos de agua. | Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT]. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática [INEGI]. CONAGUA |

Fuente: Quiroga (2001; 2007), Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT] de México (1998; 2000; 2005); Comisión Nacional del Agua [CONAGUA] de México (2014).

Tabla 3.1. Algunas de las principales iniciativas de indicadores ambientales y de Desarrollo Sostenible.

| País | Sistema de indicadores | Indicadores vinculados al sector agua potable | Actor relevante |
|-----------------------------|--|--|---|
| Panamá | Indicadores Ambientales de la República de Panamá | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Descargas de aguas residuales. ▪ Extracción de agua en la cuenca hidrográfica. | Autoridad Nacional del Ambiente |
| Perú | Sistema Nacional de Información Ambiental | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Disponibilidad de agua. ▪ Calidad del agua | Consejo Nacional del Medio Ambiente |
| República Dominicana | Estadísticas Ambientales | <p>Suministro de Agua:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Consumo de agua por habitante en principales ciudades. ▪ Proporción de la población con acceso a agua potable. ▪ Disponibilidad de aguas superficiales por habitante. ▪ Agua Segura. <p>Calidad de Agua:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Índice de potabilidad del agua. ▪ Proporción de acueductos con control sanitario. ▪ Cobertura de alcantarillado en zonas urbanas. | <p>Comisión Presidencial para los OM.</p> <p>Secretaría de Estado de Medio Ambiente y Recursos Naturales</p> <p>Secretaría de Estado de Medio Ambiente y Recursos Naturales.</p> <p>Oficina Nacional Estadística [ONE].</p> |
| | Sistema Nacional de Información sobre el Medio Ambiente. | | |
| | Indicadores de Sostenibilidad del Recursos Hídrico. | | |
| Reino Unido | Headline Indicators of sustainable development <i>Sustainable Development, UK.</i> | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Calidad de los ríos: ríos de buena calidad biológica y química | Department of Environment, Food and Rural Affairs –DEFRA–, Sustainable Development Unit. |
| | Sistema de Indicadores Ambientales | | |
| Nueva Zelandia | Environmental Indicators (Indicadores de Desempeño Ambiental- EPI) | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Tendencias en el uso nacional de agua fresca. ▪ Tendencias en la calidad del agua. | The Ministry for the Environment |
| Venezuela | IDS (Comisión de Desarrollo Sostenible) | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Cobertura agua potable. | Ministerio del Ambiente |

Fuente: Quiroga (2001; 2007)

Además de las iniciativas de indicadores para el monitoreo ambiental y la gestión de los recursos naturales, en este caso los vinculados al recurso hídrico (tabla 3.1), ocurre un hecho resaltante en el año 2000, en la “Cumbre del Milenio” organizada por la Organización de las Naciones Unidas, cuyo objetivo planetario persigue el desarrollo incluyente, humano y sostenible. Los resultados de esta cumbre, están referidos a la declaración de los **Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM)**, que están compuestos por 8 objetivos, 18 metas y 48 indicadores, con metas cuantitativas y temporales, permitiendo medir los progresos hacia el logro de los objetivos (ONU, 2000).

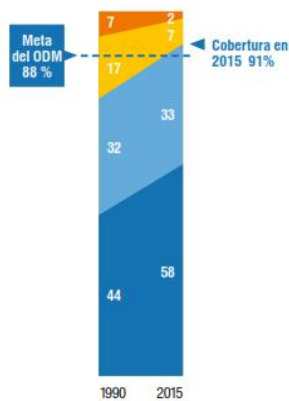
En relación al monitoreo del sector agua potable y saneamiento, se resalta el séptimo objetivo (**ODM7**): «*Garantizar la sostenibilidad del medio ambiente*», que contempla la **meta 10**: «Reducir a la mitad para el año 2015, el porcentaje de personas que carezcan de acceso a agua potable y a servicios básicos de saneamiento»; cuyos indicadores para medir el progreso son los siguientes:

- **Proporción de la población con acceso sostenible a mejores fuentes de abastecimiento de agua, en zonas urbanas [...].**
- **Proporción de la población con acceso a servicios de saneamiento mejorados, en zonas urbanas [...].**

El avance de estos indicadores, se presentan en el informe, titulado: «**Progresos en materia de saneamiento y agua potable: informe de actualización 2015 y evaluación del ODM**» publicado por OMS & Fondo de las Naciones Unidas para la infancia [en sus siglas en inglés UNICEF] en el año 2015. Indica que a través del Programa Conjunto OMS/UNICEF de Monitoreo del Abastecimiento de Agua y del Saneamiento (PCM), se ha realizado el seguimiento al sector agua potable desde el año 1990 al 2015; lo que permitió contar periódicamente con estimaciones de los avances hacia el logro de las metas del ODM, presentando como resultado de la evaluación, que en el año 1990, la cobertura mundial de fuentes mejoradas de agua potable y de instalaciones de saneamiento mejoradas era del 76% y el 54%, respectivamente, mientras que en 2015 fue del 88% y el 77% respectivamente.

Esto ratifica que los desafíos de los países del mundo eran inmensos, pues las cifras mundiales ocultaban amplias diferencias en materia de cobertura entre los países, muchos de los cuales, luchaban contra la pobreza, la inestabilidad y un rápido crecimiento demográfico (imagen 3.10; imagen 3.11).

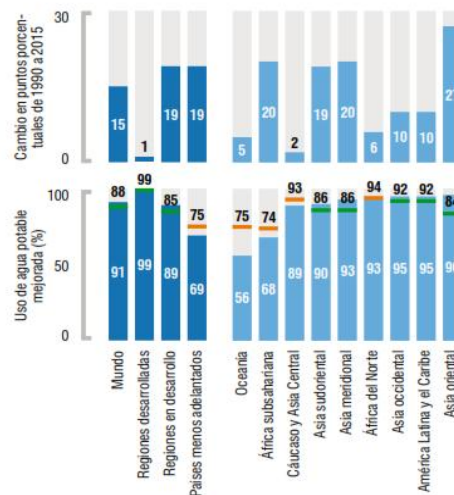
Se alcanzó la meta del ODM sobre agua potable



■ AGUAS DE SUPERFICIE
■ FUENTES NO MEJORADAS
■ OTRAS FUENTES MEJORADAS
■ AGUA CORRIENTE EN HOGARES Y LOCALES

Gráfico 1 Tendencias en la cobertura mundial de agua potable y meta del ODM (%), 1990-2015

Cinco regiones en desarrollo han alcanzado la meta del ODM sobre agua potable



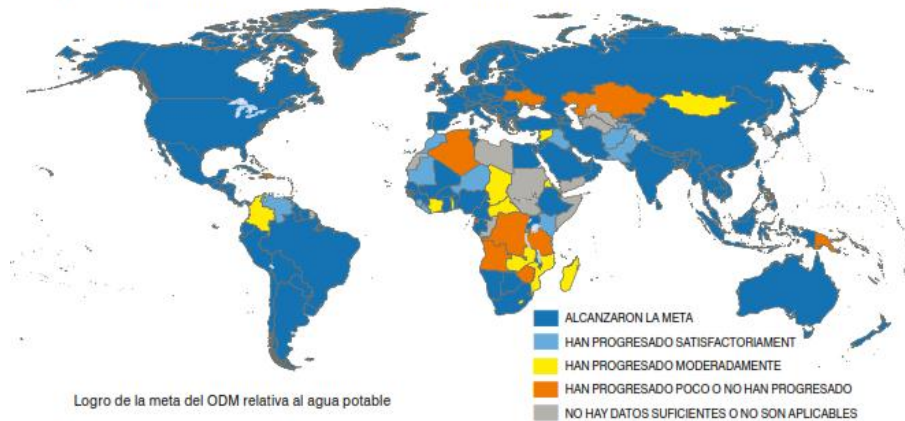
■ ALCANZARON LA META
■ NO ALCANZARON LA META

Gráfico 2 Uso de fuentes mejoradas de agua potable y meta del ODM en 2015, y cambio en puntos porcentuales de 1990 a 2015

Fuente: OMS & UNICEF (2015)

Imagen 3.10. Tendencias de la Cobertura de Agua Potable a nivel mundial

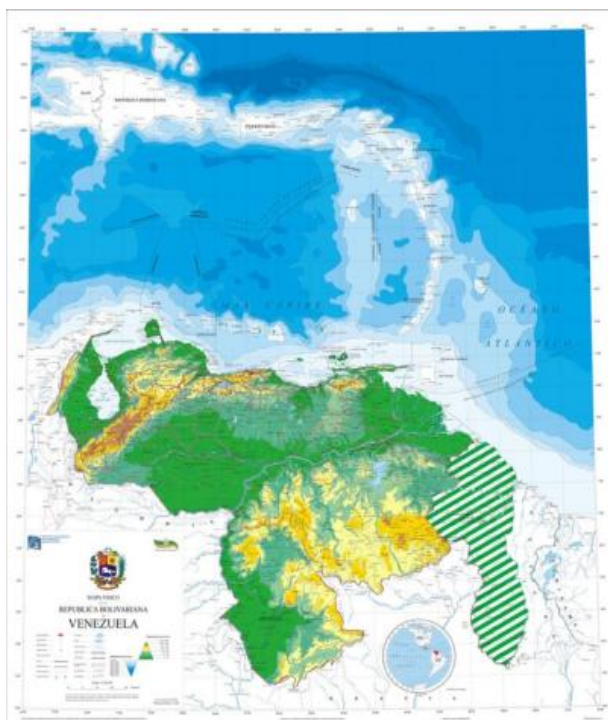
147 países¹ han alcanzado la meta del ODM sobre agua potable



Fuente: OMS & UNICEF (2015)

Imagen 3.11. Tendencias en el logro de la meta ODM

Al contextualizar esta situación al país donde se ubica el caso de estudio, específicamente en la República Bolivariana de Venezuela, que está situada al norte de la América del Sur, entre los 00°38'53"; 12°11'46" de latitud norte y 58°10'00"; 73°25'00" de longitud oeste. Abarca un área total de 916.445 km² entre su territorio continental, la Isla de Margarita y las Dependencias Federales, con su punto más septentrional en la Isla de Aves, por lo que ejerce soberanía sobre 950.000 km² del mar Caribe y el Atlántico bajo el concepto de Zona Económica Exclusiva.



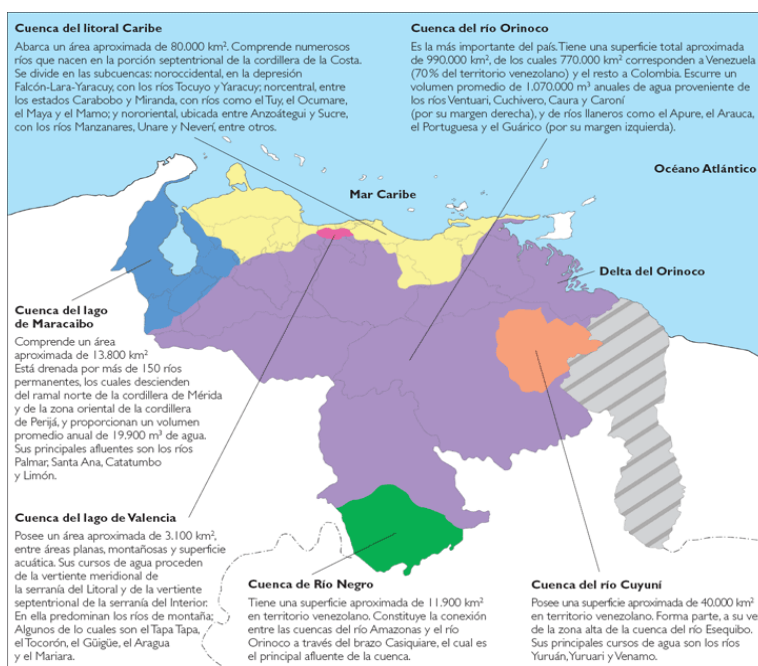
Fuente: Ministerio del Ambiente [MINAMB] de la República Bolivariana de Venezuela. (2006a)

Imagen 3.12. Ubicación geográfica de Venezuela

Venezuela, cuenta con más de un millar de ríos, 2.500 lagunas, dos importantes lagos, y caudales medios de 41,430 m³/seg en sus cuencas hidrográficas. Esta condición posiciona al país entre las primeras quince naciones con reservas de agua dulce del planeta (MINAMB, 2006a).

Específicamente, **ocupa el quinto lugar del mundo en disponibilidad de recursos hídricos** con una cantidad de **2.233 km³/año**.

Cuenta con una red densa de ríos que esta compuestas por siete grandes Cuencas Hidrográficas (Lago de Maracaibo, río Orinoco, Lago de Valencia, río Negro y Casiquiare, Golfo de Paria, río Cuyuni y Mar Caribe), y ocupan un área de 914.939 km² (MPPAMB, 2010a).



Fuente: MPPAMB (2010)

Imagen 3.13. Grandes cuencas hidrográficas de Venezuela

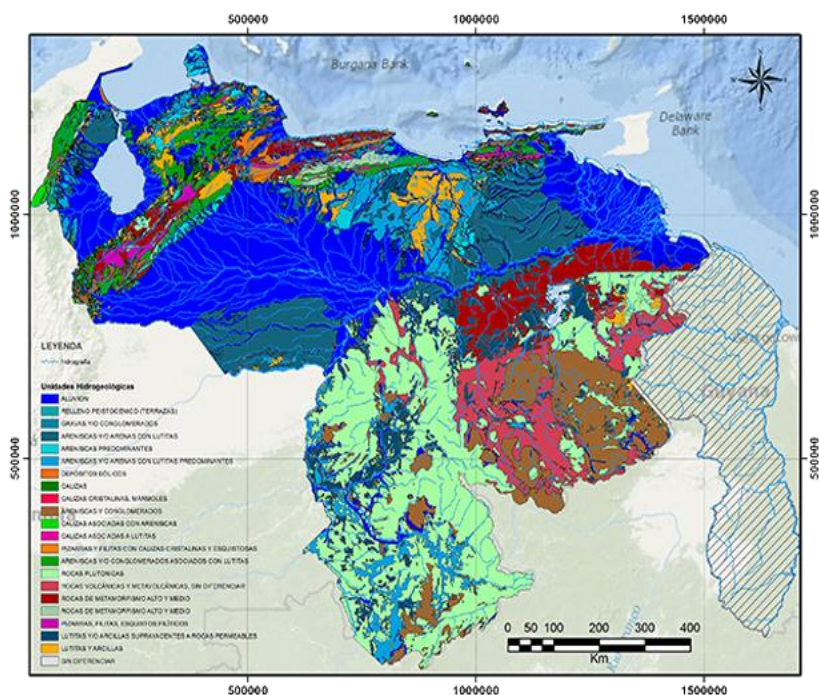
Estas, están agrupadas en **dieciséis (16) regiones hidrográficas** según el artículo 7 de la Ley de Aguas, con unos recursos hídricos superficiales de **782.706 Hm³/año**, adicionalmente a estos recursos habría que añadir un caudal de **14.133 m³/seg**, procedentes de cuencas transfronterizas: 13.647 m³/seg, procedentes de los ríos Arauca, Meta, Tomo, Vichada y Guaviare de Colombia al Río Orinoco en Venezuela; y 486 m³/seg de los ríos Catatumbo y Paraguachon de Colombia al Lago de Maracaibo en Venezuela (MPPAMB, 2010a). *Es importante resaltar que el caso de estudio se ubica en la Región Hidrográfica Lago de Maracaibo y Golfo de Venezuela, cuenca hidrográfica del río Chama.*



Fuente: MPPAMB (2010a)

Imagen 3.14. Regiones hidrográficas de Venezuela

El país, también cuenta con un potencial hídrico subterráneo, ya que las aguas subterráneas se estiman en una magnitud de reservas totales de aproximadamente 7.700 millones de m^3 en una superficie total de 468.000 km^2 (imagen 3.15), de las cuales el volumen aprovechable de 23 millones de m^3 , sin incluir la reserva de la margen derecha del río Orinoco. Igualmente se estima que los acuíferos con mayor potencial hidrogeológico cubren una superficie total de 352.000 km^2 , que representa el 42% del territorio nacional (Geo Venezuela, 2010 citado por MINAMB, 2010b).



Fuente: MPPAMB (2010b)

Imagen 3.15. Mapa hidrogeológico de Venezuela.

Este potencial hidrogeológico se encuentra clasificado en cuatro (04) provincias hidrogeológicas: Andina – Vertiente Atlántica y del Mar Caribe, Planicies Costeras, Orinoco y Escudo Septentrional o de Guayana y cuentan con nueve (09) acuíferos de importancia regional (imagen 3.16): Planicie de Maracaibo, Sur del Lago, Costa Oriental, Coro, Quibor, Boconó – Masparro, Valle de Caracas- Valencia- Maracay- Barlovento, río Guárico, Mesa de Guanipa y río Negro (MPPAMB, 2010b).

Se estima que en todo el territorio nacional, existen alrededor de 70.000 pozos de agua que surten el 40 % aproximadamente del abastecimiento de agua potable para uso residencial, industrial y riego del país (MINAMB, 2006a).



Imagen 3.16. Acuíferos regionales de Venezuela

Otra fuente hídrica de gran importancia ecológica para el país son los Humedales (Morichales, pantanos, turberas, ciénagas, sabanas inundables, costas, estuarios, entre otros), ya que permiten la disponibilidad de agua, ya que estos ecosistemas captan, retienen y almacenan el agua proveniente de las precipitaciones y escorrentía.

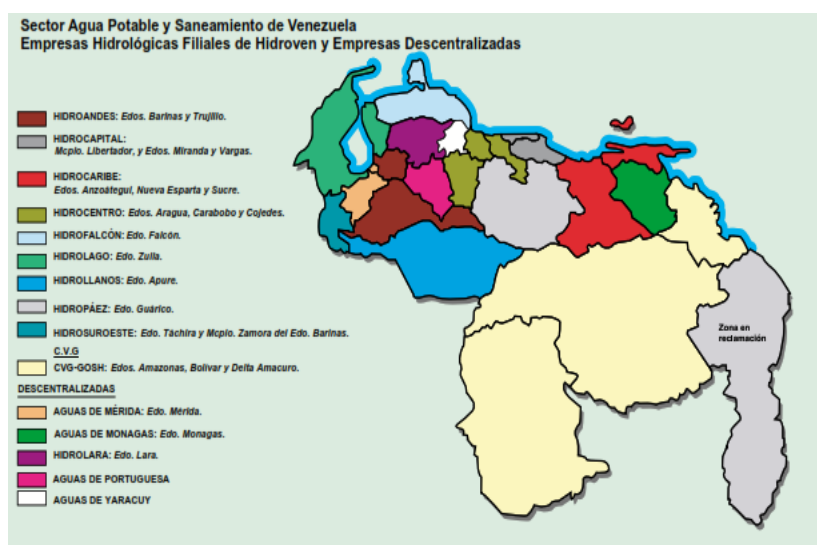
Es de destacar, que en Venezuela, existe una disponibilidad de recursos hídricos superficiales de **782.706 Hm³/año**, mientras que la demanda total de agua (Residencial: 2926 Hm³/año, Riego: 2113,19 Hm³/año, Industrial: 82,06 Hm³/año) es de **5.121,05 Hm³/año que representa el 0,65% de la disponibilidad de recursos hídricos superficiales** (MPPAMB, 2010c).

Además, esta abundancia hídrica le confiere entre otras cosas, un elevado potencial hidroeléctrico localizado principalmente al sur del país, donde sólo el río Caroní tiene el potencial de producir 26.000 megavatios equivalentes al ahorro de 800.000 barriles diarios de petróleo (MINAMB, 2006a; MINEA, 2016).

En cuanto a la disponibilidad de agua para diversos usos, las estadísticas reportadas por la autoridad nacional de aguas, señalan que en el país la escasez de agua no es problema, y su distribución para consumo está agrupado en tres grandes sectores: agropecua-

En el país se reporta que para el año 2008, contaba con 27.934.783 habitantes, para la cual se logró el acceso al agua potable del **94%** de ella, cubriendo el 96% de la población ubicada en zonas urbanas y el 79,61% de las zonas rurales. Para el año 2010, la cobertura de agua potable se ubicó en 95%, superando así las metas del milenio (MPPAMB, 2010c). *Es importante resaltar que estas estadísticas son reportadas por las Empresas Hidrológicas a nivel nacional en su ámbito de responsabilidad en las principales ciudades del país, ya que la otra proporción de la población ubicada en zonas periurbanas y rurales, estaba bajo la responsabilidad de la Dirección de Malariología y Saneamiento Ambiental adscrito al Ministerio de Salud; actualmente son atendidos por el gobierno local y comunidades organizadas, quienes disponen de bajos recursos financieros para la prestación de un óptimo servicio de agua potable por lo que presentan problemas de continuidad y calidad del mismo.*

De ahí que se resalte que en Venezuela, el Estado ha dado cumplimiento de los objetivos del milenio, lo cual implica, que se han incorporado, más de 7 millones de personas a los servicios de saneamiento y, más, de 6 millones de habitantes a las redes de agua potable, con una **cobertura de 95%** en zonas urbanas y 79% en el área rural (HIDROVEN, 2015). Para el año 2003 hasta el año 2015, casi el 80% de la población nacional continua siendo atendida por la Hidrológica Venezolana [HIDROVEN] y sus empresas filiales (imagen 3.18).



Fuente: HIDROVEN (2015)

Imagen 3.18. Empresas hidrológicas en Venezuela

Para ello, cuenta con **156 plantas de potabilización** (imagen 3.19), que operan a nivel nacional y ubicadas mayormente en los sistemas que dan servicio a zonas urbanas, con

una capacidad de aproximadamente 154 mil litros de agua por segundo, y producen, cerca de 109 mil litros por segundo, quedando una capacidad sin utilizar de 29,23% (MINAMB, 2006a; MPPAMB, 2010c; HIDROVEN, 2015).



Fuente: HIDROVEN (2005)

Imagen 3.19. Plantas de potabilización en Venezuela

En el caso del estado Mérida, en el ámbito de responsabilidad de la empresa descentralizada **Aguas de Mérida C.A.**, cuenta con una cobertura de agua potable general del **79 %**, con una población servida de **443.543 habitantes** de un total de 562.226 habitantes para el año 2015 en el estado Mérida, y específicamente, en el Municipio Libertador donde se ubica el área de estudio, cuenta con un **86%** con una población servida de 234.010 habitantes (Aguas de Mérida C.A., 2015c). Se estima que aproximadamente un 80% del área urbana de la ciudad de Mérida, se abastece del subsistema de producción “Mucujún” (187.208 habitantes). *Es importante resaltar, que estos registros corresponden al ámbito de responsabilidad de la hidrológica, ya que parte de la población ubicadas en áreas periurbanas y rurales del estado Mérida, se abastece de acueductos rurales, y en la mayoría de los municipios, cuya administración antiguamente le correspondía a la Dirección de Malariología y Saneamiento Ambiental adscrita al Ministerio de Salud, y actualmente la responsabilidad le corresponde al gobierno local (Alcaldías) y en otras a las comunidades organizadas en Consejo Comunal y Mesas Técnicas de Agua.*

En el contexto institucional – legal, Venezuela, cuenta con una amplia legislación ambiental y en el texto constitucional (artículo 304 de la Constitución de la República

Bolivariana de Venezuela, 1999), queda establecida la visión social de los recursos hídricos de país, declarándose el agua como un bien público y esencial para la vida, así como un bien para el desarrollo y la erradicación de la pobreza. Asimismo, la constitución enmarca la importancia del agua como un bien para la paz entre los pueblos y como un componente fundamental de los ecosistemas que no podrá ser privatizado, ya que es un derecho humano fundamental no negociable (MPPAMB, 2009b).

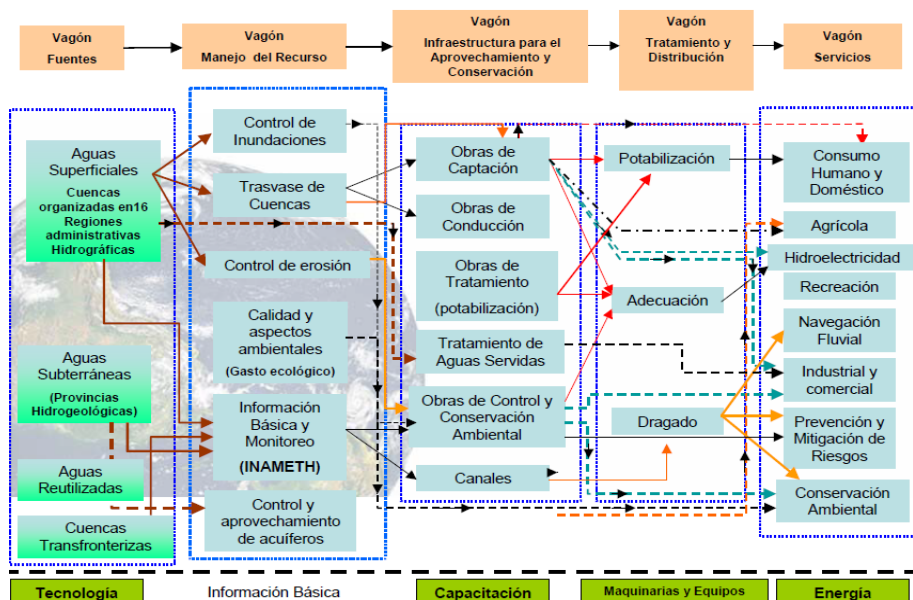
Es por ello, que el Estado Venezolano, consciente de la importancia de los recursos hídricos para la supervivencia del planeta tierra y el desarrollo de los seres humanos, a través del Ministerio del Ambiente (MINAMB) actual Ministerio del Poder Popular para el Ecosocialismo y Aguas (MINEA), como ente rector de los recursos naturales del país, asume la gestión del recurso agua como un área estratégica de soberanía y seguridad nacional en el marco de la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela (1999), Ley Orgánica para la Prestación de los Servicios de Agua Potable y de Saneamiento (2001) y la Ley Orgánica de Aguas (2007). Para ello, realizó un diagnóstico y evaluación de la situación actual del recurso hídrico en el país, que permitió precisar las situaciones de amenazas, fortalezas y potencialidades; y así definir las directrices de la política de gestión integral de las aguas y gestión ambiental en aras del desarrollo sustentable del país (MPPAMB, 2010c); por tanto, la gestión del agua en el país, se realiza de manera integral a través de herramientas y prácticas que garantizan su uso sustentable como elemento indispensable para la vida, el bienestar humano y el desarrollo sustentable, para lograrlo se fundamenta en los principios para su gestión integral, que se citan según lo establecido en Ley Orgánica de Aguas, artículo 5:

1. El acceso al agua es un derecho humano fundamental.
2. El agua es insustituible para la vida, el bienestar humano, el desarrollo social y económico, [...] y debe ser manejada respetando la unidad del ciclo hidrológico.
3. El agua es un bien social. El Estado garantizará el acceso al agua a todas las comunidades [...], según sus requerimientos.
4. La gestión integral del agua tiene como unidad territorial básica la cuenca hidrográfica.
5. La gestión integral del agua debe efectuarse en forma participativa.
6. El uso y aprovechamiento de las aguas debe ser eficiente, equitativo, óptimo y sostenible.
7. Los usuarios o usuarias de las aguas contribuirán solidariamente con la conservación de la cuenca, para garantizar en el tiempo la cantidad y calidad de las aguas.
8. Es una obligación fundamental del Estado, con la activa participación de la sociedad, garantizar la conservación de las fuentes de aguas, tanto superficiales como subterráneas.

9. En garantía de la soberanía y la seguridad nacional no podrá otorgarse el aprovechamiento del agua en ningún momento ni lugar, en cualquiera de sus fuentes, a empresas extranjeras que no tengan domicilio legal en el país.
10. Las aguas por ser bienes del dominio público no podrán formar parte del dominio privado de ninguna persona natural o jurídica.
11. La conservación del agua, en cualquiera de sus fuentes y estados físicos, prevalecerá sobre cualquier otro interés de carácter económico o social.

Es importante resaltar, que en esta ley se establece la Autoridad Nacional de Aguas, Consejo Nacional de Aguas y se dispone la conformación de Consejos de regiones hidrográficas y Consejos de cuencas hidrográficas y es de carácter obligatorio el registro nacional de usuarios del agua “RENUFA” y la creación del subsistema de información de las Aguas dentro del Sistema de Información Ambiental Nacional (MPPAMB, 2010c).

En el marco de lo antes mencionado surge en el año 2007 el proyecto «**Plan Nacional de Recursos Hídricos**», para identificar, ordenar y cuantificar la cantidad y calidad de las aguas, superficiales y subterráneas; y hacer la prospección del recurso agua en el corto, mediano y largo plazo. Este plan se esquematizó por la autoridad ambiental (actual Ministerio de Ecosocialismo y Aguas) en el tren hídrico nacional (MINAMB, 2007).



Fuente: MINAMB (2007)

Imagen 3.20. Tren hídrico en Venezuela

Es importante resaltar que en el marco de la Ley de Aguas (2007) en el **Plan Hídrico Nacional**, se establecen medidas para prevención y control de los posibles efectos negativos de las aguas sobre la población y sus bienes, entre las cuales se contemplan:

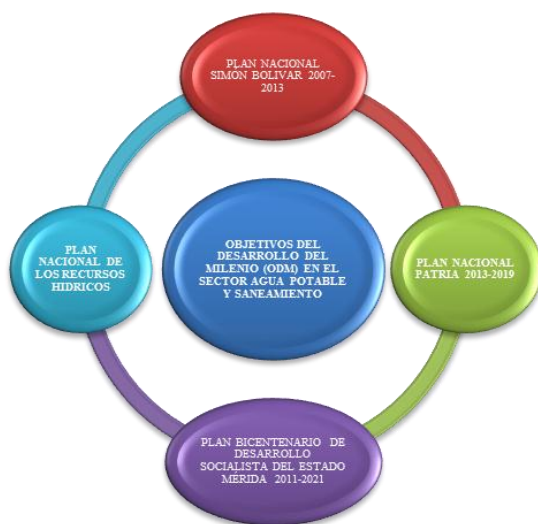
1. Los planes de gestión integral de las aguas, así como en los planes de ordenación del territorio y de ordenación urbanística, insertándose los elementos y análisis involucrados en la gestión integral de riesgos, como proceso social e institucional de carácter permanente, concebidos de manera consciente, concertados y planificados para reducir los riesgos socio naturales y cronológicos en la sociedad. (Ley de Aguas, artículo 14)

El Plan contendrá, entre otros aspectos, la estimación del balance actual y prospectivo de las disponibilidades y demandas de agua para las regiones hidrográficas, las decisiones sobre trasvases entre regiones hidrográficas así como la identificación de las cuencas hidrográficas prioritarias y del uso primordial al que se destinarán las aguas en cada caso. Así mismo, el plan incluirá la definición de lineamientos y directrices para la distribución de las aguas, entre las distintas actividades que demanden su uso, en función de la disponibilidad del recurso y los beneficios sociales e importancia económica de cada actividad. (Ley de Aguas, artículo 48)

2. La construcción, operación y mantenimiento de las obras e instalaciones necesarias. (Ley de Aguas, artículo 14)

Sin embargo, en Venezuela, aún se evidencia que los asentamientos de las poblaciones en ámbitos urbanos, periurbanos y rurales, aún se caracterizan por un trazado ineficiente o una ubicación inadecuada, producto de la inexistencia de medidas previas de planificación y ordenación del territorio interrelacionado con la planificación de los servicios públicos, que posteriormente faciliten las labores de regularización y la incorporación de los servicios de agua potable y saneamiento (AP y S).

A pesar de ello, el ente rector de los recursos naturales en el país (actual MINEA), establece en torno a los recursos hídricos, medidas, actividades y líneas de trabajo como estrategias para la adaptación al cambio climático y al logro de los objetivos de desarrollo del milenio (ODS), que se consolidan como “**política de estado**” en los planes de desarrollo económico y social: “Plan Nacional Socialista Simón Bolívar” y “Plan de la Patria 2013- 2019”, las cuales pueden señalarse las siguientes:



Fuente: Elaboración propia

Imagen 3.21. Planes de desarrollo económico y social en Venezuela y área de estudio

Tabla 3.2. Estrategias de adaptación establecidas como política de estado y plan de desarrollo de la nación

| Objetivos Históricos | Objetivos Nacionales | Objetivos estratégicos y generales |
|--|--|---|
| <p>III. Convertir a Venezuela en un país potencia en lo social, lo económico y lo político dentro de la Gran Potencia Naciente de América Latina y el Caribe, que garanticen la conformación de una zona de paz en Nuestra América.</p> | <p>3.4. Profundizar el desarrollo de la nueva geopolítica nacional.</p> | <p>3.4.1.3. Fortalecer y mejorar los sistemas de agua potable a lo largo del territorio nacional, manteniendo e incrementando la continuidad del servicio de agua potable a 250 litros por persona, mediante la culminación y construcción de cien acueductos a nivel nacional, para garantizar la producción de 4.000 millones de metros cúbicos de agua potable.</p> <p>3.4.1.4. Consolidar el Plan Nacional de Aguas para mejorar, reforzar y establecer el suministro de agua en todo el país y especialmente en comunidades populares, con la participación protagónica de los comités de agua y otras organizaciones del poder popular.</p> <p>3.4.1.5. Continuar incrementando y mejorando los sistemas de recolección y tratamiento de las aguas servidas en todo el territorio nacional, garantizando el vertido adecuado a los distintos cuerpos de agua.</p> <p>3.4.1.10. Preservar las cuencas hidrográficas y los cuerpos de agua.</p> |

Fuente: Ley del Plan de la Patria, publicado en Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela N° 6.118 Extraordinario, 4 de diciembre de 2013

Tabla 3.2. Estrategias de Adaptación establecidas como política de estado y plan de desarrollo de la nación

| Objetivos Históricos | Objetivos Nacionales | Objetivos estratégicos y generales |
|--|---|--|
| V. Contribuir con la preservación de la vida en el planeta y la salvación de la especie humana. | 5.1. Contribuir e impulsar el modelo productivo eco socialista, basado en una relación armónica entre el hombre y la naturaleza, que garantice el uso y aprovechamiento racional, óptimo y sostenible de los recursos naturales respetando los procesos y los ciclos de la naturaleza | 5.1.1.2. Desarrollar una política integral de conservación, aprovechamiento sustentable, protección y divulgación científica de la diversidad biológica y los reservorios de agua del país. |
| | 5.2. Proteger y defender la soberanía permanente del Estado sobre los recursos naturales para el beneficio supremo de nuestro Pueblo, que será su principal garante. | 5.2.1. Promover acciones en el ámbito nacional e internacional para la protección y conservación de áreas estratégicas, entre otras: fuentes y reservorios de agua (superficial y subterránea), gestión integrada de cuencas hidrográficas. |
| | 5.4. Contribuir a la conformación de un gran movimiento mundial para contener las causas y reparar los efectos de cambio climático que ocurren como consecuencia del modelo capitalista depredador | 5.4.1. Continuar la lucha por la preservación, el respeto y el fortalecimiento del régimen climático conformado por la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático y su Protocolo de Kioto. 5.4.1.4. Iniciar un proceso de transformación de las disposiciones legales para garantizar la administración y protección del patrimonio natural, en la construcción del Ecosocialismo. 5.4.3. Diseñar un Plan Nacional de adaptación que permita prepararse al país para los escenarios e impactos climáticos. |

Fuente: Ley del Plan de la Patria, publicado en Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela N° 6.118 Extraordinario, 4 de diciembre de 2013

Además como política de Estado en gestión ambiental para el área estratégica “Agua”, establece lo siguiente:

Tabla 3.3. Estrategias de Adaptación establecidas como política de estado y plan de desarrollo de la nación específica en el área estratégica agua

| Objetivo General | Objetivo Específico | Estrategia | Política |
|---|--|--|--|
| <p>Asegurar la Gestión Integral de las Aguas como recurso estratégico y seguridad nacional</p> | <p>1. Impulsar el manejo integral de las aguas para su conservación y aprovechamiento sustentable.</p> | <p>1.1. Lograr el manejo integral y sustentable de las cuencas hidrográficas e hidrogeológicas, para garantizar la producción de agua.</p> | <p>1.1.1. Formular el plan nacional de gestión estratégica de cuencas hidrográficas e hidrogeológicas.</p> <p>1.1.2. Establecer el reservorio estratégico nacional de las aguas desde la perspectiva de desarrollo sustentable.</p> <p>1.1.3. Mantener actualizado el inventario estratégico de la disponibilidad y demanda de las aguas superficiales y subterráneas en cantidad y calidad a nivel nacional y regional.</p> <p>1.1.4. Establecer la extracción ajustada a los balances hídricos de las fuentes productoras de agua.</p> <p>1.1.5. Establecer el sistema de control de las aguas: administración, monitoreo, fiscalización, inspección, auditoria, y supervisión.</p> <p>1.1.6. Impulsar la aplicación de sistemas de riego y técnicas de producción agrícolas sustentables.</p> <p>1.1.7. Impulsar los Consejos de la Regiones Hidrográficas y los Consejos de Cuenca.</p> <p>1.1.8. Formular los programas maestros de control y manejo de los cuerpos de agua. (Ley de Aguas, 2007, artículo 12, literal 4)</p> <p>1.1.9. Impulsar la organización institucional para la gestión de las aguas. (Ley de Aguas, 2007, artículo 21).</p> <p>1.1.10. Implementar el Fondo Nacional para la gestión integral de las aguas. (Ley de Aguas, 2007, artículo 96).</p> <p>1.1.11. Asegurar el saneamiento y la recuperación de los cuerpos de agua.</p> <p>1.1.12. Establecer los mecanismos de regulación de actividades dentro de las cuencas hidrográficas y los cuerpos de agua para asegurar la sustentabilidad de los servicios.</p> <p>1.1.13. Formular la normativa para la gestión de los cuerpos de agua.</p> <p>1.1.14. Instrumentar planes y programas para la conservación y recuperación de suelos.</p> <p>1.1.15. Impulsar la política de la lucha contra la desertificación</p> |

Fuente: Ley del Plan de la Patria, publicado en Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela N° 6.118 Extraordinario, 4 de diciembre de 2013

Tabla 3.3. Estrategias de adaptación establecidas como política de estado y plan de desarrollo de la nación específica en el área estratégica agua

| Objetivo General | Objetivo Específico | Estrategia | Política |
|--|---|---|---|
| Asegurar la Gestión Integral de las Aguas como recurso estratégico y seguridad nacional | 1. Impulsar el manejo integral de las aguas para su conservación y aprovechamiento sustentable. | 1.2. Aumentar la calidad y cobertura del servicio de agua potable y saneamiento | 1.2.1. Asegurar la aplicación del Plan Nacional de Gestión Integral de las Aguas. 1.2.2. Impulsar el Programa Nacional Estratégico de construcción, mantenimiento y recuperación de embalses y otras obras de captación. 1.2.3. Impulsar el Programa Nacional Estratégico de construcción, mantenimiento, recuperación de tuberías de aducción y plantas de potabilización. 1.2.4. Incrementar programas y proyectos de construcción, mantenimiento y recuperación de redes de distribución. 1.2.5. Incrementar programas y proyectos de construcción, mantenimiento y recuperación de redes de recolección y tratamiento de aguas servidas. 1.2.6. Fomentar la desalinización del agua del mar para abastecer sectores de la zona costera venezolana con deficiente disponibilidad de agua. |
| | | 1.3. Implementar el uso de aguas residuales tratadas. | 1.3.1. Definir las alternativas de uso de las aguas residuales tratadas de acuerdo a su caracterización física, química y biológica. 1.3.2. Establecer el uso obligatorio de las aguas residuales tratadas. |

Fuente: Ley del Plan de la Patria, publicado en Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela N° 6.118 Extraordinario, 4 de diciembre de 2013

Estas transformaciones del sector agua potable y saneamiento desde el punto de vista legal y su dinámica, ha contribuido en el país, a la evolución institucional en materia de servicio de agua potable y saneamiento, ya que parte, estos cambios tienen su origen en el año 1943, cuando se creó el Instituto Nacional de Obras Sanitarias [INOS], una unidad adscrita al Ministerio de Obras Públicas [MOP], que entonces concentraba las funciones de agua potable, saneamiento, infraestructura vial y vivienda. El INOS operó hasta el año 1993, cuando mediante una ley se liquida el organismo y los servicios de abastecimiento de agua y saneamiento pasan a ser prestados en forma transitoria por la Hidrológica Venezolana C.A. [HIDROVEN] y un conjunto de empresas filiales (tabla 3.4).

Tabla 3.4. Fases del proceso de transformación de los servicios de agua potable y saneamiento en Venezuela durante el período 1990 - 2002

| Período | 1990-1991 | 1992-1994 | 1994-1998 | 1999-2002 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|--|---|---|-------------|------------------------------------|-----------------|------------------------------------|-----------|--------------|-------------|---------------|---------------|---|------------|--|-----------|----------------|-------------|--|-------------|--------------|--|--|
| Entorno Político | Programa de ajuste macroeconómico y reestructuración del sector público | Crisis política Gobierno de transición | Nuevo gobierno Segundo período de ajuste macroeconómico Crisis fiscal | Nuevo gobierno Crisis política recurrente Altos ingresos petróleo Déficit fiscal | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Situación de los SAPS | Franco deterioro en la calidad y cobertura Crisis operativa y financiera | Inicio de las rehabilitaciones urgentes | Inversiones importantes en rehabilitación Inicio de nuevas obras. | Inversiones en nuevas obras y rehabilitación. Énfasis en depuración | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Proceso de Reestructuración | Aprobación del proceso de reestructuración. Liquidación INOS. | Desaceleración del proceso | Ratificación de líneas estratégicas del proceso. Énfasis en transferencia y propuesta de nuevo marco legal. | Énfasis en la aprobación del nuevo marco legal, en el aumento de las inversiones y en los procesos de participación comunitaria. Atención de acueductos rurales. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Institucionalidad del Sector | Aprobación de estructura operativa descentralizada y transitoria | Creación de HIDROVEN y sus EHR | Transferencias con liderazgo de gobernaciones. Creación de 5 empresas (Municipios- Gobernación) Consolidación de estructuras transitorias | Cambio en la estrategia de transferencias. Paralización del proceso. Consolidación de estructuras transitorias. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Incorporación de Operadores privados | Intento de incorporación privada al Acueducto Metropolitano de Caracas | Paralización del proceso de privatización. | Contratos de gerencia integral en Aguas de Monagas e Hidrolara | Contrato de Gerencia Integral para manejar HIDROLAGO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Marco Legal | Marco Legal inadecuado. La aprobación de un nuevo marco legal institucional, si bien formó parte de la propuesta de reestructuración, no recibió atención efectiva durante este período. | | Intentos por aprobar nuevo Marco Legal e Institucional, con apoyo del BID y BM. | Aprobación LOPSAPS. Inicio del proceso de implantación y desarrollo del nuevo marco legal e institucional. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Empresas 1990-1991 | <table border="1"> <tbody> <tr> <td>HIDROCAPITAL</td> <td>Acueducto Metropolitano de Caracas, Municipio Vargas y Estado Miranda</td> </tr> <tr> <td>HIDROCENTRO</td> <td>Estados Aragua, Carabobo y Cojedes</td> </tr> <tr> <td>HIDROOCCIDENTAL</td> <td>Estados Lara, Portuguesa y Yaracuy</td> </tr> <tr> <td>HIDROLAGO</td> <td>Estado Zulia</td> </tr> <tr> <td>HIDROFALCON</td> <td>Estado Falcón</td> </tr> <tr> <td>HIDROSUROESTE</td> <td>Estado Táchira y Municipio E. Zamora del Estado Barinas</td> </tr> <tr> <td>HIDROANDES</td> <td>Estados Trujillo, Mérida y Barinas (excepto Municipio E. Zamora)</td> </tr> <tr> <td>HIDROPAEZ</td> <td>Estado Guárico</td> </tr> <tr> <td>HIDROCARIBE</td> <td>Estados Sucre, Nueva Esparta, Anzoátegui y Monagas</td> </tr> <tr> <td>HIDROLLANOS</td> <td>Estado Apure</td> </tr> </tbody> </table> | | HIDROCAPITAL | Acueducto Metropolitano de Caracas, Municipio Vargas y Estado Miranda | HIDROCENTRO | Estados Aragua, Carabobo y Cojedes | HIDROOCCIDENTAL | Estados Lara, Portuguesa y Yaracuy | HIDROLAGO | Estado Zulia | HIDROFALCON | Estado Falcón | HIDROSUROESTE | Estado Táchira y Municipio E. Zamora del Estado Barinas | HIDROANDES | Estados Trujillo, Mérida y Barinas (excepto Municipio E. Zamora) | HIDROPAEZ | Estado Guárico | HIDROCARIBE | Estados Sucre, Nueva Esparta, Anzoátegui y Monagas | HIDROLLANOS | Estado Apure | | |
| HIDROCAPITAL | Acueducto Metropolitano de Caracas, Municipio Vargas y Estado Miranda | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| HIDROCENTRO | Estados Aragua, Carabobo y Cojedes | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| HIDROOCCIDENTAL | Estados Lara, Portuguesa y Yaracuy | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| HIDROLAGO | Estado Zulia | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| HIDROFALCON | Estado Falcón | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| HIDROSUROESTE | Estado Táchira y Municipio E. Zamora del Estado Barinas | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| HIDROANDES | Estados Trujillo, Mérida y Barinas (excepto Municipio E. Zamora) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| HIDROPAEZ | Estado Guárico | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| HIDROCARIBE | Estados Sucre, Nueva Esparta, Anzoátegui y Monagas | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| HIDROLLANOS | Estado Apure | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Fuente: Corrales (2004)

Es por ello, que a partir del año 1994 hasta la actualidad, existe una empresa central que funge como casa matriz o Superintendente Nacional (HIDROVEN C.A.) y diez empresas hidrológicas regionales (EHR) con carácter transitorio hasta tanto se efectuará la transferencia a las autoridades municipales. De este proceso de descentralización y la transferencia de competencias a estados y municipios surge en el año 1998 la Empresa Regional Aguas de Mérida C.A. (tabla 3.5).

Tabla 3.5. Empresas Hidrológicas en Venezuela

| Empresas filiales de Hidroven (9 empresas) | Año de creación | Estados que atiende | Población de la región | Cobertura agua potable % | Cobertura aguas servidas % |
|--|-----------------|---|------------------------|--------------------------|----------------------------|
| HIDROANDES | 1990 | Trujillo y Barinas (excepto municipio Ezequiel Zamora) | 1.079.350 | 79 | 47 |
| HIDROCAPITAL | 1991 | Zona metropolitana de Caracas, estados Vargas y Miranda | 5.789.475 | 93 | 76 |
| HIDROCARIBE | 1990 | Anzoátegui, Sucre y Nueva Esparta | 2.417.085 | 87 | 73 |
| HIDROCENTRO | 1990 | Aragua, Carabobo y Cojedes | 4.034.148 | 92 | 79 |
| HIDROFALCON | 1990 | Falcón | 764.526 | 93 | 68 |
| HIDROLAGO | 1990 | Zulia | 3.367.016 | 78 | 56 |
| HIDROLLANOS | 1990 | Apure | 505.424 | 64 | 49 |
| HIDROPÁEZ | 1991 | Guárico | 676.715 | 80 | 77 |
| HIDROSUROESTE | 1991 | Táchira y municipio Ezequiel Zamora, estado Barinas | 980.000 | 0,79 | 0,63 |
| Empresas hidrológicas dependiente de una corporación regional (1 empresa) | | | | | |
| CVG-GOSH | | Bolívar, Delta Amacuro y Amazonas | - | S/I | S/I |
| Empresas hidrológicas regionales descentralizadas (5 empresas) | | | | | |
| Aguas de Monagas | 1993 | Monagas | 691.250 | 80 | S/I |
| HIDROLARA | 1994 | Lara | 1.239.936 | 90 | 80 |
| Aguas de Mérida | 1998 | Mérida | 719.797 | 70 | 85 |
| Aguas de Yaracuy | 1999 | Yaracuy | 498.017 | 78 | 70 |
| Aguas de Portuguesa | 1999 | Portuguesa | 808.335 | 64 | 53 |
| Empresas municipales descentralizadas (3 empresas) | | | | | |
| Aguas de Anaco | S/I | Municipio Anaco, estado Anzoátegui | S/I | S/I | S/I |
| Instituto Municipal Aguas de Zamora | S/I | Municipio Zamora, estado Barinas | S/I | S/I | S/I |
| MAPS | 1991 | Municipio Sucre (sólo parroquias Caucajúita, La Dolorita, Mariches y parte de Petare), estado Miranda | S/I | S/I | S/I |

Fuente: HIDROVEN (2005b)

Por lo antes expuesto, el sector agua potable y saneamiento (saps) en Venezuela, se enmarca en tres niveles de acción gubernamental:

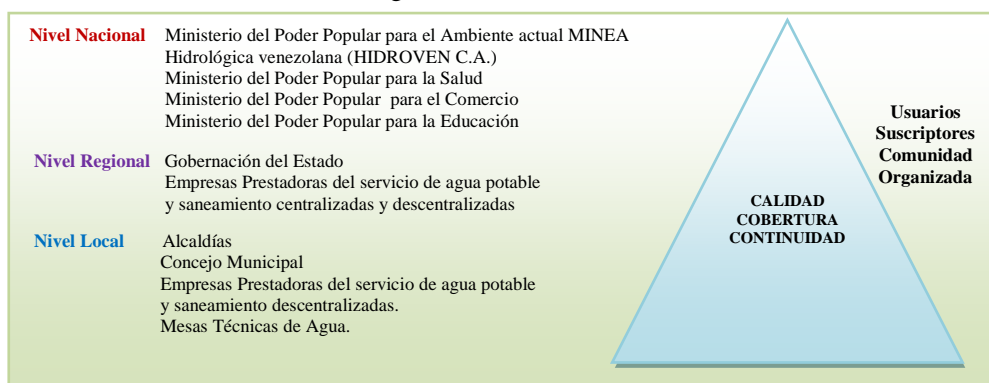


Imagen 3.22. Niveles de acción gubernamental del sector agua potable y saneamiento en Venezuela

Cuyas actuaciones hasta el año 2015, se sistematizan de la siguiente manera:

Tabla 3.6. Actuaciones en el sector agua potable y saneamiento según el nivel de gobierno

| | Planificación y establecimiento de políticas | Otorgamiento de recursos financieros | Manejo y gestión de recursos hídricos para consumo humano | Supervisión de la política tarifaria sanitaria y ambiental |
|-----------------|---|--|---|---|
| NACIONAL | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Ministerio del poder popular para el Ambiente; Viceministerio del Agua, Viceministerio de Ordenación y Administración Ambiental. ▪ HIDROVEN C.A. | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Ministerio del poder popular de Planificación y Finanzas, Ministerio del poder popular para el Ambiente, Ministerio de las Comunas y Protección Social, Ministerio del poder popular de Petróleo y Minería (PDVSA), Fondo de Compensación Interterritorial. ▪ Banca multilateral y bilateral. | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Ministerio del poder popular para el Ambiente; Viceministerio del Agua (Dirección General de cuencas hidrográficas –Dirección General de equipamiento ambiental) ▪ HIDROVEN C.A. | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Ministerio del poder popular para el Comercio. ▪ Ministerio del poder popular para el Ambiente-HIDROVEN C.A. ▪ Ministerio del poder popular para la Salud |
| REGIONAL | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Algunos gobiernos regionales. ▪ Consejos de región hidrográfica (ley de aguas, acción por ejecutar) ▪ Consejos de cuencas hidrográficas (ley de aguas acción por ejecutar). | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Gobiernos regionales para inversión. ▪ Consejo estatal de planificación y políticas públicas. ▪ Usuarios mediante el pago de tarifas por servicio. | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Empresas filiales de HIDROVEN C.A. ▪ Empresas descentralizadas regionales. ▪ Mesas técnicas de agua. | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Ministerio del poder popular para el Ambiente-HIDROVEN C.A. ▪ Ministerio del poder popular para la Salud. |
| LOCAL | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Algunos gobiernos municipales. | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Gobiernos municipales para inversión. ▪ Consejo estatal de planificación y políticas públicas. ▪ Usuarios mediante el pago de tarifas por servicio. | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Empresas descentralizadas municipales. ▪ Mesas técnicas de agua. ▪ Consejos comunales. | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Ministerio del poder popular para el Ambiente-HIDROVEN C.A. ▪ Ministerio del poder popular para la Salud. |

Fuente: Elaboración propia

Por lo antes mencionado, la presente investigación se fundamenta en la política del Estado venezolano referido a la **gestión ambiental en el área estratégica “Agua”**, y

en vista de que en el estado del arte aún no se evidencia una metodología y sistemas de indicadores que permitan evaluar la sostenibilidad y desempeño ambiental de las Empresas Prestadoras del Servicio de Agua Potable, se hizo necesario profundizar y sistematizar la revisión documental haciendo énfasis en modelos existentes, para obtener, analizar y evaluar la información ambiental y su vinculación con el sector agua potable.

3.4.1.1.2. Generalidades de modelos existentes para obtener, analizar y evaluar la información ambiental y su vinculación con el sector agua potable.

i. Modelos para el proceso de la toma de decisiones y aplicación de estrategias y acciones.

Son aquellos que definen la relación entre la información ambiental, los valores sociales, objetivos y metas políticas (EPA, 1994).

Estos modelos han sido utilizados en particular por la Agencia Ambiental de Estados Unidos (EPA) y el Consejo Canadiense de Ministros de Medio Ambiente (CCME), para delinear una estrategia para el desarrollo de metas, objetivos e indicadores para el manejo de los ecosistemas (Winograd, Salazar, Fonseca, Pescador, Riascos & Aguilar, 1998).

ii. Modelos para el monitoreo de los procesos ambientales y las interacciones sociedad-ambiente.

Son aquellos que tratan de clasificar los problemas ambientales en términos de cadenas causa-efecto o en una base espacial, para saber dónde ocurren estos procesos e interacciones (OCDE, 1993).

Un modelo ampliamente utilizado es el de Presión-Estado-Respuesta (P-E-R) desarrollado por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE, 1991; 1993), a partir del modelo original de Presión-Respuesta propuesto por Friends & Raport (1979).

Este modelo es utilizado como formato para estructurar los indicadores y conduce a la elaboración de una progresión causal de las acciones humanas que ocasionan una presión sobre el ambiente que llevan a un cambio en su estado, al cual la sociedad responde con medidas o acciones para reducir o prevenir el impacto. No obstante dadas las características y naturaleza de los proyectos, el modelo debe ser adaptado y refinado. Este aspecto conlleva al desarrollo posterior del modelo FPEIR (Gallopín, 1997).

Así mismo, para que el modelo PER, puede llegar a ser utilizado en el seguimiento y análisis de las relaciones sociedad-ambiente, se hace necesario una aproximación ecológica-geográfica a diferentes escalas (Gallopín, 1997; Winograd *et al.*, 1998; citados por Sarandon, Gaviño & Pereyra, 2001). De una manera más integradora y con visión sistémica, el modelo FPEIR, viene a compensar las debilidades del modelo PER.

Este marco conceptual, es probablemente el más aceptado y utilizado mundialmente debido a su simpleza, facilidad de uso y la posibilidad de aplicación a diferentes niveles, escalas y actividades humanas (Sarandon, Gaviño & Pereyra, 2001).

En este caso, España y Colombia, han aplicado la metodología de la Agencia Europea del Medio Ambiente [AEMA], que surgió de la planteada por la OCDE, pero ordenados según el esquema causa efecto - respuesta y lo denominan **Modelo FPEIR** (Fuerzas motrices, Presiones, Estado, Impacto, Respuesta).

Las etapas del análisis siguen un proceso secuencial (imagen 3.23.), verificando cómo las distintas fuerzas motrices (fundamentalmente las actividades económicas), inducen la generación de presiones que modifican su estado, situación y calidad provocando determinados impactos en la salud y el medio urbano que, finalmente, reclaman respuestas sociales adecuadas para contrarrestar los efectos negativos producidos. (AEMA, 2000; AEMA, 2004; OSE, 2008).

Consecuentemente, se han incluido indicadores sobre las fuerzas motrices que derivan en presiones sobre el medio ambiente, que afectan a su estado y determinar un impacto final.

Las respuestas posibles se extienden tanto a la reconducción de las fuerzas motrices y, en este caso, de las demandas del agua como a medidas y políticas para reducir las presiones, como pueden ser los vertidos y residuos sólidos contaminantes y, de este modo, mejorar el estado y reducir el impacto. Son numerosas las presiones que soporta el agua y, entre ellas, destacan las derivadas de la agricultura, la industria, el turismo, los desarrollos de infraestructuras y ámbitos urbanos, entre otros.

Estas fuerzas motrices o desarrollos socioeconómicos que implican mayor o menor necesidad de agua, están estrechamente ligadas a las políticas, sociales y económicas de ámbito nacional, comunitario e incluso internacional (AEMA, 2004, OSE, 2008).



Fuente: adaptado de AEMA (2004)

Imagen 3.23. La gestión del agua con vistas a un Desarrollo Sostenible (Modelo FPEIR)

El Observatorio de Sostenibilidad [OSE] de España en el año 2008, en su documento titulado “Agua y Sostenibilidad: Funcionalidad de Cuencas”, siguiendo el enfoque descrito anteriormente, ha adoptado una metodología específica para agrupar los indicadores seleccionados (válido para los indicadores de aguas superficiales) y que sigue el esquema de la imagen 3.23, planteado y adaptado por la Dirección General de Agua del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, divididos entre los indicadores que hacen referencia a factores naturales y los antrópicos (imagen 3.24).



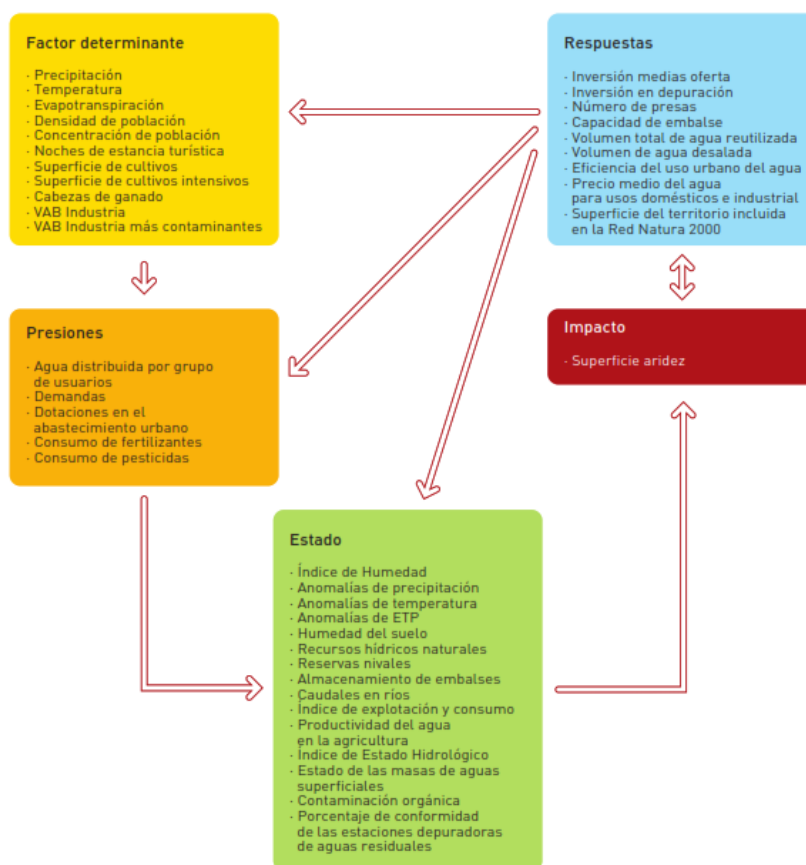
Fuente: Ministerio de Medio Ambiente, Rural y Marino citado por OSE (2008)

Imagen 3.24. Sistema de indicadores del agua (SIA)

Este modelo es una potente herramienta para el análisis de las interrelaciones entre las dinámicas socioeconómicas y los impactos ambientales que repercuten en la sostenibilidad, en la medida que proporciona una visión de la degradación ambiental en relación con las causas directas e indirectas que la provocan, considerando el resultado de las fuerzas motrices que ejercen presión sobre el entorno, los recursos ambientales y naturales, alterando en mayor o menor medida su estado inicial.

El cambio se percibe como un impacto negativo, cuando representa un deterioro de los ecosistemas, de los recursos y de los usos y servicios asociados. La sociedad puede activar una respuesta frente a estos impactos, tratando de corregir las tendencias negativas detectadas si es posible en origen, o sea, reorientando las fuerzas motrices sin necesariamente renunciar a un desarrollo en términos de mejora de calidad de vida o reduciendo las presiones resultantes o mitigando o adaptándose a los impactos, para alcanzar el mayor equilibrio y mantener al máximo la funcionalidad del sistema con perspectivas de futuro (AEMA, 2000; AEMA 2004; OSE, 2008).

Una de las principales virtudes de esta metodología es la claridad con la que se puede exponer la información, para obtener una visión general de la situación del agua, y en **España**, tras la aplicación del modelo FPEIR, lograron identificar y cuantificar el estado y los impactos actuales sobre el agua en este país, y su evolución en el tiempo, además de clasificar, siguiendo este esquema los Indicadores de Aguas Superficiales (imagen 3.25).



Fuente: OSE (2008)

Imagen 3.25. Clasificación de los indicadores de aguas superficiales en España según el esquema FPEIR

En el caso de **Colombia**, se aplicó el modelo **FPEIR** (Fuerzas motrices, Presiones, Estado, Impacto, Respuesta), para determinar la sostenibilidad a nivel de microcuencas, por medio de un análisis de indicadores que establecen cuales son las fuerzas motrices que ejercen presiones sobre la gestión del agua en este sector, ocasionando unos impactos y unas respuestas por parte de todo el conjunto que comprende la microcuenca hidrográfica y que repercute, en el desarrollo del territorio y la calidad de vida de los habitantes. La evaluación de los indicadores se determina valorando el estado actual y las tendencias que tiene el indicador, ya sean positivas o negativas, además, de la relevancia que tiene para la gestión sostenible del agua. Cada indicador se categoriza dentro de una fuerza motriz inicial (ya sea presión, estado, impacto o respuesta) que nos

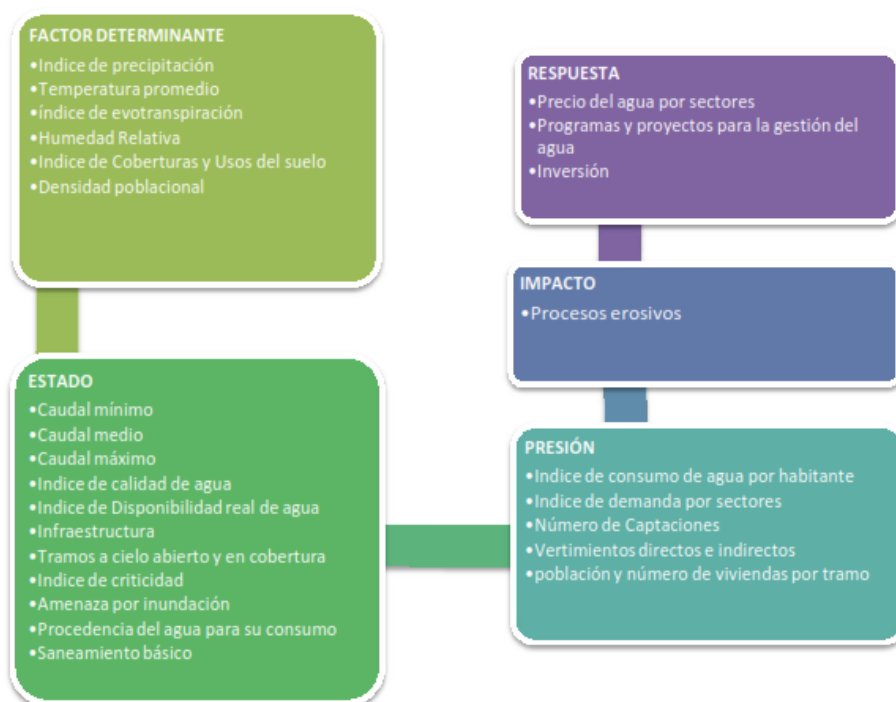
ayuda a clarificar cuales ámbitos influyen más en el Desarrollo Sostenible, o al contrario, contribuyen a la degradación de la misma y especialmente del recurso hídrico (Pulgarin, 2011).

En este contexto la investigación realizada por Pulgarin (2011), titulada «**Desarrollo de un modelo de gestión sostenible del agua: microcuenca La Bermejala, Medellín, Colombia**», se determinó que dentro de la evaluación de indicadores, se seleccionó aquellos más representativos y relevantes para la gestión del recurso hídrico, indicando finalmente diversas categorías de diagnóstico:

- **Estado favorable:** significa que se encuentra en un estado aceptable que contribuye al mejoramiento del desarrollo sostenible de la microcuenca, persiguiendo los objetivos de desarrollo ambiental generales.
- **Situación no definida:** no se puede establecer en qué estado se encuentra por lo tanto, tampoco los impactos sobre los recursos, ya que por falta de información o simplemente por falta de interacción entre diferentes fuerzas motrices se encuentra en una situación indefinida que puede tomar cualquier rumbo.
- **Estado desfavorable:** indica que es más el impacto negativo que tiene sobre el recurso hídrico, trayendo efectos directos o indirectos que pueden deteriorar el recurso hídrico.
- **Falta de información:** no se puede determinar claramente el estado del indicador, ya que no se tiene acceso a la información específica para ello.
- **Señales de esperanza:** a pesar de no presentar un estado favorable, puede presentar una tendencia positiva de mejoramiento.
- **Situación crítica:** el grado de impacto o degradación es máximo
- **Estratégico:** es un punto principal que actúa como eje de desarrollo
- **Tendencia positiva y negativa:** presenta perspectivas de mejoramiento o al contrario de deterioro de los recursos.

Siguiendo este enfoque, desarrolló un **modelo diagnóstico**, como **herramienta de análisis ambiental** para profundizar en las **interrelaciones de las dinámicas tanto socio-económicas, como urbanas y ambientales**, que repercuten en la gestión del agua, proporcionando un **panorama de degradación del recurso hídrico** de la microcuenca hidrográfica, en relación con las causas que la provocan, considerando aquellas fuerzas que ejercen presiones sobre los recursos ambientales desviando su curso y alterando su estado natural. Dentro de los criterios para adoptar los índices de estado se

tomaron en cuenta básicamente los factores biofísicos, territoriales, y socio-económicos, que repercuten en el recurso hídrico, alterando su ciclo y propiciando condiciones críticas para su desarrollo (imagen 3.26).



Fuente: Pulgarin (2011)

Imagen 3.26. Clasificación de los indicadores para la microcuenca Bermejala - Colombia según el esquema FPEIR

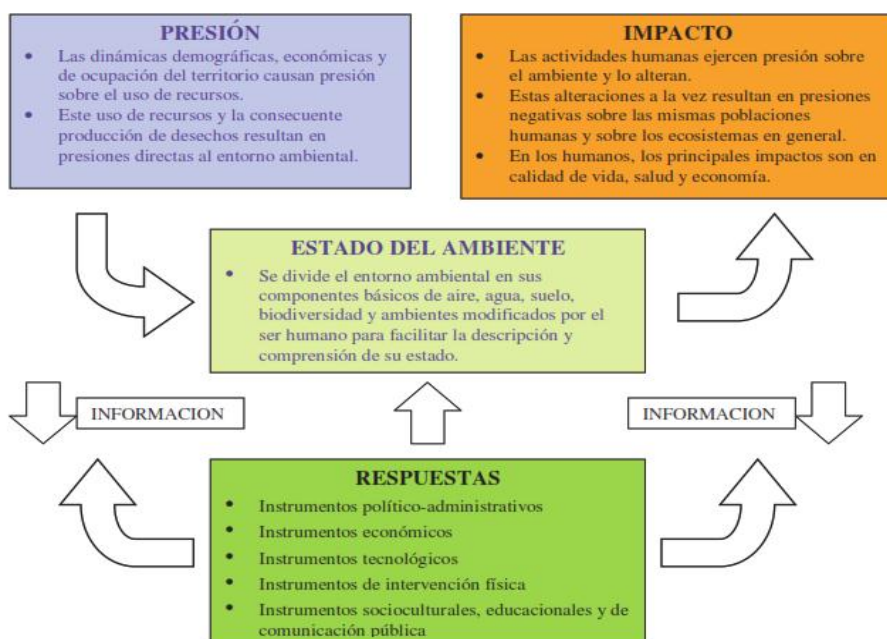
En **Guatemala**, el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, emplea un modelo **modificado del PER denominado EPIR**, el cual es aplicado para establecer indicadores del ambiente y de los recursos naturales, cuyo marco analítico es la matriz EPIR (Estado- Presión-Impacto-Respuesta) que procura definir y relacionar el grupo de factores que determinan las características actuales que influyen en el ambiente. El objetivo de aplicar esta metodología es lograr una vinculación lógica entre las variables representadas por los indicadores propuestos que permita orientar la evaluación del estado del ambiente, incluyendo los factores que ejercen presión sobre los recursos naturales y las respuestas que se producen para enfrentar los problemas ambientales.

Los indicadores ordenados en la matriz EPIR, pretenden responder a cuatro preguntas básicas en cualquier escala territorial:

1. ¿Qué le está sucediendo al medio ambiente? (ESTADO).
2. ¿Por qué está sucediendo esto? (PRESION).
3. ¿Por qué nos debe importar esto? (IMPACTO).
4. ¿Qué podemos hacer y qué estamos haciendo en este momento? (RESPUESTA).

Una quinta pregunta, implícita en el análisis de indicadores a lo largo del tiempo, se refiere a las perspectivas futuras: ¿Qué pasará si no actuamos ahora?

Es importante recordar que la matriz es únicamente un instrumento analítico que ayuda a ordenar en forma lógica los indicadores de un tema dado. Este ordenamiento debe utilizarse con cierta flexibilidad, ya que dependiendo del tipo de análisis o punto de vista, una actividad humana dada puede considerarse una presión, respuesta o impacto. Y en la metodología empleada por este país, se contextualiza de la siguiente manera:



Fuente: Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales de la República de Guatemala [MARN], (2003)

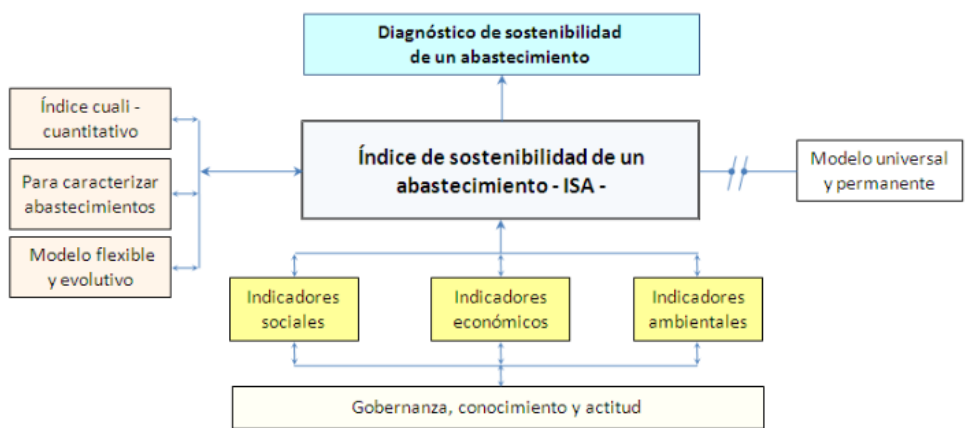
Imagen 3.27. Clasificación de los indicadores en Guatemala según el esquema EPIR

iii. Modelo diagnóstico de la sostenibilidad de un abastecimiento de agua.

Este modelo fue propuesto por el autor Benavides (2010) en su tesis doctoral titulada **“Diagnóstico de la sostenibilidad de un abastecimiento de agua e identificación de las propuestas que la mejoren”**, elaborada en la Universidad Politécnica de Valencia – España (Programa de doctorado en Ingeniería Hidráulica y medio Ambiente) y **fue aplicada en Ecuador**, la cual resultó una metodología innovadora en el sector agua potable aplicable a los países en vías de desarrollo, ya que da inicio a la ruptura de esquemas tradicionales de evaluar la gestión de la prestación del servicio, para contribuir al monitoreo integral del componente social, económico y ambiental de la prestación del servicio de agua potable. De esta manera, permite contribuir a mejorar el desempeño de los abastecimientos de agua potable a las poblaciones, esto les significará que deben convertirse, temprano mejor que tarde, en sus propios gestores de sistemas de agua sostenibles, siempre que se comprendan bien y acaten las normas y políticas recomendadas para este fin, con sensatez y disciplina, por todos los involucrados del escenario hídrico urbano. Es la consolidación de un verdadero proceso de gobernanza por los principales autores de una comunidad, en procura de solventar problemas que les son comunes.

En este sentido, plantea, en un lenguaje técnico, un modelo metodológico para la optimización del desempeño en los abastecimientos de agua, específico e integral, comprensible, práctico y sencillo, para que todos los organismos operadores, proveedores y prestadores del servicio de agua potable, les permita diagnosticar la sostenibilidad en sistemas urbanos de agua potable mediante el uso del Índice de Sostenibilidad de Abastecimientos (ISA); y con base en ello, su clasificación y posterior selección de alternativas generales para ser incluidas en un plan de medidas que permita mejorarla.

Por lo antes mencionado, el diagnóstico de un abastecimiento de agua mediante su índice ISA, **es un proceso continuo, que se diseña para conocer el estado de sostenibilidad de un sistema de agua, mediante una calificación cuali-cuantitativa que permite establecer sus patologías (administrativas, legales; económicas - de infraestructura; y, ambientales) que son advertidas luego de un análisis comparativo de datos (sociales, económicos y ambientales) con los niveles deseados**, así como identificar y basar técnicamente la propuesta con las medidas correctoras prioritarias, en los componentes social, económico y ambiental, que se relacionan con la gestión del sistema de agua en estudio (imagen 3.28).



Fuente: Benavides (2010)

Imagen 3.28. Mentefacto del diagnóstico de sostenibilidad de un abastecimiento de agua

En este contexto, el **Índice de Sostenibilidad de un Abastecimiento (ISA)**, es aquel que se puede medir, siempre que se consideren para su valoración, indicadores (sociales, económicos y ambientales) relacionados con el abastecimiento (imagen 3.29):

$$ISA = \sum PR_j \quad \text{Ecu: 3.1}$$

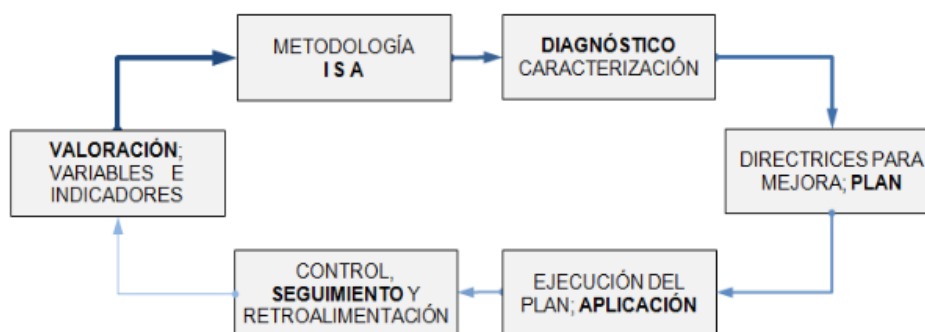
Donde:

PR_j - peso relativo del indicador j

Imagen 3.29. Índice de sostenibilidad de un abastecimiento (ISA)

Y se establece que el **ISA**, es una proposición convergente, numérica y descriptiva de la relación entre los aspectos: social, económico y ambiental, que interactúan en un sistema de suministro.

Para la aplicación del modelo, el autor indica que es preciso que los gestores de abastecimientos de agua potable trabajen para elevar su nivel de sostenibilidad permanentemente, y para ello debe seguir el ciclo modificado Deming (*planificar, hacer, verificar y actuar*), ya que previo a la planificación debe considerar los aspectos de evaluación y diagnóstico, que le permitan conocer al decidir la situación en la cual se encuentra el abastecimiento. En definitiva, gracias a la evaluación y diagnóstico previo poder sentar la línea base de la planificación y toma de decisiones; dicho ciclo de búsqueda de la sostenibilidad se compone de seis fases (imagen 3.30).



Fuente: Benavides (2010)

Imagen 3.30. Ciclo propuesto para la búsqueda de la sostenibilidad de un abastecimiento de agua

Es importante resaltar, que para la selección de indicadores, el autor Benavides (2010), organizó y comparó las bases de datos existentes, relacionados con indicadores de desempeño de diferentes organizaciones mundiales, como la IWA, IBNET, la propuesta de auditoría de pérdidas del Laboratorio de Ingeniería Civil de Portugal, el SAN-FLOW de Sudáfrica, las consideraciones estratégicas de la norma ISO 24512, el sistema de la A y A de Costa Rica, entre muchos otros. Tras una acción de “aterrizamiento”, Benavides (2010), optó por buscar aquellas que más hábilmente se pueden aplicar a la mayoría de abastecimientos de Ecuador, caracterizados, entre otros, por los tópicos siguientes:

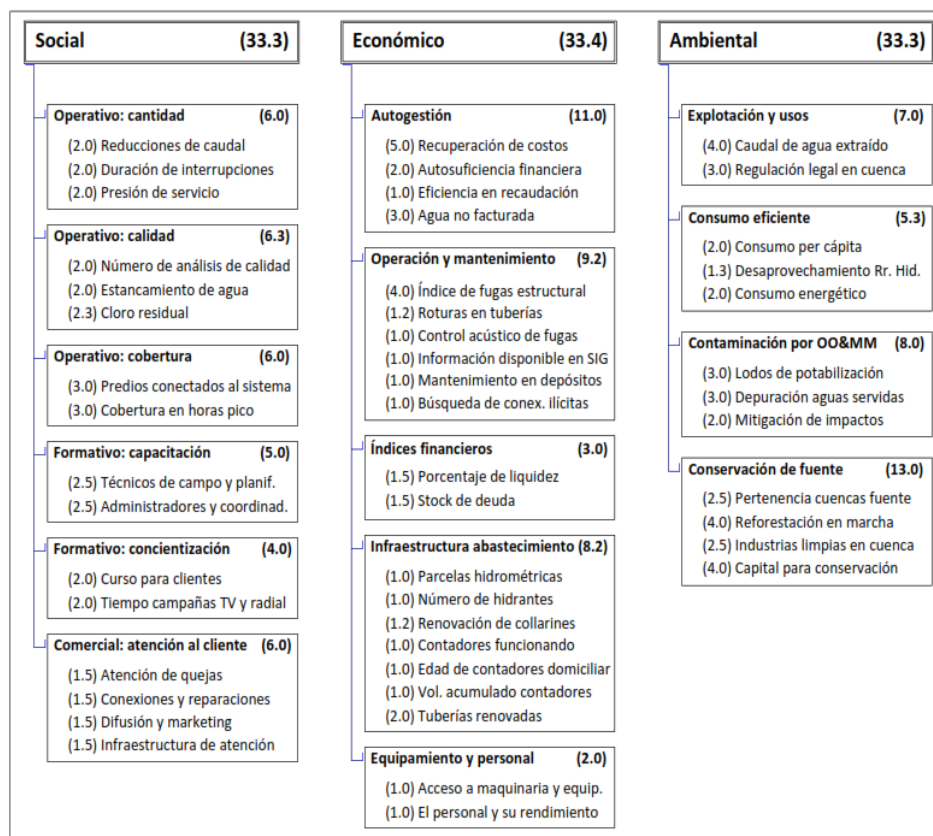
- Actitud de los gestores de las empresas para levantar datos y transformarlos en información útil, verificable y confiable.
- Directores y gerentes con suficiente responsabilidad, autoridad y control.
- Trascendencia histórica de las acciones que no se llevan a cabo en la empresa y que están generando fallos en el sistema de gestión.
- Importancia, actual y futura, de las variables seleccionadas, respecto de la mejora del desempeño interno.
- Oportunidad financiera para recapitular, reorientar o iniciar con la planificación de acciones hacia la sostenibilidad del abastecimiento.
- Características de espacio y tiempo técnicamente adecuados para monitoreo y medición.
- Optimización del recurso humano contemplando que con sólo el levantamiento de información no se reste la actividad de la empresa.

- Seleccionar las variables mínimo necesarias, para dar el comienzo de la gestión integral del agua.
- Contrastar y aprovechar las experiencias de aquellas empresas que ya han iniciado tiempo atrás con la mejora de gestión, con base a indicadores.
- Conocimiento práctico y *know how* establecido.
- Que la recolección y organización de datos tengan una utilidad continua, y que el resultado de conocer estos indicadores, permitan luego de un análisis comparativo orientar decisiones para la mejora.
- Posibilidad de mejora de la actitud política, basados en argumentos técnicos demostrables y cuantificables.

En este contexto, el método **ISA**, se convierte así, en una herramienta para la evaluación del nivel de sostenibilidad de un abastecimiento de agua, que se construye con la información y datos generados por el propio gestor y que requiere de la medición continua de variables e indicadores - en la etapa de valoración – que se deben expresar, como cifras numéricas comparables (isométricas) y, que a su vez, son el resultado de la agregación o conversión mediante factores de calidad (**FC**) en pesos relativos (**PR**).

La técnica que ampara a la metodología del diagnóstico de abastecimientos mediante su **ISA**, se podría explicar cómo la combinación entre la de *factores ponderados* y la del *árbol de decisiones*. El primero de ellos, se basa en la valoración global mediante indicadores que a su vez se afectan de forma ponderada por su importancia (Pabón L. 2007), de tal modo, que cada indicador, aporta un peso relativo al valor final del ISA. Por su parte la técnica del árbol de indicadores se sustenta en valores que provienen de sus raíces, que en el presente caso, son los datos de las variables e indicadores, que a su vez crean los subcomponentes y éstos dan lugar a los componentes. La suma de los tres componentes finalmente aflora en la parte superior del árbol con el valor del ISA (Benavides, 2010).

El procedimiento Delphi, empleado para determinar, a partir de la consulta a expertos en el área, la distribución de importancias ponderadas, se presenta en la imagen 3.31.



Fuente: Benavides (2010)

Imagen 3.31. Resultados del procedimiento Delphi en el modelo

Como resultado final, Benavides (2010), obtuvo **49 indicadores, agrupados en 15 subcomponentes** y, estos a su vez, en **3 componentes** para la sostenibilidad de un abastecimiento de agua:

- Social**, incorpora aspectos que reflejen los beneficios de los seres humanos que se involucran al mismo, con el propósito de incrementar la calidad de vida de las familias que tienen acceso al servicio de agua. La organización, el confort y comodidad, la salud, participación y capacitación y la responsabilidad, son aspectos que con los procedimientos más adecuados crecerán paulatinamente para gestionar el sistema de forma sostenible. *Cuenta con 16 indicadores distribuidos en 6 subcomponentes.*

- **Económico**, cuenta con **22 indicadores agrupados en 5** subcomponentes; y se fundamenta en los criterios siguientes:
 - a) Recupera todos los costos invertidos, mediante tarifas justas, accesibles por equidad y que a su vez motiva en sus clientes el consumo racional.
 - b) Las actividades de operación y mantenimiento, son plenamente subsidiadas por el consumidor a través del pago por consumo de agua y le dan a la empresa la oportunidad de aplicar una política de control activo de fugas, y tomar acciones para la mejora de la eficiencia en la conducción, almacenamiento, distribución y cobro.
 - c) Desde la óptica financiera, le permite manejarse con buena liquidez, además con un stock de deuda que le facilite aprovechar situaciones favorables del mercado financiero para la búsqueda de mayores plazos, a menores costos; y, una *situación financiera de servicio*, que contemple la búsqueda inminente de la eliminación de subsidios.
 - d) Invierte en infraestructura moderna para el abastecimiento, facilitando cada vez más cumplir con las normativas de seguridad, calidad y cantidad, en espacio y tiempo.
 - e) Mantiene capacitado a todo su personal, en todos los niveles de la empresa y cuenta con el suficiente equipamiento para el desempeño eficiente.

- **Ambiental**, se orienta en los planos de conservación, acción de Operación y Mantenimiento (O y M) con bajo impacto negativo, recuperable y mitigable en el corto tiempo; y, aprovechamiento eficiente de recursos. **Lo conforman 12 indicadores reunidos en 4 subcomponentes.**

A continuación se presentan los **indicadores que conforman el Índice de Sostenibilidad de un Abastecimiento de Agua:**

Tabla 3.7. Indicadores que conforman el índice de sostenibilidad de un abastecimiento de agua

| Componente | Subcomponente | Indicador |
|------------|------------------------------------|---|
| Económico | Autogestión | % de recuperación de costos mediante cobro de facturación por año de servicio |
| | | Autosuficiencia financiera: ingresos propios/gastos corrientes *100 |
| | | Eficiencia en recaudación: Emisión/recaudación *100 |
| | Operación y mantenimiento | Índice de fugas estructural (IFE) |
| | | Número de roturas / km de tubería / año |
| | | Número de inspecciones acústicas para control de fugas en la red / año |
| | | % de información del abastecimiento disponible en una base de datos informática SIG |
| | | % de superficie interior de depósitos de almacenamiento que son impermeabilizados y con mantenimiento por año |
| | | Búsqueda de conexiones ilegales (acústica y visual) en porcentaje de tuberías de la red /año |
| | | % de liquidez = Ingresos Corrientes / Gastos Corrientes * 100 |
| | Índices financieros | Stock de deuda = pasivo total / (ingreso total fuente de financiamiento) * 100 |
| | | Número de parcelas hidrométricas (subsectores o distritos hidrométricos) por cada 10000 conexiones |
| | Infraestructura del abastecimiento | Número de hidrantes contra incendios operativos por cada 1.0 km de tubería |
| | | % de renovación de collarines por año |
| | | % contadores funcionan (instalados/conexiones*100) |
| | | % de contadores instalados más de 8 años |
| | | % de contadores instalados cuyas lecturas superan los 4000 m ³ |
| | | % de tuberías renovadas o repuestas por año |
| | Equipamiento y Personal | Porcentaje de maquinaria y equipo financiados (horas / mes) para O&M |
| | | Número de empleados por cada 10000 abonados |

Fuente: Benavides (2010)

Tabla 3.7. Indicadores que conforman el índice de sostenibilidad de un abastecimiento de agua

| Componente | Subcomponente | Indicador |
|------------|--|--|
| Social | Operativo: Cantidad | Número de reducciones de la cantidad de caudal hasta un 50% por año |
| | | Tiempo total acumulado, en horas, de duración de las interrupciones por año |
| | | % de acometidas con presión de servicio diferente al rango (entre 10 m c.a. y 50 m c.a.) |
| | Operativo: Calidad | Número de análisis de calidad de agua por mes * 1000 / población servida |
| | | Número promedio de horas por día que el agua permanece estancada (almacenada en depósitos del sistema) previo a su consumo |
| | | % de conexiones con un rango de cloro residual diferente al de la norma (0.1 mg/L y 0.5 mg/L) |
| | Operativo: Cobertura | % de predios con conexión al sistema |
| | | % de predios bien servida en horas pico |
| | Formativo: Capacitación a empleados. | Número promedio de horas de capacitación invertidas en cada técnico de campo y miembros de planificación / año |
| | | Número promedio de horas de capacitación invertidas en cada administrador y coordinador del abastecimiento / año |
| | Formativo: Concientización a sus clientes. | horas de curso para clientes por c./ 10000 conex / año |
| | | Tiempo total, en minutos, de campaña radial o TV / mes |
| | Comercial: Atención al cliente | Tiempo (en días) que la empresa tarda en responder las quejas de sus abonados |
| | | Tiempo (en días) en los que la empresa atiende nuevas conexiones, obras de reparación y reinstalación |
| | | Se ejecuta un plan de marketing publicitario de la empresa, promoción al ahorro y difusión pública |
| | | Existe la infraestructura de atención al cliente organizada, equipada y cómoda |

Fuente: Benavides (2010)

Tabla 3.7. Indicadores que conforman el índice de sostenibilidad de un abastecimiento de agua

| Componente | Subcomponente | Indicador |
|------------|--|--|
| Ambiental | Explotación: Del agua captada y vertida. | % de caudal de agua captado para el abastecimiento en época de estiaje. |
| | | Existe estricto control legal y regulación efectiva de explotación de otros recursos y uso de suelo, en las cuencas fuente, por el gobierno local. |
| | Eficiencia consumos | Cantidad promedio de consumo de agua por habitante por día |
| | | Desaprovechamiento de recursos hídricos |
| | | Consumo energético relativo del abastecimiento por mes |
| | Contaminación ambiental | Porcentaje de lodos y desechos generados por el sistema de potabilización (filtros, floculadores y sedimentadores) que se vierten sin depuración a cuerpos receptores, por año |
| | | Depuración de aguas servidas para los vertidos de alcantarillados de la ciudad |
| | | Aplicación de medidas correctoras o de mitigación para reducción de impacto por ruido, polvo y gases en apertura y cierre de zanjas para reparaciones o conexiones domiciliarias |
| | Conservación de la cuenca hidrográfica abastecedora | Superficie de la cuenca fuente o tributaria que es propiedad del sistema en hectáreas por cada (l/s) de agua producida para el abastecimiento |
| | | % de superficie de la o las cuencas tributarias que tienen en marcha un plan anual de silvicultura y reforestación, gestionado o coordinado directamente por el operador del sistema |
| | | % de industrias y fábricas instaladas dentro de la superficie de la cuenca fuente, que depuran sus vertidos y controlan sus desechos correctamente |
| | | % del ingreso facturado por venta de agua que se dedica a adquisición y conservación de cuencas tributarias |

Fuente: Benavides (2010)

Tras conocer los indicadores por componente y sus ponderaciones se calcula el ISA y según el valor que resulte, Benavides (2010), clasifica el *estado de sostenibilidad* y lo divide en cinco categorías:

- Un ISA cuyo valor está dentro del rango de cero a cuarenta, se lo denomina como: “*abastecimiento con estado de sostenibilidad malo*”
- Un valor de ISA mayor que cuarenta y hasta sesenta, se lo clasifica como “*abastecimiento con estado de sostenibilidad deficiente*”

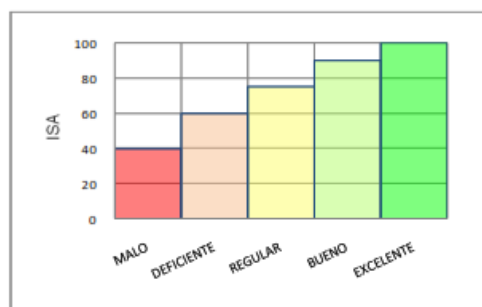
- Para valores de ISA mayor que sesenta y hasta setenta y cinco, se lo conoce como “*abastecimiento con estado de sostenibilidad regular*”
- Aquellos sistemas de agua con un ISA mayor que setenta y cinco y hasta noventa, se dice que es un “*abastecimiento con estado de sostenibilidad bueno*”
- Aquellos cuyos valores de ISA es mayor que noventa y hasta cien, entonces se tratará de un “*abastecimiento con estado de sostenibilidad excelente*”

Gráficamente se expresa, de la siguiente manera:

Categorías de los estados de sostenibilidad para un abastecimiento, en función del valor de su ISA

| | | Desde | Hasta |
|--|------------|-------|--------|
| | MALO | 0.00 | 40.00 |
| | DEFICIENTE | 40.01 | 60.00 |
| | REGULAR | 60.01 | 75.00 |
| | BUENO | 75.01 | 90.00 |
| | EXCELENTE | 90.01 | 100.00 |

Distribución gráfica de la clasificación de los estados de sostenibilidad de un abastecimiento



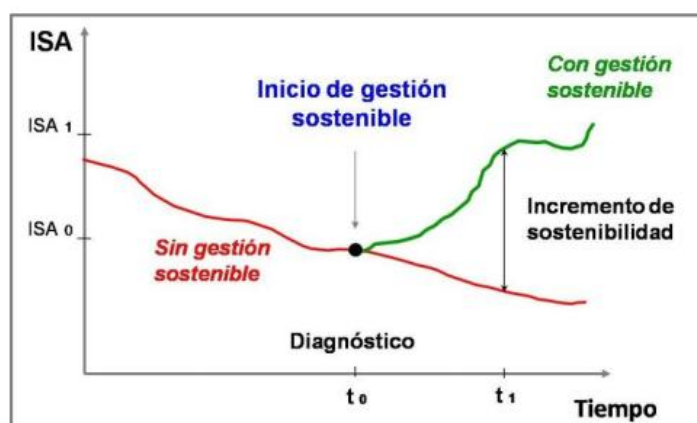
Fuente: Benavides (2010)

Imagen 3.32. Estados de sostenibilidad de un abastecimiento de agua en función del valor ISA

Es de hacer notar, que el resultado del Estado de Sostenibilidad, obtenido por Benavides (2010) producto del diagnóstico, se práctica en un instante (t_0) de la vida del abastecimiento y la inmediata aplicación de medidas correctoras, provocan un cambio positivo en la trayectoria de la pronosticada gestión decadente hasta incrementarla a un nivel de sostenibilidad superior, conseguida hasta el tiempo (t_1).

Por tanto, la metodología de diagnóstico ISA propuesta por Benavides (2010), adecuadamente aplicada, se transforma en un instrumento de ayuda a la toma de decisiones en la planificación, ejecución y fiscalización de actividades dentro de los abastecimientos, ya que su valoración se orienta a *estados deseables de equilibrio* entre la explotación, la conservación y el servicio. Dicha valoración permite medir a través de variables e

indicadores que están íntimamente relacionados con los recursos invertidos en su tarea de servicio y otros aspectos que influyen en el crecimiento óptimo del abastecimiento hacia la sostenibilidad. Todo ello, refleja la bondad del modelo, sin embargo, no tendría ningún sentido aplicarlo sí en una etapa posterior, los responsables de administrarlo, sus directivos o autoridades, no permiten reorientar la gestión y toman la decisión de aplicar soluciones que mejoren su desempeño hacia el siempre buscado equilibrio (imagen 3.33).



Fuente: Benavides (2010)

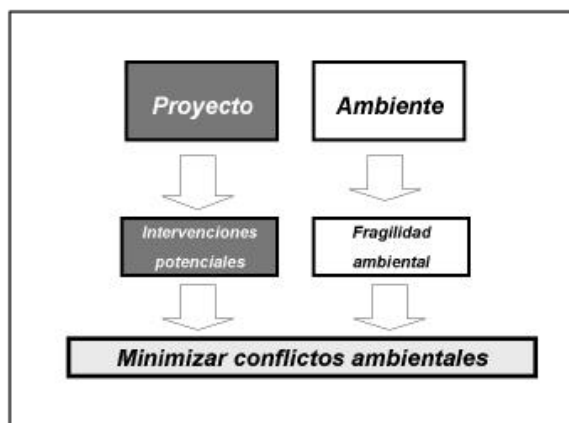
Imagen 3.33. Proyección esperada de la evolución temporal de la sostenibilidad en un abastecimiento

iv. Modelo estratégico basado en el uso de indicadores ambientales y de intervención de un proyecto.

A fin de guiar la organización de la información disponible para la evaluación del impacto ambiental de programas y proyectos, se desarrolló un modelo estratégico basado en la aplicación de indicadores ambientales y de intervención (Gaviño, 1997a; Gaviño & Sarandón, 1997b; Sarandón, Gaviño, Giraut & Guerrero, 1999).

Los *Indicadores de Intervención de un Proyecto* (IIP), por su parte, pueden ser consideradas como variables seleccionadas, que sintetizan la información del proyecto bajo análisis, y permiten a los técnicos, los decisores y a la sociedad comprender la dimensión de las actividades y acciones que resultan de las distintas alternativas que implica su planificación, ejecución, operación y desmantelamiento (Gaviño, 1997a)

Por lo que, la estrategia se basa en la adaptación del modelo impulso-estado-respuesta considerando aspectos relativos al proyecto y al ambiente (imagen 3.34).

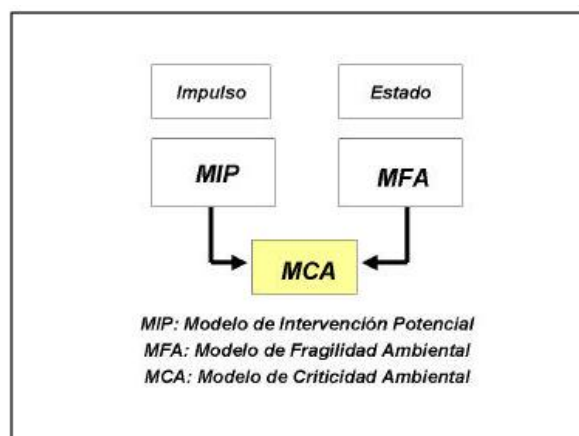


Fuente: Gaviño (1997a)

Imagen 3.34. Estrategia general basado en el modelo adaptado del PER

El autor Gaviño (1997a), establece en la metodología que la minimización de los conflictos ambientales resultantes del desarrollo de una intervención (proyecto), no es únicamente función de sus características intrínsecas o de las del ambiente, sino de la interacción de ambos aspectos (imagen 3.34).

Es así que puede interpretarse que en un instrumento de gestión ambiental de tipo preventivo, como es una evaluación de impacto, las acciones y actividades resultantes de un proyecto puedan ser sintetizadas mediante indicadores de intervenciones potenciales (impulsos), y que las características del ambiente (estado), puedan ser sintetizadas en función de su fragilidad mediante el uso de indicadores ambientales. De la interacción e integración de ambos indicadores es posible definir, entonces, un nuevo conjunto de indicadores que permita evaluar el mayor o menor impacto sobre el sistema ambiental, frente a un proyecto específico (plan, programa, proyecto o acción) (imagen 3.35).



Fuente: Gaviño (1997a)

Imagen 3.35. Modelos estratégicos

Como puede observarse en la imagen 3.35, la estrategia metodológica señalada por el autor Gaviño & Sarandón (1997 a; 1997b), se basa en la construcción de tres modelos:

1) Modelo de intervención potencial (MIP). Se basa en el análisis del proyecto a fin de identificar las variables claves relacionadas con su potencial impacto. Para ello es necesario identificar y seleccionar las componentes del proyecto, así como la combinación de variables basadas en sus relaciones funcionales. Esta información puede ser combinada en un índice integral, que representa, las diferentes intervenciones potenciales considerando un peso relativo dependiendo de su importancia.

2) Modelo de fragilidad ambiental (MFA). Se fundamenta en el análisis del ambiente y la selección de variables clave relacionadas con la fragilidad del área, sitio o región. Para ello, es necesario identificar aquellos factores ambientales más frágiles frente a una actividad determinada. La fragilidad debe estar relacionada a la susceptibilidad (ecológica, social, económica) del ambiente a cambiar, de manera significativa su estructura y función. La selección de variables debe ser acorde con la disponibilidad de información necesaria para caracterizar el ambiente o la capacidad de generar nueva información.

Las variables seleccionadas deben estar relacionadas funcionalmente entre ellas de manera de permitir la selección de combinaciones que permita valorar la mayor o menor fragilidad. Como las variables pueden ser cuantitativas o nominales, la relación entre ellas puede tomar diferentes formas. Como el objetivo es identificar situaciones ambientales de diferente fragilidad, es importante reducir el número de categorías finales (5 o menos). La información de cada factor ambiental puede ser combinada en un

índice integral de fragilidad, con diferentes pesos para cada variable en relación a su importancia en el contexto local o regional.

3) Modelo de interacción entre la fragilidad ambiental y las intervenciones potenciales – Modelo de criticidad ambiental (MCA). La aplicación de esta estrategia a una situación dada, según Gaviño & Sarandón (1997b), implica la definición del área de estudio y las escalas de análisis. Todo ello dependerá de la disponibilidad de información o de los medios para integrarla (tiempo, y tecnología); esta puede tomar diferentes formas: «*una función matemática o una tabla de contingencia relacionada a los valores resultantes de ambos modelos, que permitan obtener un tercer indicador de importancia o criticidad ambiental (Ejemplo: severidad, grado de afectación)*» (Gaviño & Sarandón, 1997a).

La información obtenida puede ser referida a una porción dada del área de interés (Ejemplo: unidades homogéneas de información, distritos administrativos, cuencas hidrográficas, entre otros); puede ser usada para estimar en cada sector o toda el área en estudio: el grado de afectación, la fragilidad ambiental y el potencial impacto de las intervenciones. En este caso el uso de sistemas de información geográfica (SIG) facilita el manejo de los mapas temáticos de cada variable en un contexto espacial donde se estima el valor de la combinación de los índices.

v. El modelo de la norma ISO 24500, indicadores y gestión estratégica de los servicios.

En esta investigación no se contempla el análisis de las Normas ISO 9000 (Sistemas de Gestión de Calidad) y las Normas ISO 14001 (Sistemas de Gestión Ambiental), ya que la Empresa Aguas de Mérida C.A., en el resultado del diagnóstico para el Plan Estratégico, priorizó «**Determinar indicadores de desempeño y sostenibilidad ambiental, para conocer la situación actual y sus tendencias**», como paso previo al diseño de un sistema de gestión ambiental y un sistema de gestión de calidad, y se consideró analizar las directrices de las normas voluntarias ISO 24500, para orientar esta acción estratégica.

En este contexto, es importante resaltar que las normas ISO 24500, surgen en el año 2000 en el marco de la Declaración de la Cumbre del Milenio, siendo desarrolladas por la Asociación Internacional de Estándares [ISO], tomando en cuenta las experiencias de la Asociación Francesa de Normalización (AFNOR) y la Asociación Internacional del Agua (IWA, por sus siglas en inglés), con el objetivo de generar directrices para el mejor desempeño de las actividades relacionadas con los servicios de agua y saneamiento, en apoyo al cumplimiento de los objetivos del milenio de las Naciones Unidas (Molinari 2007a; 2007b). En este sentido, es un hito relevante el aporte de la Normalización ante la problemática mundial del agua y saneamiento que traerán grandes beneficios

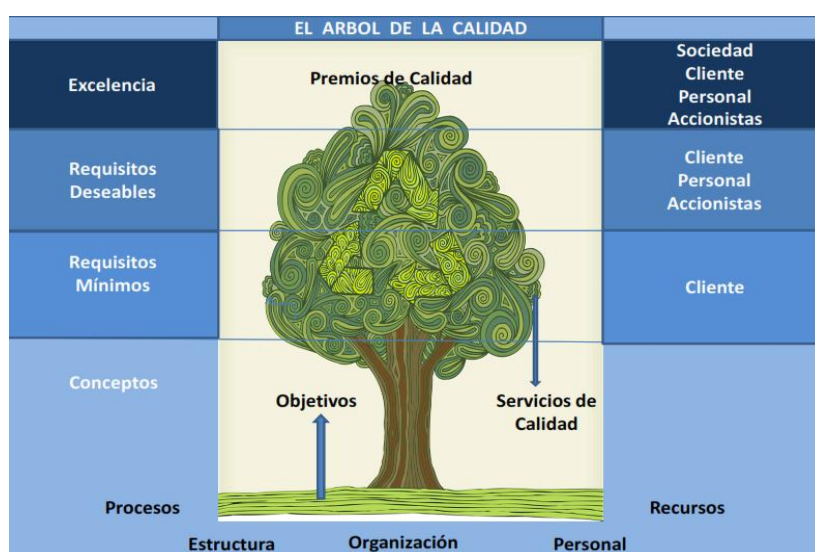
para lograr la sostenibilidad de un sistema de abastecimiento de agua, estos se agrupan de la siguiente manera:

Tabla 3.8. Beneficios de las normas ISO 24500 en la sostenibilidad de un abastecimiento de agua

| Países en vías de desarrollo | Países desarrollados |
|--------------------------------|--------------------------|
| Accesibilidad de los servicios | Calidad del Agua |
| Condiciones de los servicios | Calidad de los Servicios |
| Continuidad | Excelencia |

Fuente: adaptado de Organización Internacional de Normalización [ISO]

Para lograr, la sostenibilidad en un sistema de abastecimiento de agua, la Asociación Internacional de Estándares [ISO] planteo como objetivo de estas normas: «proporcionar directrices coherentes para la mejora continua, la evaluación del servicio, partiendo del principio del enfoque “**planificar- hacer - verificar - actuar**” identificado en sus siglas PHVA)», basándose según Silvestri (2009) en el “árbol de calidad” (imagen 3.36).



Fuente: Silvestri (2009)

Imagen 3.36. Basamento de la norma ISO 24500

Además, estableció que para que la norma pueda ser adoptada en cualquier país, esta fue concebida bajo las siguientes **características**, entre las que se destacan:

- Respetar las características culturales, las condiciones socio-económicas, climáticas, de salud y legales de los distintos países y regiones del mundo.
- No interviene en los medios utilizados para lograr los objetivos.
- No fija el valor de los parámetros por alcanzar, cada entidad lo establece según su propia realidad.
- Compatible con otros sistemas de gestión (ambiental, ecoeficiencia, entre otros).
- Aplicable al sector público y privado.
- Aplicable a grandes o pequeñas entidades de servicio.

En este sentido, la serie de normas referentes a los servicios de agua, según la Organización Internacional de Normalización [ISO], están dirigidas a orientar el servicio y a los procesos de gestión, por lo que se clasifican en:

- Normas ISO 24510 (orientada al servicio).
- Normas ISO 24500, 24511 y 24512 (orientadas a la gestión).

Por lo antes planteado, para la **aplicación** de la serie de normas ISO 24500, se puede seguir el siguiente esquema:



Fuente: adaptado de Organización Internacional de Normalización [ISO]

Imagen 3.37. Esquema de aplicación de la norma ISO 24500

En este contexto, México ha sido pionero en la adaptación de la serie de normas ISO 24500 desarrolladas por la Organización Internacional de Normalización [ISO] apoyándose en el trabajo que ha llevado a cabo durante varios años la Asociación Internacional del Agua (IWA, por sus siglas en inglés), para ello, según Sandoval (2011), tras ocho años de trabajo de comités de expertos internacionales en el año 2008, fueron publicadas tres normas (tabla 3.9), que posteriormente han sido traducidas y emitidas por el Gobierno de México como normas optativas bajo la figura de “normas mexicanas” (NMX), mediante el cual se busca propiciar el uso de indicadores de desempeño por parte de los proveedores de servicios de agua y saneamiento, de manera periódica y sistemática, como un mecanismo para la mejora continua de sus servicios en tres ámbitos:

- El de los indicadores técnicos del servicio de agua potable.
- El de los indicadores técnicos del saneamiento.
- El de indicadores de *servicio al usuario*, de especial interés para el presente proyecto.

Tabla 3.9. Normas internacionales para el uso de indicadores de gestión y su equivalencia mexicana

| ISO | Objeto | NMX |
|-------|--|--------------------|
| 24510 | Directrices para la evaluación y la mejora del servicio a los usuarios. | AA-148-SCFI-2008 |
| 24512 | Directrices para la gestión de las entidades prestadoras de servicios de agua potable y para la evaluación de los servicios de agua potable. | AA-149-2-SCFI-2008 |
| 24511 | Directrices para la gestión de las entidades prestadoras de servicios de agua residual y para la evaluación de los servicios de agua residual. | AA-149-1-SCFI-2008 |

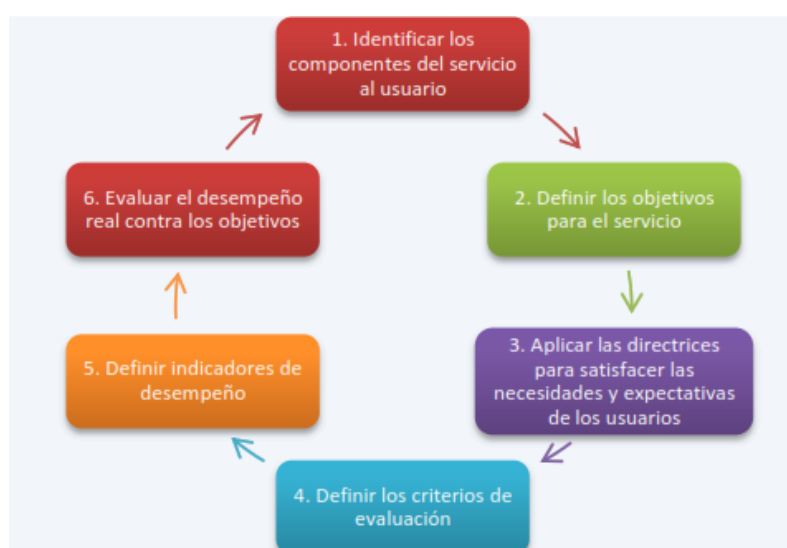
Fuente: Sandoval (2011)

Para realizar la adopción de la norma de acuerdo a las características culturales, las condiciones socio-económicas, climáticas, de salud y legales del país, según Sandoval (2011), el gobierno mexicano estructura las tres normas para su aplicación de la siguiente manera:

- Proponen definiciones, para lograr un lenguaje común útil para los ejercicios de regulación por comparación (*benchmarking*).
- Hacen una descripción de los componentes del sistema.
- Proponen una formulación de objetivos de los servicios:
 - a) Proteger la salud pública y el medio ambiente.
 - b) Satisfacer las expectativas de los usuarios.
 - c) Sustentabilidad de la entidad prestadora.

- Proponen lineamientos de gestión.
- Pretenden implementar mecanismos sistemáticos de evaluación basados en indicadores de desempeño, para lo cual se proponen algunos indicadores.

Por tanto, el procedimiento esperado para la implementación de la norma ISO 24510 en México, busca configurar un proceso de mejora continua bajo el enfoque “planificar, ejecutar, verificar y adaptar” (*plan, do, check, act*) en las empresas prestadoras u operadoras del servicio (imagen 3.38).



Fuente: Sandoval (2011)

Imagen 3.38. Ciclo de mejora continua asociado a la norma ISO-24510

El ciclo expuesto en la imagen 3.38, toma como base del objetivo compartido, el cumplimiento de las normas y metas mínimas de cobertura, calidad, continuidad y servicio. Sin embargo, el operador deberá equilibrar una serie de expectativas ciudadanas diversas, asociadas a objetivos de corto plazo, con su responsabilidad de garantizar la estabilidad y desarrollo de largo plazo del sistema (Westerhoff, 2003; Sandoval, 2011).

En este sentido, señala Sandoval (2011), que para la concepción del sistema de indicadores del paso 5 del ciclo (imagen 3.38), se establecieron las siguientes interrogantes que se contextualicen al el sector agua potable y saneamiento del ámbito urbano de México:

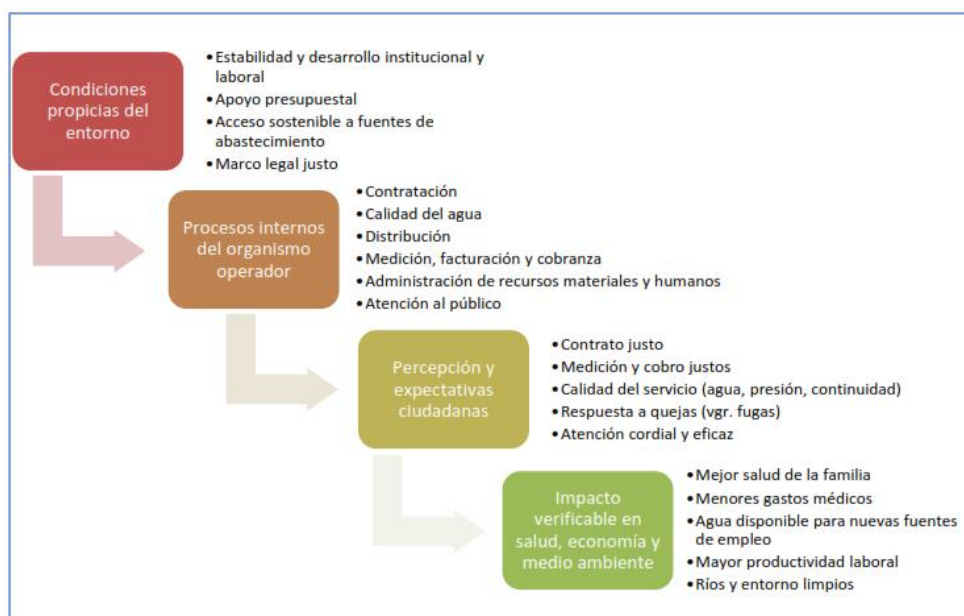
- ¿Qué debe medirse?: al ciudadano le interesan los resultados, que se obtienen de un cierto manejo de recursos y procesos internos del operador, los que a su vez

responden a condiciones específicas de acceso a una serie de recursos; todo ello contribuye a las condiciones de bienestar social, desarrollo económico y preservación ambiental de la comunidad.

- ¿Cómo deben definirse los indicadores y su prioridad?
- ¿Qué mecanismos de soporte deben propiciar la continuidad y el impacto específico de los sistemas de indicadores?

Para ello, identifican cuatro ámbitos relevantes de monitoreo (imagen 3.39), en función de la relación causal, que puede definirse como:

- a) Condiciones propicias del entorno que no obstaculicen la labor del organismo operador.
- b) Elementos internos de administración y desarrollo del organismo operador.
- c) Sus efectos en la percepción ciudadana.
- d) Su impacto en indicadores de bienestar (salud, economía, medio ambiente).



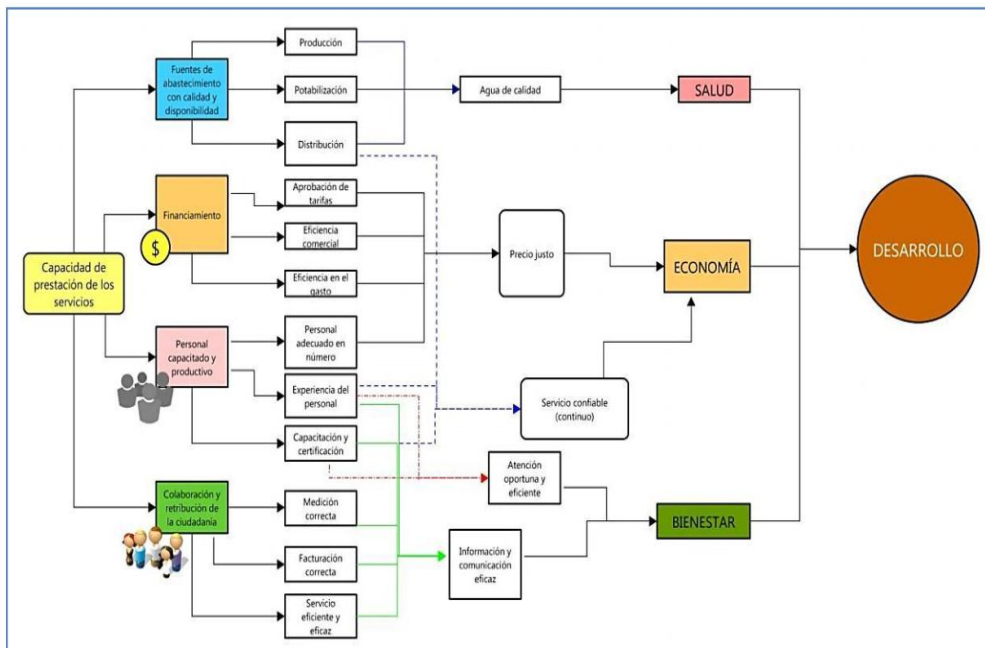
Fuente: Sandoval (2011)

Imagen 3.39. Ámbitos relevantes para el sistema de monitoreo de un prestador de servicio en México

Para lograr establecer las relaciones causales entre operación, percepción ciudadana e impacto en el bienestar, Sandoval (2011), indica que entre los elementos para el diseño de la propuesta mexicana, se consideró que el monitoreo no debe sólo referirse a los resultados, sino constituir un ejercicio más completo de rendición de cuentas social en el que:

- a) El operador expone las razones detrás de sus resultados, lo que tiene que ver con sus recursos y condiciones internas tanto como con sus restricciones y apoyos externos.
- b) La comunidad reflexiona sobre el impacto final del nivel de los servicios en sus condiciones de bienestar social, desarrollo económico y medio ambiente.

Con base en el planteamiento anterior, el proceso para identificar y estructurar los indicadores se sintetiza en la imagen 3.40 y en la tabla 3.10.



Fuente: Sandoval (2011)

Imagen 3.40. Interrelación de factores que inciden en la generación de beneficios a partir de los servicios de agua potable y saneamiento en México

Tabla 3.10. Ejemplo de conceptos para la identificación de indicadores y responsable de su seguimiento

| Componente | Identificación y estructuración | Seguimiento |
|--|---|--|
| 1. Condiciones del entorno del organismo operador | <p>Con el organismo operador, identificar indicadores del entorno susceptibles de ser medidos, verificados y actualizados de manera periódica y a bajo costo, tales como:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Presupuesto aprobado ▪ Antigüedad y estado de la infraestructura recibida ▪ Volumen asignado ▪ Trayectoria de la disponibilidad y calidad de las fuentes ▪ Variabilidad de las fuentes y presiones de otros sectores ▪ Disponibilidad de personal capacitado en el mercado laboral ▪ Marco jurídico | <p>Por parte del organismo operador: gestión de los datos e integración de indicadores</p> |
| 2. Procesos internos del organismo | <p>Con el organismo operador, identificar sus indicadores técnicos de gestión útiles para este propósito, por ejemplo:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Antigüedad de mandos medios ▪ Nivel educativo del personal ▪ Porcentaje de muestras dentro de norma ▪ Tiempo de contratación ▪ Tiempo de instalación o conexión ▪ Número de quejas por errores de medición ▪ Tiempo promedio de espera en línea telefónica ▪ Tiempo promedio de atención completa a fugas ▪ Tiempo de aprovisionamiento interno de materiales para atención a fugas ▪ Calidad de la atención al público | <p>Información captada por el organismo operador a través de su sistema de atención al usuario (o equivalente).</p> <p>Algunos datos podrían ser también captados en encuestas de percepción ciudadana</p> |
| 3. Factores de percepción ciudadana | <p>Con base en encuestas o estudios de percepción ciudadana, por ejemplo:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Calidad de la atención al público ▪ Equidad en el contrato, medición Y cobro ▪ Calidad del agua ▪ Presión del agua ▪ Continuidad (interrupciones del servicio) ▪ Atención a reportes de fugas (tiempo) ▪ Puede utilizarse como base el modelo de la norma ISO-24510 | <p>Por parte de la ciudadanía, con apoyo de una entidad académica con prestigio reconocido.</p> |

Fuente: Sandoval (2011)

Tabla 3.10. Ejemplo de conceptos para la identificación de indicadores y responsable de su seguimiento

| Componente | Identificación y estructuración | Seguimiento |
|---|--|--|
| 4. Factores de impacto en el bienestar | Con base en estadísticas públicas de periodicidad anual o mayor, por ejemplo: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Enfermedades de origen hídrico ▪ Proporción del gasto familiar dedicado a temas de salud ▪ Número de establecimientos comerciales con toma de agua ▪ Horas-hombre perdidas por enfermedad ▪ Índice de calidad del agua de las corrientes | Por parte de la ciudadanía, con apoyo de una entidad académica con prestigio reconocido. Algunos puntos pueden ser obtenidos del Organismo Operador, de la CONAGUA o por la propia ciudadanía (por ejemplo, monitoreo de las corrientes). |

Fuente: Sandoval (2011)

Al culminar el proceso de definición de los indicadores y sus fuentes de verificación, la metodología expuesta por Sandoval (2011), señala que se requiere la estructuración de un proceso secuencial, periódico y permanente, con responsabilidad formal para ambas partes:



Fuente: Sandoval (2011)

Imagen 3.41. Proceso de seguimiento para la mejora participativa de los servicios en México

Este proceso de seguimiento es fundamental y debe contar con un enlace entre el organismo operador y la Sociedad civil, con sus propios mecanismos de gobernanza, ya que el sistema de indicadores tiene por objeto una evaluación externa al organismo operador con mecanismos permanentes de interacción que garanticen el flujo de información y propicien la ocurrencia efectiva de medidas correctivas en donde se requiera, es decir, que tenga un mínimo grado de carácter vinculante para el organismo operador, en el marco de los ordenamientos jurídicos aplicables (Sandoval, 2011).

Finalmente, para que el modelo metodológico sea eficaz y eficiente y permita la evaluación del servicio de agua potable y saneamiento, Sandoval (2011) señala que es fundamental establecer una **línea base** para la operación del sistema de indicadores, para ello, se debe:

- a) Partir de la **situación actual** del sistema, para no responsabilizar a la administración en curso por consecuencias de decisiones que no le son imputables (principio de responsabilidad).
- b) Enfocarse a la **mejora** de los servicios con un enfoque de diálogo y colaboración entre ciudadanía y organismo operador, sin menoscabo de las responsabilidades formales asignadas a los servidores públicos por el marco jurídico.

Además, para la correcta implementación del proceso, Sandoval (2011), indica que es de carácter obligatorio considerar los siguientes elementos para propiciar la operación permanente y constructiva del diálogo entre ciudadanos y operador:

- a) La firma de un **documento formal** bajo el formato más pertinente, el cual aborde:
 - Los procesos de obtención de datos, integración de indicadores y partes responsables.
 - Los mecanismos, condiciones y limitaciones de responsabilidad en cuanto a la disseminación selectiva de la información resultante; el objetivo central es no perjudicar la estabilidad del sistema operador, ni permitir la politización del proceso, sin por ello dejar de incidir efectivamente en la mejora de los servicios.
 - La periodicidad y características de los estudios de percepción ciudadana.
 - La periodicidad y mecánica de las reuniones de evaluación.
- b) La adopción por parte del operador de los elementos derivados del ejercicio como componentes de sus procesos internos de mejora continua, integrando un **proceso certificado** basado en las normas ISO 24510 e ISO 9000.
- c) La revisión y adecuación del marco reglamentario de los servicios para propiciar la permanencia del esquema de colaboración propuesto.

vi. Metodología propuesta por la Comisión Nacional de Agua de México [CONAGUA], para el incremento de eficiencia física, hidráulica y energética en sistemas de agua potable.

Esta metodología es desarrollada por la Comisión Nacional de Agua de México [CONAGUA], (2012), parte de la premisa que la eficiencia de un sistema de abastecimiento de agua potable a ciudades, se asocia con el proceso de captar, conducir, regularizar, potabilizar y distribuir el agua, desde la fuente natural hasta los consumidores, con un servicio de calidad total (Ochoa, 2005). En este contexto de la eficiencia se identifican tres escenarios:

- a) El de la ingeniería del sistema de abastecimiento.
- b) El de la comercialización de los servicios de agua potable.
- c) El del desarrollo institucional del organismo operador.



Fuente: CONAGUA (2012)

Imagen 3.42. Esquema de eficiencia de un sistema de agua potable en México

En esta metodología, CONAGUA (2012), señala que a nivel general del servicio de agua potable existen problemas para lograr la eficiencia de un sistema de agua potable, partiendo de que «un sistema hidráulico para el abastecimiento de agua potable deja de ser eficiente, cuando comienza a utilizar excesivos recursos humanos, materiales y económicos, para prestar el servicio de calidad a los usuarios de una población»; realidad que se evidencia en el caso de estudio (Aguas de Mérida C.A.). Esta problemática se describe a rasgos generales a continuación:

1. **Desarrollo institucional del organismo operador de agua potable.** Se ve afectado debido a que se desatienden las eficiencias en la autonomía organizativa, el li-

derazgo de su personal directivo, la administración del personal, la orientación financiera, los esquemas orientados hacia el consumidor, la capacidad técnica del personal, la capacitación del personal y la interacción con instituciones externas. El resultado de esta desatención, son el resquebrajamiento financiero e institucional del organismo operador, bajos niveles de preparación técnica del personal, desorden en la administración gerencial, excesivo número de empleados, entre otros.

2. **Comercialización del servicio.** En este caso se desatienden las eficiencias de las áreas de facturación, cobranza, contabilidad, padrón de usuarios, estimación de consumos, tarifas, control de suministros, comunicación social, comunicación y transporte. Derivado de esta desatención, surgen los problemas de usos clandestinos, baja cobertura de micro medición, usos mal clasificados e identificados, cartera vencida importante, esquemas tarifarios lejos de la realidad, altos consumos de materiales y equipos, y una comunicación con el usuario deteriorada impactando en baja cultura del agua de la sociedad.
3. **Ingeniería de producción y distribución.** En las actividades de este escenario, se descuidan las eficiencias de la condición hidráulica del sistema, de la hermeticidad de la red e infraestructura, de los sistemas de bombeo e instalaciones electromecánicas, y de la calidad del agua que se proporciona. Los descuidos de estas actividades de ingeniería ocasionan servicios discontinuos del agua a los usuarios (tanques), entrega de agua a los consumidores con bajas presiones, niveles de fugas de agua que llegan a alcanzar hasta el 50% del volumen suministrado, agua no potable en las tomas domiciliarias, y excesivos consumos de energía en los equipos de bombeo con implicaciones económicas hasta del 35% de los ingresos del organismo operador.

Ante tal situación y en vista de que puede resultar un problema común para las empresas prestadoras, proveedoras u operadoras del servicio de agua potable en países de América Latina y el Caribe, CONAGUA (2012) recomienda que para su aplicación, se deben tener presente los siguientes pasos:



Fuente: CONAGUA (2012)

Imagen 3.43. Esquema modelo de eficiencia de un sistema de agua potable en México

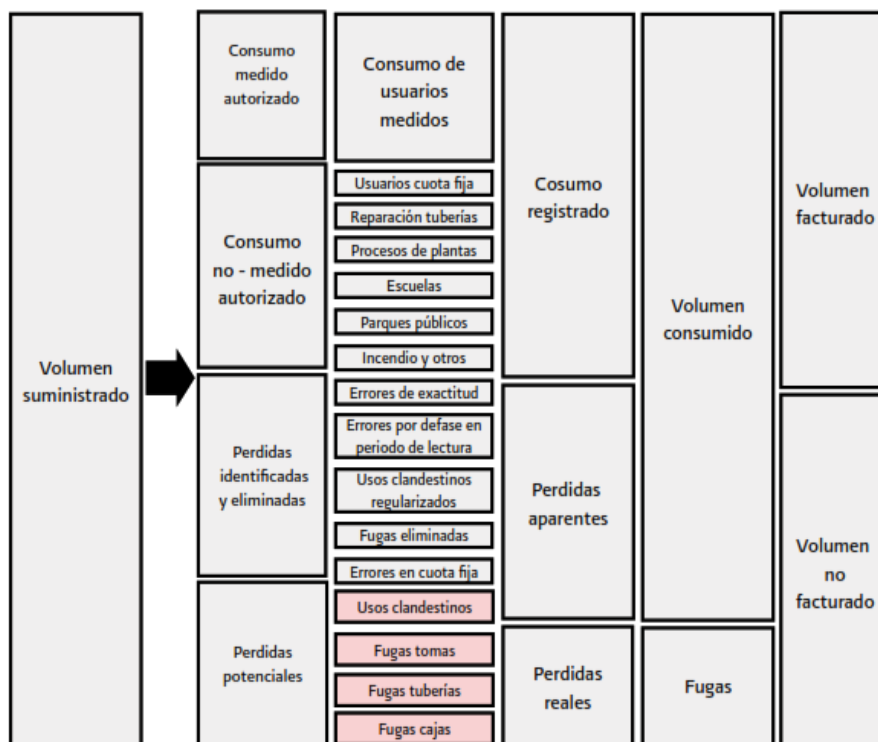
Al implementar el modelo metodológico basado en la búsqueda de la eficiencia total de la calidad del servicio de agua potable en un sistema de abastecimiento, siguiendo los pasos antes señalados, implica las ventajas siguientes:

- Permiten tener una respuesta más rápida y de mayor calidad de la operación del sistema de abastecimiento.
- Permiten una monitorización más fácil de los resultados del funcionamiento.
- Facilitan información clave al abastecimiento, permitiendo un fortalecimiento del enfoque pro-activo de la gestión, en contra del enfoque reactivo más tradicional, que normalmente confía en funcionamiento aparente y erróneo del sistema.
- Crean un incentivo para adoptar medidas correctivas, como la reubicación de recursos humanos para mejorar la productividad y modernizar las rutinas y procedimientos tradicionales.
- Cuando los abastecimientos están interesados en implantar una gestión total de la Calidad, los indicadores pueden tener un papel relevante, como una manera de enfatizar calidad y eficiencia globales en la organización.
- Permiten a los abastecimientos implementar procedimientos rutinarios de medida de la eficiencia.
- Facilitan las auditorías, ya que constituyen un buen lenguaje técnico para que un equipo de auditores comprenda los trabajos del organismo operador y por tanto ellos puedan expresar sus recomendaciones financieras, administrativas y operativas.

En este contexto, los pasos indicados en la imagen 3.43, representan el desarrollo metodológico a ser aplicado en un caso de estudio particular de un prestador, proveedor u operador del servicio de agua potable en una determinada región en un tiempo determinado; para ello se explican los cuatro grandes pasos requeridos para su implementación:

- A. Paso 1. La generación de datos básicos.** Representa el trabajo inicial que consiste en:
 - a) Recopilar y analizar la información del organismo operador.
 - b) Realizar campaña de medición (ver Anexo 3A).
- B. Paso 2. Diagnóstico de eficiencia física.** El diagnóstico de la eficiencia física de un sistema de agua potable, se refiere a la conservación del agua en el sistema; por tanto, el objetivo del diagnóstico es «determinar los valores del indicador de eficiencia y del indicador de fugas estructural (IFE) e identificar y cuantificar las pér-

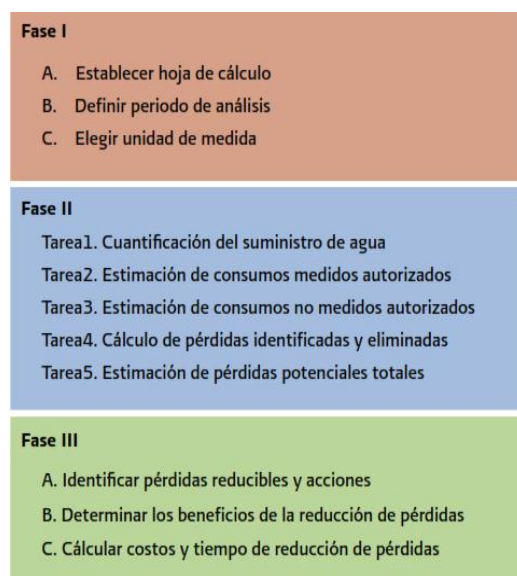
didadas reales o fugas, así como proporcionar las bases para la elaboración de un proyecto de incremento de la eficiencia física del sistema»; para ello, se debe elaborar la estructura del balance de agua del sistema de distribución del acueducto en estudio (imagen 3.44).



Fuente: Wallace, 1987; Ochoa & Reyes (2008) citados por CONAGUA (2012).

Imagen 3.44. Estructura estándar del balance de agua

Este balance (imagen 3.44), es una técnica para auditar detalladamente la forma de administrar el suministro y el consumo de agua de un sistema de agua potable, y discriminar las pérdidas reales de las aparentes. Esta técnica consta de fases, actividades y tareas:



Fuente: CONAGUA (2012)

Imagen 3.45. Fases, actividades y tareas del diagnóstico de eficiencia física

Los indicadores según CONAGUA (2012) empleados en este diagnóstico, son los siguientes:

- 1) **La eficiencia física ($\eta_{\text{física}}$).** Se refiere a la conservación del agua en el sistema de abastecimiento y se calcula en porcentaje, mediante la fórmula:

$$\eta_{\text{física}} = \frac{\text{Vol}_{\text{consumido}}}{\text{Vol}_{\text{suministrado}}} \times 100 \quad \text{Ecu: 3.2}$$

Imagen 3.46. Fórmula del indicador de eficiencia física de un sistema de agua potable

De la fórmula indicada en la imagen 3.46, se deben tener presente los siguientes conceptos:

- **El volumen consumido (Vol. consumido).** Es la cantidad de agua, medida o no (cuota fija), que reciben los usuarios en sus tomas, estén o no registradas por el Organismo Operador. Y corresponde al volumen facturado que se reporta comúnmente en los datos en el Sistema Comercial en los Organismos Operadores.
- **El volumen suministrado (Vol. suministrado).** Es la cantidad de agua producida o extraída de las fuentes de abastecimiento.

Es importante resaltar que sólo este indicador, refleja en buena medida la capacidad que tiene un sistema de abastecimiento para entregar el agua inyectada a la red hasta los usuarios y la magnitud del volumen de las fugas existentes. Sin embargo, el valor de la eficiencia física no manifiesta de manera exacta el nivel de deterioro de las tuberías, toma domiciliaria y otros elementos del sistema (CONAGUA, 2012).

2) **Indicador de fugas estructural (IFE).** Es un indicador relativo propuesto por *International Water Association* (IWA), que dependen de la longitud, la presión media, el tiempo de servicio y el número de toma domiciliaria que tiene la red de distribución. Cuya ecuación es:

$$IFE = \frac{VIF}{UMF} = \frac{\frac{nt \cdot Vol_{if}}{n_t}}{(A \cdot Long_r + B \cdot n_t + C \cdot Long_t) P_{med}} = \frac{Vol_{if}}{d(A \cdot Long_r + B \cdot n_t + C \cdot Long_t) P_{med}} \quad \text{Ecu: 3.3}$$

Donde:
 VIF = Indicador del volumen de fugas (m³/toma/día)
 UMF = Umbral mínimo de fugas (referencia óptima) (m³/toma/día)
 Vol_{if} = Volumen de fugas en el sistema (m³)
 t = Tiempo de operación del sistema (días)
 n_t = Número total de tomas domiciliarias registradas
 A, B y C = Constantes que ponderan la variable que acompañan y que han sido determinadas con un análisis estadístico de 20 países⁶; A=18, B=0.8, C=25
 Long_r = Longitud total de las tuberías de la red de distribución (km)
 Long_t = Suma de las longitudes de todas las tomas domiciliarias (km)
 P_{med} = Carga de presión media en la red de distribución (m.c.a.)

Imagen 3.47. Fórmula del indicador de fuga estructural de un sistema de agua potable

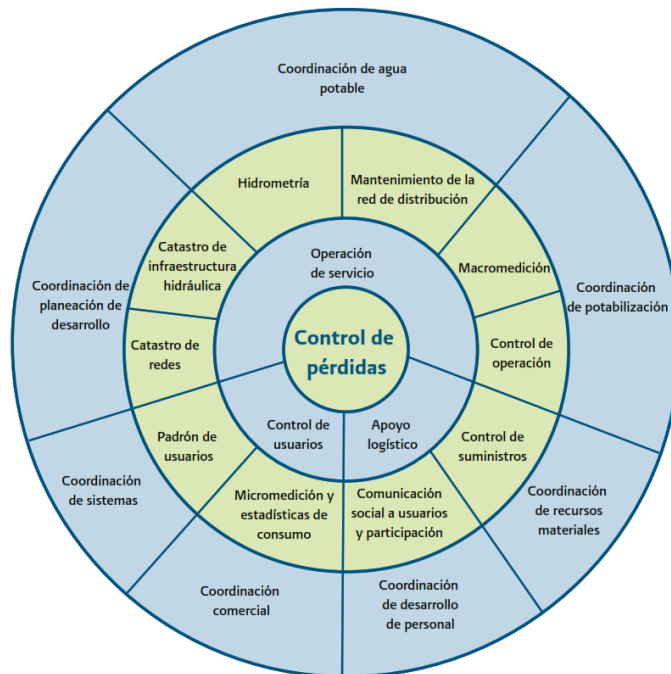
Para el análisis del indicador, se establece que un valor del IFE igual a uno, deberá ser interpretado como el estado físico óptimo deseable en una red de abastecimiento. Y en la medida en que este valor se incrementa, se interpreta que la red se encuentra más deteriorada (CONAGUA, 2012).

Por tanto, la eficiencia física es determinada con la ecuación presentada en la imagen 3.46 y 3.47.

Es importante destacar que CONAGUA (2012), señala que dependiendo de los resultados obtenidos en el diagnóstico de eficiencia física, el siguiente paso, es formular **el proyecto de eficiencia física**, que «consiste en diseñar e implementar elementos de eliminación y control de fugas», enmarcados en un programa estratégico de acciones para incrementar la eficiencia el funcionamiento del sistema de agua potable, teniendo

en cuenta que «los elementos de eliminación de fugas son de tipo estructural, si se refieren a trabajos de reparación, sustitución y rehabilitación de tuberías y de accesorios» y «los elementos de control son del tipo no-estructural, ya que consideran prácticas encaminadas a disminuir el tiempo desde que aparece una fuga hasta que es eliminada».

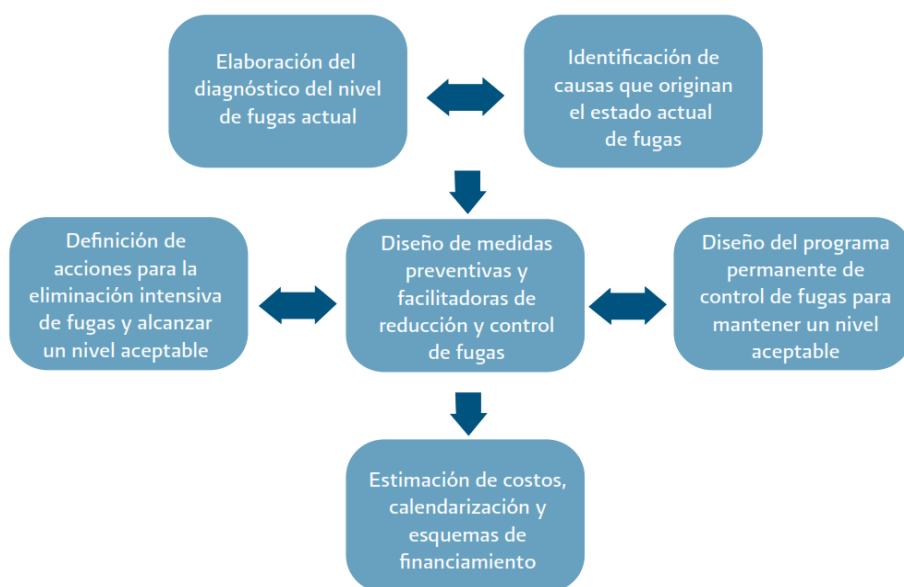
Para lograr el proceso de control de fugas, el operador del servicio debe interrelacionar de los departamentos que conforman el organismo operador con el proceso de control de fugas (imagen 3.48).



Fuente: CONAGUA (2012)

Imagen 3.48. Interrelación de los departamentos de un organismo operador con el proceso de control de fugas para mejorar eficiencia física

Con esta perspectiva, el proyecto de eficiencia física, se compone de seis bloques de actividades:



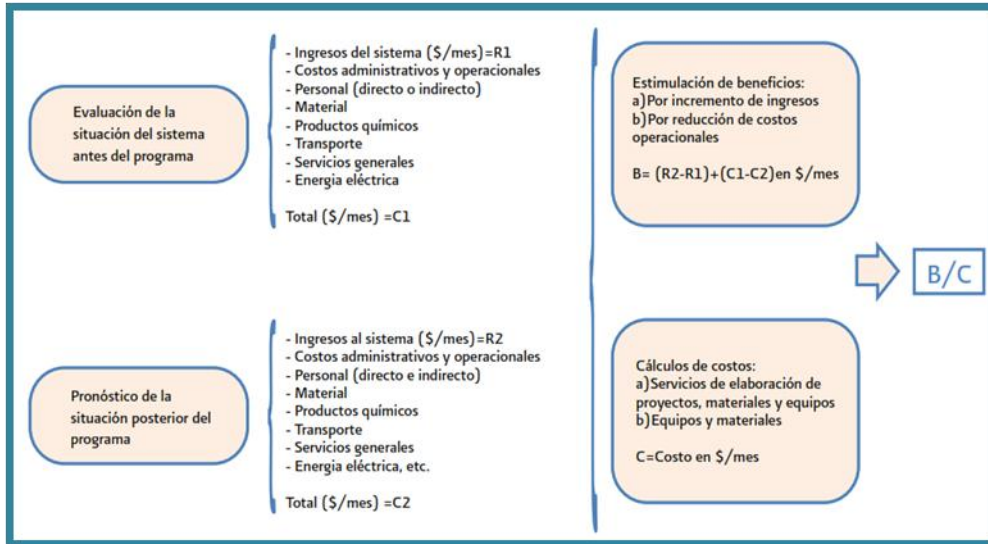
Fuente: CONAGUA (2012)

Imagen 3.49. Bloques de actividades para elaborar un proyecto de eficiencia física

Al culminar el proyecto, CONAGUA (2012), indica que es indispensable realizar la evaluación económica financiera de las acciones y subproyectos básicos, la cual puede realizarse de dos maneras: con base en la relación beneficio-costos (B/C) o atendiendo a su secuencia técnica lógica de ejecución (imagen 3.50). Conceptualmente, se pueden distinguir los tres casos siguientes:

- **B/C > 1.** Demuestra el incremento del rendimiento promovido por los proyectos y acciones.
- **B/C = 1.** Muestra que los proyectos no surtirán efecto económico.
- **B/C < 1.** Muestra que los proyectos tendrán efectos negativos en la economía del sistema de agua

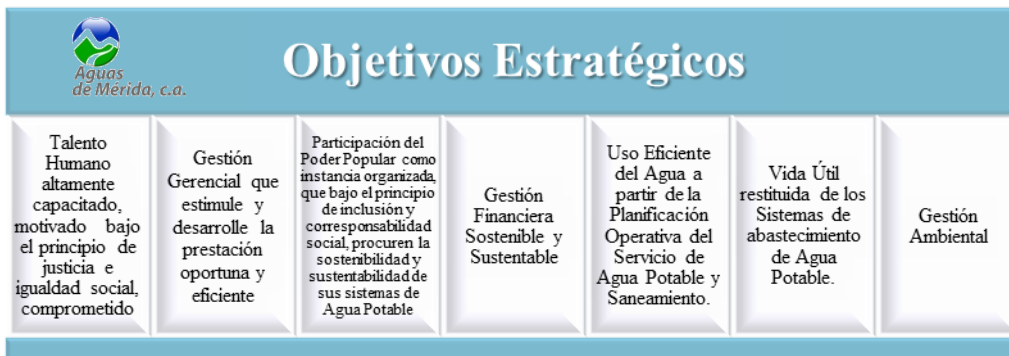
Desarrollo de una metodología para la evaluación del desempeño y la sostenibilidad ambiental en la gestión del agua potable. **Caso de Estudio:** Aguas de Mérida C.A. (Venezuela)



Fuente: CONAGUA (2012)

Imagen 3.50. Análisis del costo - beneficio de un programa de control de fugas

En este caso, Aguas de Mérida C.A., en busca de la eficiencia física, incluye en el Plan Estratégico 2015 – 2019, los siguientes objetivos estratégicos:

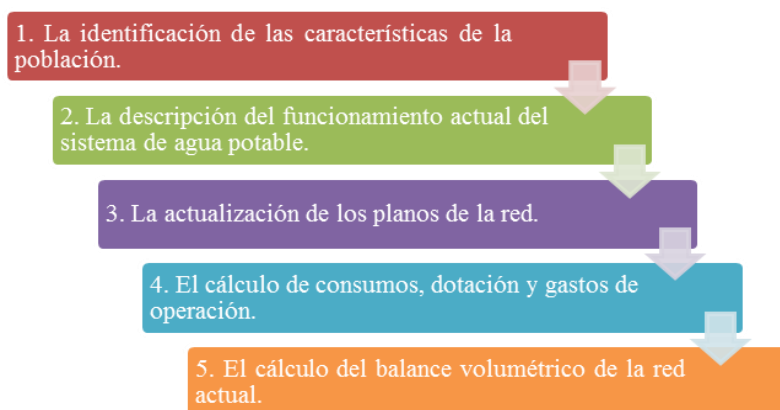


Fuente: Aguas de Mérida C.A. (2015b)

Imagen 3.51. Interrelación de objetivos estratégicos de Aguas de Mérida C.A. para mejorar eficiencia física

C. Paso 3. Diagnóstico de eficiencia hidráulica. La eficiencia hidráulica, se define «como la relación entre la capacidad de captación, conducción y distribución del agua con la que cuenta un sistema hidráulico de abastecimiento urbano, y la capacidad real con la que funciona dicho sistema» (CONAGUA, 2012).

Por lo antes mencionado, y con el fin de continuar con el proceso metodológico en este caso referido a la elaboración del diagnóstico de eficiencia hidráulica de un sistema de distribución de agua potable, se deben ejecutar cinco actividades:



Fuente: adaptado de CONAGUA (2012)

Imagen 3.52. Actividades del diagnóstico de eficiencia hidráulica

Es oportuno resaltar, que CONAGUA (2012) señala que para determinar el valor de la eficiencia hidráulica, no hay un indicador específico; sin embargo, la manera más práctica de valorarla, es a través de algunos parámetros sobre la disponibilidad espacial y temporal del agua a los usuarios. Algunos de estos parámetros son:

- **Consumo unitario de los usuarios (l/hab/día).** El consumo unitario doméstico es un parámetro que indica la cantidad de agua que utiliza un habitante común en un día típico promedio en una población y se clasifica en doméstico y no-doméstico. El cálculo se consigue aplicando la ecuación:

$$Cu_d = \frac{C_d}{n_p} \quad \text{Ecu: 3.4}$$

Donde:

Cu_d = Consumo unitario doméstico (l/hab/día)

C_d = Consumo total doméstico diario (l/día)

n_p = Número de habitantes servidos de la localidad

Imagen 3.53. Indicador consumo unitario de los usuarios

Para lograr aplicar la fórmula antes descrita, la Comisión Nacional del Agua [CONAGUA], determinó los consumos unitarios domésticos, clasificados por tipo de usuario (residencial, medio y popular), y en función de la temperatura media anual de la población (clima). Estos valores se reproducen en la Imagen 3.54 y pueden ser utilizados para comparar los datos obtenidos en una localidad, o bien para el diseño cuando no se cuenta con estadísticas al respecto.

| Clima | Consumo unitario por clase socioeconómica (l/hab/día) | | | Temperatura media anual (°C) | Tipo de clima |
|------------|---|-------|---------|------------------------------|-----------------|
| | Residencial | Media | Popular | | |
| Cálido | 400 | 230 | 185 | Mayor que 22 | Cálido |
| Semicálido | 300 | 205 | 130 | De 18 a 22 | Semicálido |
| Templado | 250 | 195 | 100 | Menor que 18 | Templado o frío |

Nota: Para los climas fríos se consideran los mismos valores que para clima templado

Fuente: CONAGUA (2012)

Imagen 3.54. Valores de referencia de consumo unitario de los usuarios

- **Dotación (l/hab/día).** La dotación es la cantidad de agua asignada a cada habitante, considerando todos los consumos de los servicios y las pérdidas en la red en un día medio anual; sus unidades están dadas en l/hab/día (CONAGUA, 2012).

Esta se obtiene a partir de un estudio de balance de agua, dividiendo la suma del consumo total, que incluye servicio doméstico, comercial, industrial y de servicios públicos, más las pérdidas de agua, entre el número de habitantes de la localidad. También puede calcularse mediante la ecuación:

$$\text{Dot} = \frac{\text{Vol}_{sc}}{n_p * 365} * 1000 \quad \text{Ecu: 3.5}$$

Donde:

Vol_{sc} = Volumen suministrado al sistema en un año corregido (m³)

Dot = Dotación (l/hab/día)

n_p = Número de habitantes servidos de la localidad

Imagen 3.55. Indicador dotación (l/hab/día)

- **Continuidad del servicio de agua (horas/día).** El valor representativo de continuidad del servicio de agua en una red de distribución de agua potable se determina mediante un promedio ponderado de las horas que se proporciona en las diversas zonas de servicio de la localidad, mediante la ecuación:

$$hr_{servicio} = \frac{\sum_{i=1}^{n_z} \%_{z,i} hr_{servicio,i}}{24} \quad \text{Ecu: 3.6}$$

Donde:

$hr_{servicio}$ = Horas promedio de continuidad del servicio de agua de un sistema de agua potable

$\%_{z,i}$ = Porcentaje de cobertura de red o tomas domiciliarias de una zona de servicio de la red

$hr_{servicio,i}$ = Horas de continuidad del servicio de agua potable de una zona de servicio de la red

i = Zona de servicio

n_z = Número total de zonas de servicio de agua potable en una red

Imagen 3.56. Indicador continuidad del servicio

- **Déficit entre el caudal de agua disponible en la red y el caudal de agua requerido por los usuarios (\pm %).**

CONAGUA (2012), señala que por diversas razones, tales como la ubicación de las captaciones del sistema de abastecimiento, la capacidad hidráulica de la infraestructura de conducción, distribución y regularización, la topografía de la localidad, el crecimiento de la mancha urbana, la disponibilidad del agua potable ofertada por el sistema hidráulico es diferente al agua requerida por los usuarios.

Por tanto, este problema trae como consecuencia una ineficiencia hidráulica en la distribución en la red, lo cual se traduce en problemas de escasez, disminución de presiones y discontinuidad en el servicio de agua a los usuarios.

Tomando en cuenta lo antes mencionado, el déficit entre el caudal de agua disponible en la red y el caudal de agua requerido por los usuarios, se determina mediante la ecuación:

$$\text{Def}_{\text{sar}} = \sum_{i=1}^{n_{zs}} \%_{z,i} \left(\frac{Q_{s,i} - Q_{\text{req},i}}{Q_{\text{ts}}} \right) \quad \text{Ecu: 3.7}$$

Donde:

- Def_{sar} = Déficit promedio en el caudal de agua disponible en la red y el caudal de agua requerido por los usuarios (\pm %)
- $Q_{s,i}$ = Caudal de agua suministrado a la red de una zona de servicio, i (l/s)
- $Q_{\text{req},i}$ = Caudal requerido por los usuarios en una zona de servicio, i (l/s)
- Q_{ts} = Caudal total suministrado a toda la red de distribución (l/s)
- $\%_{z,i}$ = Porcentaje que representa una zona de servicio i, de la suma total de las zonas de servicio
- n_{zs} = Número de zonas de servicio

Imagen 3.57. Indicador déficit entre el caudal de agua disponible en la red y el caudal de agua requerido por los usuarios (\pm %)

Para el análisis de los resultados tras la aplicación de la ecuación 3.7, es importante tener en cuenta que si el valor resultante es **negativo** existe un déficit de suministro de agua en general en la red, y si es **positivo** en el sistema hay un superávit.

- **Presión media del agua en la red de distribución (kg/cm^2).** La presión media de la red se obtiene con los registros de las mediciones de campo. Los datos de campo se promedian aplicando la siguiente ecuación:

$$P_{\text{med}} = \frac{\sum_{j=1}^{m_p} P_j}{m} \quad \text{Ecu: 3.8}$$

Donde:

- P_{med} = Presión media del agua en la red de distribución (kg/cm^2)
- P_j = Presión en el jésimo punto de medición en campo (kg/cm^2)
- m_p = Número de puntos de medición de presión
- m = Número de registros de presión realizados

Imagen 3.58. Indicador Presión media del agua en la red de distribución (kg/cm^2)

Al culminar el diagnóstico, la evaluación debe conducir a la formulación de proyectos de eficiencia hidráulica, que tienen por objetivo, realizar una redistribución de presio-

nes y caudales en la red de distribución de un sistema de abastecimiento de agua potable, para optimizar su funcionamiento y ahorrar agua; facilitar las labores de mantenimiento y control de fugas; aprovechar las oportunidades de ahorro de energía; y ampliar la cobertura del servicio (CONAGUA, 2012).

Por tanto, después de obtener el diagnóstico, se realizan los siguientes procesos para elaborar e implementar el proyecto de eficiencia hidráulica de un sistema de agua potable:

- Conformación de los nuevos sectores para redistribuir los caudales y presiones.
- Elaboración del modelo de simulación hidráulica de la red.
- Análisis y diseño hidráulico de la red sectorizada.
- Análisis y diseño hidráulico de conducciones para entrega de agua en bloque.
- Puesta en marcha del proyecto de sectorización.

Para ello, se realiza la modelación de los sistemas hidráulicos a presión y que es una actividad obligatoria en el Departamento de Proyectos de Aguas de Mérida C.A. (imagen 3.59).



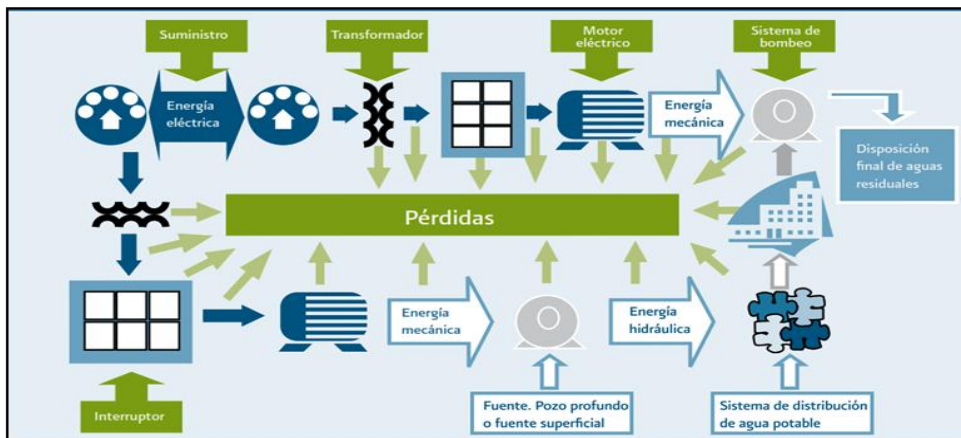
Fuente: CONAGUA (2012)

Imagen 3.59. Fases de la modelación de un sistema hidráulico a presión

Otra iniciativa de la Empresa Aguas de Mérida C.A., está referida a que en el Plan Estratégico 2015 – 2019, incluyó como objetivo estratégico el «*uso eficiente del agua a partir de la planificación operativa del servicio de agua potable y saneamiento*», además están dando sus primeros pasos y en convenio BID – HIDROVEN C.A., formuló un proyecto de sectorización hidráulica para el Acueducto de la Ciudad del Vigía

y están en planificación formular el proyecto para el acueducto de la ciudad de Mérida (Aguas de Mérida C.A., 2015c).

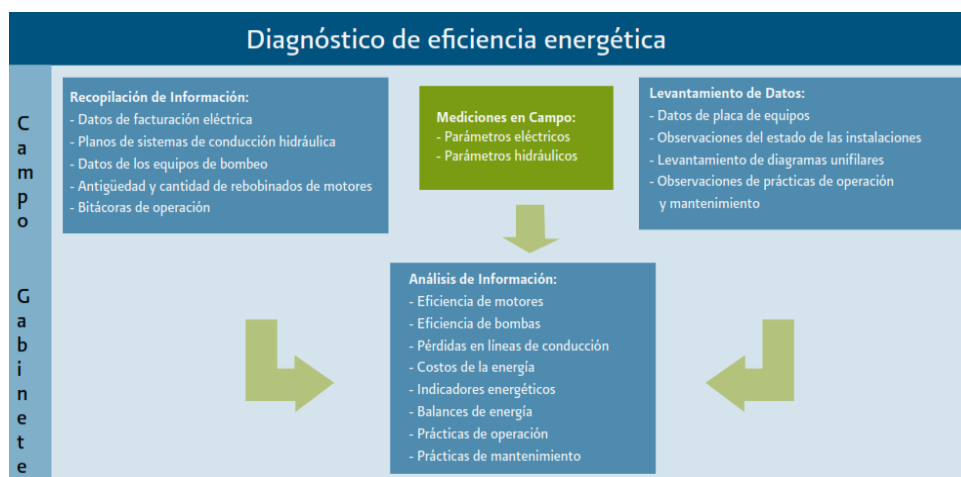
D. Paso 4. Diagnóstico de eficiencia energética (DEE). Es la aplicación de un conjunto de técnicas para determinar el grado de eficiencia con la que es utilizada la energía en un sistema de agua potable, además de especificar cuánta de esa energía es desperdiciada (CONAGUA, 2012). Para su diagnóstico, se deben conocer los principales elementos para el suministro y transformación energética, necesarios para la producción, suministro y tratamiento de agua, se muestran esquemáticamente en la imagen 3.60.



Fuente: CONAGUA (2012)

Imagen 3.60. Esquema de un sistema típico de suministro y consumo energético en sistemas de agua potable y saneamiento

Para ejecutar el diagnóstico “DEE”, el promotor de la metodología sugiere seguir una secuencia ordenada que lleve a mejores resultados (imagen 3.61).



Fuente: CONAGUA (2012)

Imagen 3.61. Metodología para realizar un DEE en sistemas de agua potable y saneamiento

Para la determinación de la eficiencia energética (EE), el autor plantea los siguientes indicadores:

- **Indicador energético (IE).** Representa la relación exacta entre la energía utilizada por los equipos de bombeo en un sistema de agua potable para producir el volumen total del agua suministrada a la red de distribución.

Este se calcula dividiendo el total de los kilowatts – hora consumidos en un determinado año, entre el total del agua producida en las captaciones del sistema de abastecimiento. Para ello, la energía utilizada se determina utilizando los datos del historial de consumos de energía eléctrica presentada en los recibos de la compañía de electricidad local. Los consumos en kilowatts- hora de cada equipo de bombeo del sistema se suman en un año. Este indicador se expresa en la siguiente ecuación:

$$IE = \frac{\text{Energía total consumida (kW h/año)}}{\text{Volumen total de agua producida en captaciones (m}^3\text{/año)}} \quad \text{Ecu: 3.9}$$

Imagen 3.62. Indicador Energético

CONAGUA (2012), indica que la meta del indicador corresponde a cada organismo operador fijarla en función de su infraestructura electromecánica.

- **Indicador de costo unitario de energía (CUE).** Representa el costo específico por unidad de energía consumida, el cual depende de varios factores como el tipo de tarifa eléctrica contratada, el factor de carga (que refleja las horas de operación

reales sobre las horas naturales) y factores que inciden en la facturación energética como la penalización o bonificación por el factor de potencia de la instalación. Este indicador, se calcula en base a la estadística de consumo y facturación energética anual recopilada en el organismo operador así como la producción anual de agua potable y se emplea la siguiente ecuación:

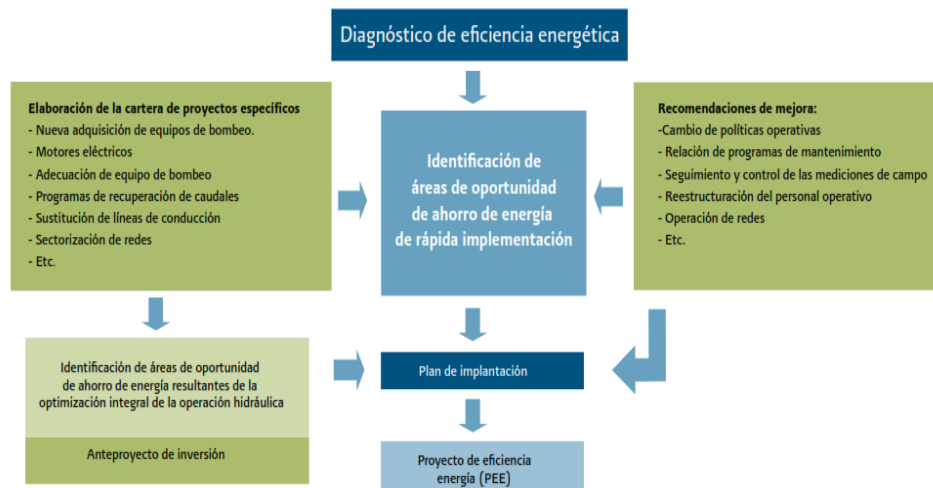
$$CUE = \frac{\text{Importe de facturación eléctrica (\$/año)}}{\text{energía total consumida (kWh/año)}} \quad \text{Ecu: 3.10}$$

Imagen 3.63. Indicador costo unitario de energía

La meta del indicador corresponde a cada organismo operador fijarla en función de su infraestructura electromecánica y los costos respectivos.

Al culminar el diagnóstico, los resultados deben orientar las acciones del operador y dar inicio a la formulación del proyecto de eficiencia energética (PEE), que consiste en: *«desarrollar la cartera de proyectos y recomendaciones a implementar en las instalaciones electromecánicas y de distribución de agua potable, con oportunidades posibles de ahorro de energía eléctrica, tanto en consumo como en aquellas que solamente reduzcan el costo de la facturación energética»* (CONAGUA, 2012).

Para la elaboración del PEE, CONAGUA (2012) propone seguir una secuencia ordenada, empezando por las acciones que tengan mayor impacto en el ahorro en el consumo energético y posteriormente con aquellas medidas que mejoren la gestión energética, reduzcan los costos y mejoren la administración de la energía. La metodología general propuesta consiste en:



Fuente: CONAGUA (2012)

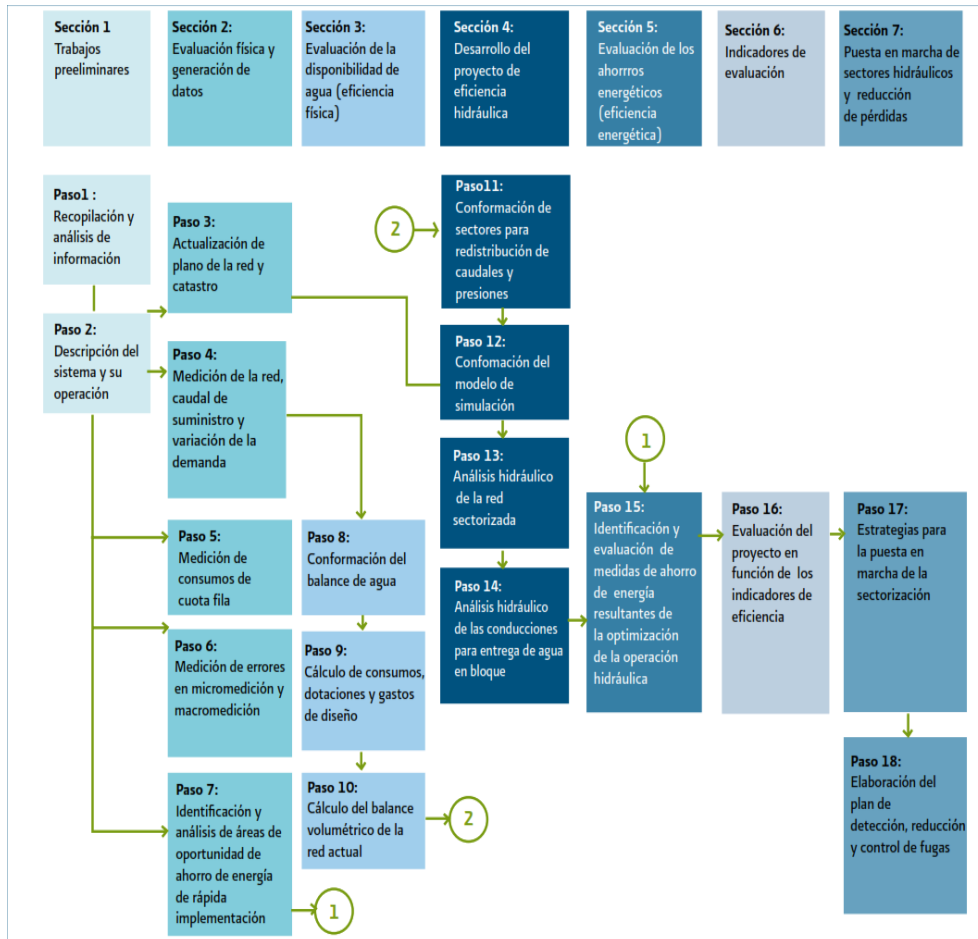
Imagen 3.64. Metodología para desarrollar un proyecto de EE en sistemas de agua potable y saneamiento

En general, las acciones están orientadas a controlar y optimizar las variables que afectan el consumo y costo energético. Algunas de ellas se indican a continuación:

- 1) El caudal a suministrar.
- 2) La carga que soportan las líneas de conducción en el bombeo (Esta variable depende de factores físicos y topográficos, pero es susceptible de modificar u optimizar a través de técnicas como la sectorización y la modelación hidráulica).
- 3) La optimización de la eficiencia en que los equipos pueden operar.
- 4) La disminución de tiempos de operación de los equipos de bombeo.
- 5) El mantener constantes o a la baja los parámetros electromecánicos de las instalaciones.

Ante todo lo expuesto y de acuerdo las circunstancias actuales de los sistemas de abastecimiento de agua en México y que coinciden con el caso de estudio Mérida, Venezuela, se plantea la necesidad de encaminar la sostenibilidad y sustentabilidad del servicio de agua potable, atendiendo las deficiencias de forma integral, para ello, la metodología desarrollada por CONAGUA (2012), busca conducir al operador u prestador del servicio a la formulación de un proyecto de eficiencia integral (imagen 3.65).

Desarrollo de una metodología para la evaluación del desempeño y la sostenibilidad ambiental en la gestión del agua potable. *Caso de Estudio: Aguas de Mérida C.A. (Venezuela)*



Fuente: CONAGUA (2012)

Imagen 3.65. Metodología para desarrollar un proyecto de eficiencia integral en sistemas de agua potable

vii. Metodología propuesta para la medición de la gobernabilidad y gobernanza del agua aplicada a la prestación del servicio de agua potable y saneamiento.

Tras la definición y principios de la gobernabilidad y gobernanza de los servicios de agua potable expuesta en el capítulo 2, es oportuno contextualizarla para el caso específico del servicio de agua potable y saneamiento. En este sentido, **la gobernabilidad en los servicios de agua potable y saneamiento**: «es el equilibrio dinámico entre las demandas político-sociales y la capacidad del prestador para atenderlas eficaz y legítimamente, conforme a la normativa, a procesos y procedimientos establecidos» (Rojas, 2010). Por tanto, **la gobernanza en el ámbito de las organizaciones y entidades de servicios públicos**, se expresa como : «la manera de gobernar, la forma de conducción –no jerárquica- que posibilita la consecución de objetivos y metas mediante el consenso, la coordinación, la articulación de políticas, normas y procedimientos, así como la efectiva rendición de cuentas y transparencia» (Rojas, 2010).

Antes lo mencionado, se denota la necesidad de realizar un monitoreo permanente en los entes prestadores del servicio de agua potable, con el fin de evaluar su desempeño en relación a la gobernanza y gobernabilidad del servicio, en busca de la sostenibilidad y sustentabilidad organizacional y por ende en el recurso hídrico que aprovecha y administra, para ello, tras una exhaustiva revisión documental, se determinó que la metodología intitulada «**Medición de la gobernabilidad y gobernanza del sector agua potable y saneamiento**», planteada y aplicada por Rojas (2010) en el contexto latinoamericano, específicamente en el estudio de caso de Perú, es una metodología de análisis puede ser tomada como modelo para su aplicación regional, mediante consideraciones sobre el contexto social, político, institucional y jurídico local.

Por tanto, este modelo metodológico resulta una contribución relevante que coadyuva a la medición de progresos del sector agua potable en el marco del séptimo objetivo del milenio (ODM) y sexto objetivo de Desarrollo Sostenible; siendo uno de sus mayores aportes la integración de un análisis multidisciplinario del fenómeno; de una manera muy asertiva, que identifica la necesidad de acercarse a la realidad concreta para cada entidad no sólo a través del clásico enfoque técnico-operativo, sino que aborda la perspectiva comercial como una función de la sostenibilidad económica y la socio-política considerando el alto contenido sociológico del recurso (Olivares, 2009).

Ante lo expuesto, el modelo metodológico, establece los factores y los indicadores para el cálculo de la gobernabilidad y gobernanza, que se describen según lo planteado por Rojas (2010):

a. Gobernabilidad

La gobernabilidad en los servicios de agua potable y saneamiento debe ser medida, como en cualquier caso, en términos de la legitimidad y en términos de eficacia; ya que

un prestador del servicio, alcanza legitimidad si brinda un servicio en la cantidad y calidad esperada y a un precio considerado justo o aceptable por los usuarios.

Ante lo indicado previamente, **la variable gobernabilidad**, se calculará como la integración de los siguientes indicadores significativos:

a.1. Nivel de legitimidad. Un prestador u operador del servicio de agua potable, alcanza legitimidad, si brinda un servicio en la cantidad y calidad esperada y a un precio considerado justo o aceptable por los usuarios. Este indicador se puede integrar por los siguientes factores o índices:

- **Satisfacción de la continuidad del servicio de agua potable.** Mide el grado de conformidad de los usuarios respecto a las horas de servicio que recibe.

Se obtiene mediante la aplicación de una encuesta aleatoria (*random route*), dentro de cada ciudad atendida, con una muestra estadísticamente representativa, asociada por lo general al 90% o 95% de intervalo de confianza.

Para tal efecto, las respuestas relativas a la continuidad del servicio pueden establecerse en la encuesta mediante un sistema paramétrico, que puede ser “muy satisfecho” y “satisfecho” que serían las categorías de aceptación del nivel de servicio, así como aquellos que manifiestan “ni satisfecho ni insatisfecho”, “insatisfecho” y “muy insatisfecho”.

Este indicador, permite inferir el grado de aceptación de los usuarios respecto a las horas de continuidad del servicio que recibe. Es conveniente establecer varias preguntas relativas a la continuidad, a efecto de “cruzar” resultados”.

Para el cálculo, se emplea la siguiente ecuación:

$$SaC = \frac{\sum_{i=1}^n UMSCo_i + \sum_{j=1}^m USCo_j}{UT} \quad \text{Ecu: 3.11}$$

Donde:

- i) UMSCo: Usuarios muy satisfechos con la continuidad del servicio.
- ii) USCo: Usuarios satisfechos con la continuidad del servicio
- iii) UT: Número total de usuarios encuestados
- iv) i y j: Contadores del número de usuarios muy satisfechos y satisfechos, respectivamente.

Imagen 3.66. Indicador satisfacción de la continuidad del servicio

Para la interpretación del resultado que se obtengan tras la aplicación de la Ecu: 3.11, se debe tener en cuenta que:

1. Si el valor obtenido **es cercano a 1**, significa que la empresa goza de alta aceptación por parte de los usuarios, significa que las horas de continuidad provistas son adecuadas para que los usuarios cubran sus necesidades.
 2. Por el contrario, **si es cercano a 0**, denota que los usuarios están altamente insatisfechos, que puede derivar en impago de sus facturas, en reclamos masivos que atenten contra la gobernabilidad de los servicios de agua y saneamiento.
- **Satisfacción de la calidad del agua.** Mide el grado de conformidad de los usuarios respecto a la calidad física química y bacteriológica del agua, expresada mediante el olor, sabor y color del agua que recibe. Se obtiene mediante la aplicación de una encuesta aleatoria (*random route*) dentro de cada ciudad atendida, con una muestra estadísticamente representativa, asociada por lo general al 90% o 95% de intervalo de confianza.

Este indicador, permite inferir el grado de aceptación de los usuarios respecto a la calidad del agua proporcionada. Es conveniente establecer varias preguntas relativas a la calidad, a efecto de “cruzar” resultados.

Para el cálculo, se emplea la siguiente ecuación:

$$SaC = \frac{\sum_i^n UMSCa_i + \sum_{j=1}^m USCa_j}{UT} \quad \text{Ecu: 3.12}$$

Donde:

- i) UMSCa: Usuarios muy satisfechos con la calidad del servicio.
- ii) USCa: Usuarios satisfechos con la calidad del servicio
- iii) UT: Número total de usuarios encuestados
- iv) i y j: Contadores del número de usuarios muy satisfechos y satisfechos, respectivamente.

Imagen 3.67. Indicador satisfacción de la calidad de agua

El resultado que se obtenga debe interpretarse según el criterio siguiente:

1. Si este indicador **es cercano a 1**, significa que la empresa goza de alta aceptación por parte de los usuarios, significa que la calidad física - químico y bacteriológica (FQB) del agua provista es adecuada para los usuarios.

2. Por el contrario, **si es cercano a 0**, denota que los usuarios están altamente insatisfechos con el agua suministrada ya que se evidencia alteraciones en la calidad del agua en sus parámetros físico - químico y bacteriológicos, que puede derivar igualmente en impago de sus facturas, o en reclamos masivos.
- **Satisfacción de atención al ciudadano.** Mide el grado de conformidad de los usuarios respecto a la atención al usuario o ciudadano, en caso de que haya formulado una consulta, solicitud o reclamo.

Se obtiene mediante la formulación de preguntas relativas a la atención dentro de la encuesta aleatoria (*random route*) que se aplique en cada ciudad atendida, que responda a una muestra estadísticamente representativa, asociada por lo general al 90% o 95% de intervalo de confianza.

Este indicador, permite inferir la percepción del usuario respecto a la atención brindada por los responsables en la ventanilla de atención, pero también podría ampliarse a todo funcionario que de alguna manera interactúe con los usuarios. Es conveniente establecer primero filtros para que se consideren las respuestas de los usuarios que han realizado alguna gestión en la entidad prestadora, salvo que se quiera ampliar para todos incluyendo la relación del lectorista del medidor, de la persona que entrega las facturas, de quienes atienden en cajas y otros.

Para el cálculo, se emplea la siguiente ecuación:

$$SaC = \frac{\sum_i^n UMSATC_i + \sum_{j=1}^m USATC_j}{UT} \quad \text{Ecu: 3.13}$$

Donde:

- i) UMSATC: Usuarios muy satisfechos con la calidad de atención del servicio.
- ii) USATC: Usuarios satisfechos con la calidad de atención del servicio
- iii) UT: Número total de usuarios encuestados
- iv) i y j: Contadores del número de usuarios muy satisfechos y satisfechos, respectivamente.

Imagen 3.68. Indicador satisfacción de atención al ciudadano

Para la interpretación, de este indicador se debe tener en cuenta lo siguiente:

1. Si **es cercano a 1**, significa que la empresa es percibida con alta proactividad, eficiencia y amabilidad con el usuario.

2. Por el contrario, **si es cercano a 0**, denota que los usuarios están altamente insatisfechos.

- **Aceptación social del ajuste tarifario.** Mide la relación entre el valor de la tarifa significativa del año en curso deflactado, es decir a precios constantes del año anterior, respecto a la tarifa del año anterior.

Este indicador, permite identificar el grado de legitimidad alcanzado por el prestador u operador del servicio, mediante la aplicación efectiva de la actualización o nivelación tarifaria, toda vez que es frecuente, en el sector de agua y saneamiento, que la población usuaria rechace cualquier aumento o nivelación tarifaria en la medida de que el servicio es inadecuado, o al menos, que la entidad prestadora no comunica oportunamente a su población sobre los planes, programas, proyectos e inversiones asociadas para mejorar el servicio.

Para el cálculo, se emplea la siguiente ecuación:

$$TAS = \frac{TS_t}{1 + \Delta IPM_t} \quad \text{Ecu: 3.14}$$
$$TS_{t-1}$$

Donde:

- i) TS: Tarifa significativa del servicio en el año "t".
- ii) ΔIPM : Variación del Índice de Precios al por Mayor durante el año "t"
- iii) t: año en el que se realiza la evaluación

Imagen 3.69. Indicador aceptación social del ajuste tarifario

El resultado de este indicador, debe analizarse según el valor obtenido:

1. Si **es cercano o mayor a 1**, significa que la empresa ha mantenido o nivelado adecuadamente su tarifa a precios constantes respecto del año de referencia.
2. **Si se aproxima a 0**, denota que el valor de la tarifa ha perdido valor en el tiempo, y por tanto, afecta la suficiencia financiera y la eficiencia económica de la entidad prestadora del servicio de agua potable.

- **Densidad de reclamos.** Muestra la relación entre el mínimo de reclamos recibidos por la entidad prestadora en el periodo de análisis, tanto de reclamos comerciales u operacionales, con respecto al registro de reclamos del año de evaluación; en ambos casos, los registros son expresados por cada mil conexiones totales de agua potable que tiene la entidad prestadora del servicio de agua potable.

Este indicador, permite identificar la cantidad de reclamos respecto al año de evaluación, lo cual puede mostrar indicios de inadecuado servicio o ineficiencia en aspectos comerciales y operacionales.

Para el cálculo, se emplea la siguiente ecuación:

$$DR = \frac{[RO_t + RC_t]}{\left[\frac{Conex_t}{1000}\right]} \quad \text{Ecu: 3.15}$$

Donde:

- i) RC_t Número de reclamos comerciales recibidos durante el año "t".
- ii) RO_t Número de reclamos operacionales recibidos durante el año "t".
- iii) $Conex_t$: Número de conexiones totales de agua potable al finalizar el año "t".

Imagen 3.70. Indicador densidad de reclamos

Este indicador, refleja el número de reclamos en relación con la cantidad de conexiones existentes, que puede compararse con los propios registros de la entidad prestadora de años pasados, o bien con referentes de buenas prácticas de otros prestadores; por tanto el valor que se obtenga tras la aplicación de la Ecu:3.15, debe interpretarse según el criterio siguiente:

1. Si el valor **es bajo** denotaría que el prestador opera bien su sistema.
2. **Si es alto**, significaría que existen muchas deficiencias tanto en el ámbito operativo como en el comercial.

a.2. Grado de eficacia. Este indicador puede integrarse por los factores o índices que se describen a continuación:

- Cobertura de agua potable.
- Cobertura de alcantarillado.

- Índice de continuidad del servicio.
- Eficiencia del agua facturada.
- Cobertura de medición.

Para determinar este indicador, el autor Rojas (2010), señala que es conveniente ser selectivo en los factores por considerar, para evaluar efectivamente el grado de eficacia del prestador del servicio, debido a que existen factores que no son méritos atribuibles directamente al prestador del servicio sino producto de ayudas externas para la inversión en infraestructura; por lo que recomienda seleccionar y evaluar factores que sí son responsabilidad directa del prestador (Rojas, 2010).

Para el caso de estudio, los vinculados al sector agua potable (SAP), se describen a continuación:

- **Cobertura de agua potable.** Es la proporción de la población que habita en las zonas administradas por la entidad prestadora, que tiene acceso al servicio de agua potable, ya sea mediante una conexión domiciliaria o mediante una pileta pública.

Este indicador, permite identificar la proporción de la población que no cuenta con acceso al servicio de agua potable, el cual debe ser prioritario para las empresas prestadoras.

Para el cálculo, se emplea la siguiente ecuación:

$$\text{Cobertura de Agua Potable} = \frac{(PSACC_t + PSACP_t)}{PAE_t} \times 100 \quad \text{Ecu: 3.16}$$

Donde:

- PSACC es la población servida que tiene acceso al servicio de agua potable mediante una conexión domiciliaria al finalizar el periodo "t".
- PSACP es la población servida que tiene acceso al servicio de agua potable mediante una pileta pública al finalizar el periodo "t".
- PAE es la población de ámbito de la Entidad prestadora al finalizar el periodo "t".
- t es el periodo en el cual se hace la evaluación.

Imagen 3.71. Indicador cobertura de agua potable

Para el análisis de los resultados que se obtengan de la Ecu: 3.16, se parte de que si este indicador es cercano al 100%, significa que la mayor parte de la población en el ámbito de la entidad prestadora cuenta con acceso al servicio de agua potable. Por el contrario, si **es bajo**, significa que buena parte de la población no cuenta con el servicio de agua potable, lo cual repercute negativamente en la salud de la población.

- **Índice de continuidad del servicio.** La continuidad, es el promedio ponderado del número de horas de servicio de agua potable que la Entidad prestadora brinda al usuario. La continuidad varía entre 0 y 24 horas, por lo cual el índice de continuidad «*es la proporción entre la continuidad que reporta la empresa respecto al ideal (24 horas)*».

El propósito de este indicador, es identificar la eficacia con la que las empresas prestadoras brindan el servicio de agua potable (continua o discontinua).

Para el cálculo, se emplea la ecuación 3.17 y 3.18:

$$IC = \frac{Continuidad_t}{24} \quad \text{Ecu: 3.17}$$

Donde

IC: Índice de continuidad, entre 0 y 1

Continuidad: Continuidad del servicio en el año "t", entre 0 a 24 horas

t: Año en el que se realiza la evaluación

$$Continuidad = \frac{\sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^n (HAP_{ij} \times NCA_{ij})}{\sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^n NCA_{ij}} \quad \text{Ecu: 3.18}$$

Donde:

- HAP_{ij} es el número de horas promedio en el sector de abastecimiento "j" durante el periodo "i".
- NCA_{ij} es el número de conexiones activas de agua potable en el sector de abastecimiento "j" al final del periodo "i".
- n es el número de sectores de abastecimiento.
- t es el mes en el cual se hace la evaluación.

Imagen 3.72. Indicador continuidad del servicio

Este índice, significa la proporción de horas de continuidad brindadas respecto a un servicio continuo y permanente. La no continuidad o suministro por horas, además de ocasionar inconvenientes debido a que obliga al almacenamiento intradomiciliario, afecta la calidad y puede generar problemas de contaminación en las redes de distribución.

- **Eficiencia del agua facturada (agua contabilizada).** Mide la proporción del volumen de agua potable producida que es facturada por la entidad prestadora, que es opuesto al tradicional indicador de **agua no facturada**. La idea de incluir este indicador, es seguir la congruencia de los demás indicadores de calidad del servicio que tienen 100% como referente óptimo. Por tanto, este indicador permite cuantificar la eficiencia de distribución del agua mediante el cálculo de las no pérdidas operacionales y/o comerciales. Para el cálculo, se emplea la siguiente ecuación:

$$AF = 1 - \frac{\sum_{i=1}^t (VPTA_i - VFTA_i)}{\sum_{i=1}^t VPTA_i} \times 100 \quad \text{Ecu: 3.19}$$

Donde:

- i) VPTAt es el volumen de producción total de agua potable durante el año "t"
- ii) VFTA es el volumen facturado total de agua potable durante el año "t".
- iii) t es el año en el cual se hace la evaluación.

Imagen 3.73. Indicador eficiencia del agua facturada

Para la interpretación del resultado obtenido, Rojas (2010) indica que mientras mayor sea esta proporción, la entidad prestadora del servicio de agua potable, estaría incurriendo en menos pérdidas físicas, comerciales como operacionales; que se deben a fugas en la redes de agua potable producto de la antigüedad y falta de mantenimiento; además de las conexiones clandestinas, la ausencia de micromedición y al subregistro de la micromedición.

- **Cobertura de medición.** Es la proporción del total de conexiones de agua potable que tiene instalado un medidor operativo. Por lo que, se presume: i) que toda conexión que se encuentra hábil a la facturación bajo la modalidad de diferencia de lecturas se encuentra con medidor operativo; y ii) las conexiones que se encuentran hábiles a la facturación por diferencia de lecturas incluyen las conexiones activas facturadas por medición y las conexiones inactivas cuya última facturación fue bajo esta modalidad (Rojas, 2010).

El propósito de este indicador, es identificar a aquellas empresas prestadoras que tienen un menor nivel de micromedición, lo cual favorecería las pérdidas comerciales de agua potable y a una determinación del consumo poco justa a los usuarios del servicio. Para el cálculo, se emplea la siguiente ecuación:

$$\text{Micromedición} = \frac{NCMO_t}{NCTA_t} \times 100 \quad \text{Ecu: 3.20}$$

Donde:

- i) NCMO es el número de conexiones con medidor operativo al finalizar el periodo "t".
- ii) NCTA es el número de conexiones totales de agua potable al finalizar el periodo "t".
- iii) t es el periodo en el cual se hace la evaluación.

Imagen 3.74. Indicador cobertura de medición

El resultado que se obtenga tras la aplicación de la ecuación 3.20, debe analizarse según Rojas (2010), bajo el criterio: «un menor nivel de micro medición, incrementa las pérdidas comerciales de agua potable, pues aquellos usuarios que no cuentan con un medidor estarían consumiendo un mayor volumen de agua potable que aquellos que si lo tienen».

b. Gobernanza

Para evaluar la gobernanza en el modelo metodológico, Rojas (2010) parte de que esta se refiera a:

Los arreglos institucionales se plantean como el ejercicio de la autoridad administrativa, política y social con un fuerte componente de participación a través de redes mixtas, integradas tanto por actores gubernamentales como no gubernamentales; se define como la manera de gobernar que posibilita el logro de objetivos y metas mediante la apertura, tolerancia y respeto para alcanzar el consenso, la coordinación, la articulación de políticas, normas y procedimientos, así como la rendición de cuentas de forma efectiva y transparente. (Rojas, 2010)

Por tanto, al ser aplicada esta definición al sector agua potable y saneamiento (sap), la gobernanza puede ser evaluada a partir de los siguientes factores:

- Nivel de rotación o permanencia de los niveles gerenciales.
- Nivel de estabilidad del personal en general.
- Nivel de conflictividad organizacional.
- Reconocimiento al desempeño.
- Grado de profesionalismo en la entidad.
- Efectividad en la rendición de cuentas (interna y sobre todo externa).

Partiendo de estos factores generales, Rojas (2010) señala que el indicador gobernanza, puede integrarse por los factores o índices que se puntualizan a continuación:

- Permanencia gerencial.
- Estabilidad general del personal.
- Competitividad salarial.
- Grado de profesionalización.
- Conflictividad organizacional.
- Efectividad en la rendición de cuentas (transparencia).

Estos se describen a continuación:

- **Permanencia gerencial.** Mide la cantidad de cambios en el staff gerencial respecto al número de cargos gerenciales en el prestador del servicio de agua potable. Por tanto, este indicador, permite identificar la estabilidad del staff gerencial en las entidades prestadoras.

Para el cálculo, se emplea la siguiente ecuación:

$$PG = 1 - \frac{NCG_t}{CG_t} \quad \text{Ecu: 3.21}$$

Donde:

- i) PG: Permanencia gerencial, entre 0 y 1
- ii) NCG: Número de cambios en los niveles gerenciales en el Prestador en el año "t".
- iii) CG: Número de cargos gerenciales en la empresa en el año "t", normalmente son entre 3 a 6 cargos, salvo en empresas metropolitanas o que atienden muchas ciudades.
- iv) t: año en el que se realiza la evaluación

Imagen 3.75. Indicador permanencia gerencial

Esto al ser evaluado, permitirá detectar si se garantiza la continuidad en la ejecución de planes, programas y proyectos de la propia empresa; por lo que los valores que se obtengan de la aplicación de la ecuación 3.21, indicaran lo siguiente:

1. Si el valor resultante **es cercano a 1**, significa que la empresa ha mantenido un bajo nivel de rotaciones o cambios en el staff gerencial.
2. **Si es cercano a cero (0)** o incluso negativo, denota un alto nivel de rotaciones que afecta la continuidad de planes, programas y proyectos.

- **Estabilidad general del personal.** Este refleja la proporción de funcionarios que cuentan con contratos laborales de menos de un año de duración, y que no obstante realizan tareas inherentes a la prestación de los servicios de agua potable, medidos respecto al total de empleados registrados en la oficina de recursos humanos del prestador del servicio en estudio.

Por tanto, este indicador, mide el grado o nivel de estabilidad de los trabajadores en el prestador del servicio de agua potable; en este sentido el autor Rojas (2010), señala que en la medida de que exista mayor número de personal eventual, mayor es el nivel de inseguridad, de desmotivación y falta de compromiso institucional.

Para el cálculo, se emplea la siguiente ecuación:

$$DP = 1 - \frac{NEE_t}{NET_t} \quad \text{Ecu: 3.22}$$

Donde:

- i) DP: Índice de Desarrollo Profesional, entre 0 y 1
- ii) NEE: Número de empleados eventuales (contratos de menos de un año) en la Empresa en el año "t"
- iii) NET: Número de Empleados Totales en la empresa en el año "t"
- iv) t: Año en el que se realiza la evaluación

Imagen 3.76. Indicador estabilidad general del personal

Tras la aplicación de la ecuación 3.22, su resultado podría interpretarse de la siguiente manera:

1. Si este indicador es **cercano a 1** refleja un alto nivel de estabilidad general en la entidad prestadora del servicio de agua potable.
 2. Si **es cercano a 0**, refleja lo contrario.
- **Competitividad salarial.** Este expresa la variación de los salarios del personal gerencial respecto a la variación del índice de precios al por mayor. Por tanto, para su análisis Rojas (2010), señala que en la medida de que la variación de salarios del personal gerencial se realice conforme a la variación de la inflación (según el índice de precios del país donde se aplique el modelo), se garantiza que los niveles salariales no hayan decaído de su situación de origen. Por el contrario, pueden incluso subir si están asociados a políticas de remuneración congruentes con la ob-

tención de resultados favorables para la entidad prestadora. Este indicador, se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$CS = (S_t + S_{t-1}) / (IPM_t + IPM_{t-1}) \quad \text{Ecu: 3.23}$$

Donde:

- i) CS: Competitividad salarial, generalmente entre 0 y 1
- ii) IPM: Índice de Precios al por Mayor durante el año "t"
- iii) S: Salario de referencia en el año "t"
- iv) t: Año en el que se hace la evaluación.

Imagen 3.77. Indicador competitividad salarial

De acuerdo a lo antes mencionado y el resultado obtenido, este indicador debe interpretarse de acuerdo a los siguientes criterios:

1. Si es **mayor a 1**, refleja un aumento del nivel salarial por encima del aumento en la inflación (aumento real).
 2. Si es **cercano a 1** refleja que los ajustes salariales han mantenido su valor real al crecer conforme a la inflación.
 3. Si es **cercano a 0**, refleja una reducción en las remuneraciones reales de los funcionarios, con riesgos a la estabilidad del personal gerencial.
- **Grado de profesionalización.** Este indicador, refleja la proporción de profesionales en planilla pertenecientes a la entidad prestadora respecto al número total de empleados, para su determinación, se emplea la siguiente ecuación:

$$DP = \frac{NPP_t}{NET_t} \quad \text{Ecu: 3.24}$$

Donde:

- i) DP: Índice de Desarrollo Profesional, entre 0 y 1
- ii) NPP: Número de Profesionales en la Empresa en el año "t"
- iii) NET: Número de Empleados Totales en la empresa en el año "t"
- iv) t: año en el que se realiza la evaluación

Imagen 3.78. Indicador grado de profesionalización

Para su evaluación, se debe tener presente que en la medida de que exista mayor número de profesionales en la entidad prestadora, aumenta la capacidad de gestión, de innovación y análisis crítico en la empresa, por tanto, Rojas (2010), establece que si este indicador **es cercano a 1** refleja un alto nivel de profesionales en la entidad prestadora del servicio y si es **cercano a 0**, refleja lo contrario.

- **Conflictividad organizacional.** Mide la cantidad de juicios laborales registrados y activos en cada año de la gestión de las empresas prestadoras u operadoras del servicio de agua potable. Por tanto, el propósito del indicador, es identificar el nivel de conflictividad en el despido de personal y que puede afectar la suficiencia financiera y afecta la gobernanza corporativa en la entidad prestadora. En este sentido, el resultado que se obtenga de la aplicación de la ecuación 3.25, deberá interpretarse:
 1. Si **es cercano a 1**, significa que la empresa ha manejado adecuadamente su relación con el personal despedido.
 2. Si **es cercano a 0** o incluso negativo, denota un alto nivel de juicios laborales que afecta no sólo a la suficiencia financiera, sino a la gobernanza en la entidad prestadora del servicio de agua potable.

$$CL = 1 - \frac{JL_t}{NET_t} \quad \text{Ecu: 3.25}$$

Donde:

i) CL: Conflictividad laboral, entre 0 y 1

ii) JL: Número de juicios laborales activos que enfrenta el Prestador en el año "t".

ii) NET: Número de empleados total en la Empresa en el año "t"

Imagen 3.79. Indicador conflictividad organizacional

- **Efectividad en la rendición de cuentas (transparencia).** Este indicador permite, establecer el grado de información y frecuencia que utiliza el Prestador para comunicar oportunamente a los usuarios sobre sus planes y actividades relevantes. Por tanto, mide la cantidad de mecanismos de rendición de cuentas utilizados por el Prestador para difundir sus planes, programas, proyectos, inversiones, tarifas e información de interés general, así como la frecuencia utilizada; para ello, se emplea la siguiente ecuación:

$$PCom = \frac{\sum FCj}{FCT} = \frac{\sum FCj}{20} \quad \text{Ecu: 3.26}$$

Donde:

i) FCi es la frecuencia de información anual utilizada en el mecanismo de publicación j.

ii) FCT es el factor que multiplica los mecanismos de comunicación disponibles con la frecuencia adecuada de los mismos. Puede considerarse por ejemplo cinco (5) mecanismos disponibles: a) radio, b) televisión, c) volantes y o medios escritos de distribución masiva o en el Prestador (pizarrón), d) internet y e) vocería (conferencias de prensa); y una frecuencia menor o igual al trimestre, es decir cuatro al año, dando como resultado un valor de $5 \times 4 = 20$.

iii) "j" es el mecanismo de comunicación utilizado. Para este caso, j va de 1 a 5.

Imagen 3.80. Indicador efectividad en la rendición de cuentas

Para analizar y evaluar los resultados de este indicador, es de interés que su interpretación se relacione en que si este indicador **es cercano a 1**, significa que la entidad prestadora del servicio de agua potable, utiliza los mecanismos comunicacionales y frecuencia suficientes para informar a su población, y con ello, establecer un relacionamiento estratégico y operativo que contribuye, en suma, a la legitimidad; si al contrario este **es cercano a 0**, denota un alto nivel de desinformación hacia los usuarios.

Al culminar la descripción de los factores e indicadores considerados por Rojas (2010) en el modelo metodológico para el cálculo de la gobernabilidad y gobernanza, este plantea que es indispensable su integración que permita a futuro el **benchmarking de las empresas prestadoras del servicio de agua potable**, ya que este mecanismo permitirá buscar e identificar las mejores prácticas en gestión de sistemas de agua, con el propósito de implementar prácticas operativas que perfeccionen paulatinamente su performance (Benavides, 2010).

Por tanto, esto coincide con la opinión de expertos en el sector agua potable, que señalan que dar a conocer las buenas prácticas de desempeño y transferir información de sus manejos en la gestión, es trascendente para la subsistencia de las empresas operadoras de agua y saneamiento. Ante esta situación, se hace cada día más evidente que es indispensable que los prestadores del servicio implementen sistemas de monitoreo y seguimiento en todos los procesos de gestión del agua potable, que permita la recopilación e interpretación de datos, ya que representa un paso fundamental en el camino del benchmarking y la evaluación del desempeño (García, 2006 citado por Benavides, 2010).

En este contexto, el modelo metodológico planteado por Rojas (2010), establece un ranking para medir la gobernabilidad del sector agua potable y saneamiento, esto debido a la adaptabilidad y robustez del sistema de indicadores, donde en su mayoría sus valores resultantes están normalizados y oscilan entre 0 y 1, no obstante que algunos de ellos muestran un resultado adimensional. Esto fue posible, debido a que en su diseño el autor partió desde la perspectiva de poder establecer un sistema de benchmarking, sobre el nivel de gobernabilidad y gobernanza, se han establecido expresiones matemáticas que permitan el cálculo directo de los factores (ver Anexo 3B).

Por tanto, la gobernabilidad se expresará matemáticamente de la siguiente manera:

$$\text{Gobernabilidad} = \text{Gobernanza} + \text{Legitimidad} + \text{Eficacia} \quad \text{Ecu: 3.27}$$

Una vez calculados los valores para el grupo de prestadores analizados, Rojas (2010) señala que es posible establecer intervalos de calificación asociados, como el presentado en la imagen 3.81.

| Puntaje de referencia | Calificación |
|-----------------------|--------------|
| 0 a 4 | D |
| 5 a 8 | C |
| 9 a 12 | B |
| 13 a 17 | A |

Imagen 3.81. Ranking en materia de gobernabilidad

Este ranking establecido por Rojas (2010), podría permitir conocer las empresas prestadoras que presentan recurrentemente problemas de gobernabilidad, en cuyo caso es necesario evaluar las soluciones requeridas. Si además, la situación es generalizada, los hacedores de política pública, deben reconsiderar seriamente si el modelo de gestión implementado o permitido, contribuye al desarrollo de los servicios para el acceso al agua en cantidad y calidad adecuada, tendiente a la universalidad del mismo.

viii. Metodologías de evaluación ambiental aplicadas a la gestión de los recursos hídricos.

En cuanto a la gestión sostenible de los recursos hídricos en países en desarrollo, también se evidenciaron herramientas de evaluación ambiental estructuradas en metodologías, tales como la evaluación del ciclo de vida (Life Cycle Assessment –LCA), balances de masa y energía, análisis de la energía, análisis costo-beneficio, y el análisis de sistemas, son usadas para tal propósito.

Por tanto, las dos herramientas, comúnmente, más utilizadas para la evaluación ambiental aplicadas a la gestión de recursos hídricos, se describen a continuación partiendo de la compilación realizada por Talero (2004):

- **La Evaluación del ciclo de vida (ECV).** Es un enfoque alternativo utilizado en la industria. Está diseñado para evaluar los diferentes impactos ambientales que se pueden encontrar durante la vida útil de un producto, proceso o servicio (Lundin & Morrison, 2002; Balkema *et al.*, 2002 citados por Talero, 2004).

Es una metodología estructurada, que comienza con la definición de un objetivo y del área de estudio, con el propósito de apoyar y mejorar el proceso de toma de decisiones al interior de una empresa proveedora del servicio de agua y acueducto. Luego se definen los límites o marco de actuación de los sistemas (límites temporales, espaciales y del proceso de ciclo de vida).

Para el caso del sistema urbano de provisión de agua potable, el ciclo de vida comienza con la captación del agua superficial y/o subterránea, y termina con la descarga de las aguas lluvias y servidas, una vez ya han sido tratadas, en los ecosistemas acuáticos y la incineración o disposición de los lodos residuales (Lundin & Morrison, 2002 citados por Talero, 2004).

Una vez se han definido los límites del sistema, se hace un inventario de los aspectos ambientales sobresalientes durante el ciclo de vida, basado en balances de masa y energía. Posteriormente, estos aspectos ambientales, son categorizados en categorías de impacto ambiental, tales como acidificación, eutrofización, degradación del paisaje.

Finalmente, las categorías son normalizadas y ponderadas para comparar las diferentes tecnologías (Balkema *et al.*, 2002 citado por Talero, 2004).

A propósito de esta etapa final, Lundin & Morrison (2002) citados por Talero, (2004), proponen una implementación diferente de la ECV, ya que ellos, prefieren desarrollar otro marco teórico (como por ejemplo el modelo de Presión-Estado-

Respuesta) para guiar la identificación y selección de los indicadores de sostenibilidad (ISE), antes de que el inventario del ciclo vida se haga.

Después de haber seleccionado los indicadores de evaluación de la sostenibilidad (IES), la información debe recolectarse durante un largo período (20 años), y el marco conceptual, deberá ajustarse de forma iterativa a medida que se obtenga nueva información de los estudios de caso (Lundin & Morrison, 2002 citados por Talero, 2004).

Es importante destacar, que esta herramienta de evaluación ambiental, fue considerada incluirla en las acciones estratégicas de Aguas de Mérida C.A., por lo que se convertirá en una línea de investigación vinculada al Plan Estratégico 2015-2019. Sin embargo, sólo se cuenta para su inicio con los manuales de normas y procedimientos los diversos procesos de la organización y el modelo de gestión operativa.

- **El Análisis general de sistemas.** Es otro de los métodos utilizados para evaluar la sostenibilidad de la gestión del agua. Éste se basa en «balances de materia y energía, proveyendo una indicación sobre las emisiones, los costos, el uso de materiales y el área de terreno requerida» (Balkema et al., 2002 citado por Talero, 2004). La metodología hace énfasis en la comparación, entre un gran número de sistemas, haciendo uso de un conjunto multi-dimensional de indicadores de sostenibilidad (Hellstrom et al., 2000 citado por Talero, 2004) y comprende según Balkema et al. (2002) citado por Talero (2004), tres fases:
 - 1) La definición del objetivo y los límites del estudio: en esta se definen los límites del sistema en estudio, así como también, los indicadores de sostenibilidad.
 - 2) El análisis del inventario de los aspectos ambientales, en esta fase los indicadores de sostenibilidad, se indican de manera cualitativa o cuantitativa dependiendo de las herramientas que para su obtención se hayan utilizado.
 - 3) La optimización y resultados -similar a la ECV- al final, «los sistemas más sostenibles, son seleccionados a través de una optimización multi-objetiva usando los indicadores de sostenibilidad, ya normalizados y ponderados, como la función-objetivo».

ix. Otras metodologías y sistemas de indicadores aplicados a los operadores u prestadores del servicio de agua potable y saneamiento.

En la sección anterior se describieron una serie de metodologías innovadoras aplicadas al sector agua potable y saneamiento, sin embargo, en este contexto a nivel mundial existen varios sistemas de indicadores sólo enfocados a los organismos que tienen como responsabilidad administrar y operar los servicios de agua, drenaje y saneamiento, y que hasta el período de la revisión documental, aún se enfocan en los indicadores tradicionales de gestión. Entre ellos, se destacan los siguientes:

- International Benchmarking Network for Water and Sanitation Utilities (IBNET)
- Water Services Regulation Authority of England and Wales (OFWAT)
- International Water Association (IWA)
- Asociación de Entes Reguladores de Agua Potable y Saneamiento de las Américas (ADERASA)

Así mismo, existen otras experiencias e iniciativas como las de la American Water Works Association (AWWA), las del Banco Mundial, las del Banco de Desarrollo Asiático, las de Holanda, el esquema de Portugal, y otras aportaciones importantes del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA).

Esto se ve reflejado en el estudio realizado por Cázares en el año 2009, donde se denota la gran variedad de indicadores que son utilizados en diversos países, y por diferentes organismos e instituciones, le permitió clasificar a los indicadores de tal forma que sean de mayor utilidad para los organismos operadores, y como resultado los agrupó en tres (3) categorías:

- *Perfil del entorno.* Dan un contexto del entorno en el que opera el organismo.
- *Perfil del organismo.* Dan una “fotografía” del estado actual del organismo operador.
- *Desempeño de funciones o tareas específicas.* se enfocan hacia actividades o funciones específicas que pueden ser agrupadas en las áreas funcionales o gerencias.

Algunos ejemplos de estas categorías de indicadores, se muestran en la tabla 3.11.

Tabla 3.11. Ejemplo de indicadores agrupados por categorías según Cázares, 2009.

| Indicador | Ejemplos |
|---|--|
| Perfil del entorno | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Número y tipo de usuarios, Número de habitantes/toma ▪ Consumos per cápita ▪ Consumos por tipo de usuario |
| Perfil del organismo | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Cobertura de servicios ▪ Volúmenes de agua (producidos, facturados, cobrados) ▪ Ingresos (por servicio, por tipo de cliente, etc.) ▪ Facturación y Cobranza ▪ Micromedición ▪ Agua no contabilizada ▪ Tomas clandestinas ▪ Tarifas ▪ Eficiencia física ▪ Eficiencia comercial ▪ Continuidad del servicio ▪ Cumplimiento con normas de calidad del agua ▪ Roturas y taponamientos de tuberías ▪ Servicio de deuda ▪ Activos ▪ Inversiones y Rentabilidad |
| Desempeño de funciones específicas | <p>Comercial:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Mantenimiento y actualización del padrón de usuarios ▪ Facturación y Cobranza ▪ Factibilidades y Contratos ▪ Atención a quejas y reclamaciones ▪ Suspensiones de servicio y Reconexiones <p>Producción:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Bombeo ▪ Macromedición. <p>Operación:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Mantenimiento de la red de agua potable ▪ Mantenimiento del Sistema de información geográfica (SIG) ▪ Cambio y reparación de medidores ▪ Instalación de tuberías ▪ Regularización de tomas clandestinas ▪ Suministro de agua en cisternas ▪ Supervisión y recepción de obras ▪ Mantenimiento preventivo y correctivo |

Fuente: Cázares (2009)

Tabla 3.11. Ejemplo de indicadores agrupados por categorías según Cázares, 2009.

| Indicador | Ejemplos |
|--|---|
| <p><i>Desempeño de funciones específicas</i></p> | <p>Calidad del agua:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Operación de potabilizadoras ▪ Muestreo y análisis de calidad del agua ▪ Control de descargas <p>Administración y finanzas:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Inventarios y Compras ▪ Personal ▪ Disponibilidad de página WEB ▪ Seguridad informática ▪ Mantenimiento de equipos de sistemas <p>Planeación:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Proyectos ▪ Factibilidades ▪ Supervisión e incorporación de obras |

Fuente: Cázares (2009)

Por tanto, los sistemas de indicadores de las instituciones indicadas, previamente coinciden en las categorías que fueron agrupadas en el estudio realizado por Cázares (2009), siendo comunes con los parámetros tradicionales de la prestación del servicio de agua potable, y con algunas excepciones. Estos indicadores, se presentan en la tabla 3.12.

Tabla 3.12. Sistemas de indicadores por instituciones vs categorías

| Institución | Breve reseña | Categorías y número de indicadores |
|---|---|--|
| <p>International Benchmarking Network for Water and Sanitation Utilities (IBNET)</p> | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Es una base de datos de indicadores de desempeño de más de 2,000 organismos de 85 países. ▪ Se origina con la intención de contar con información comparable entre los organismos operadores de los servicios de agua y drenaje. | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Cobertura del servicio (4) ▪ Consumo y producción de agua (11) ▪ Agua no facturada (3) ▪ Prácticas de medición (2) ▪ Desempeño de la red (2) ▪ Costos operativos y de personal (17) ▪ Calidad del servicio (8) ▪ Facturación y cobranza (18) ▪ Desempeño financiero (2) ▪ Activos (3) ▪ Accesibilidad del servicio (8) ▪ Indicadores de proceso (19) <ul style="list-style-type: none"> ○ Planeación ○ Recursos humanos ○ Control del organismo ○ Fuentes de financiamiento ○ Relación con clientes |
| <p>Water Services Regulation Authority <i>anteriormente</i> Office of Water Services (OF-WAT)</p> | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Es la institución encargada de la regulación económica de la industria de agua y drenaje de Inglaterra y Gales, ahora privatizada. Esta autoridad establece límites a los precios de los servicios de agua y drenaje en base a las inversiones de capital y las eficiencias esperadas en la operación. ▪ La Autoridad Regulatoria tiene una metodología basada en indicadores, con la que se evalúa a las diferentes empresas que ofrecen los servicios sólo de agua o de agua y drenaje. En base a los resultados de esta evaluación, las tarifas de las empresas pueden incrementarse o disminuir. ▪ Realiza una comparación de las empresas de Inglaterra y Gales, con las de otros países, entre los que se encuentran: Portugal, Escocia, Irlanda del norte, Canadá, Australia, Holanda y EUA. | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Generales (10) ▪ Facturación a clientes (7) ▪ Costos unitarios (13) ▪ Niveles de servicio a clientes (12) ▪ Calidad del agua (3) ▪ Desempeño ambiental (5) <ul style="list-style-type: none"> ○ Cumplimiento con estándares microbiológicos en zonas de aguas dulces (%). ▪ Balance hídrico (6) ▪ Eficiencia (1) ▪ Fugas (1) ▪ Actividad de la red (5) |

Fuente: Cázares (2009)

Tabla 3.12. Sistemas de indicadores por instituciones vs categorías

| Institución | Breve reseña | Categorías y número de indicadores |
|---|--|---|
| <p>International Water Association (IWA)</p> | <p>Emprendió la iniciativa de definir indicadores de desempeño (PI por sus siglas en inglés), para lo cual creó un grupo de trabajo. Este grupo publicó en el año 2000 el documento “Performance Indicators for Water Supply Services”.</p> <p>Los indicadores de gestión (IG) de un organismo operador están en función de los objetivos que establezca la propia entidad o alguna relacionada con la temática o servicio. Los I.G. propuestos por la IWA y las normas ISO 24512.</p> <p>Los indicadores se clasifican en 6 categorías.</p> | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Recursos hídricos (2) <ul style="list-style-type: none"> ○ Ineficiencia en el uso de los recursos hídricos ▪ Personal (22) ▪ Físicos (12) ▪ Operativos (36) ▪ Calidad del servicio (25) ▪ Financieros (36) |
| <p>Asociación de Entes Reguladores de Agua Potable y Saneamiento de las Américas [ADERASA]</p> | <p>La Asociación de Entes Reguladores de Agua y Saneamiento de las Américas ha desarrollado un conjunto de indicadores basándose en los trabajos realizados por la International Water Association (IWA). Los indicadores se encuentran clasificados en diferentes categorías:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Indicadores de la estructura del servicio (5) ▪ Indicadores de calidad del servicio (12) ▪ Indicadores de operación (19) ▪ Indicadores económico financieros (22) | <p>Indicadores de la estructura del servicio (IES)</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Cobertura de agua potable y alcantarillado. ▪ Micromedición. <p>Indicadores de operación (IOP)</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Empleados por conexión ▪ Agua producida por cuenta ▪ Agua consumida por habitante ▪ Pérdidas en la red (Agua no facturada) ▪ Roturas en redes de Agua Potable (AP) ▪ Vuelco por habitante <p>Indicadores de calidad del servicio (ICA-ICC-ICU)</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Continuidad del servicio de AP, cortes ▪ Calidad de AP, ejecución de análisis ▪ Calidad de AP, conformidad de análisis ejecutados ▪ Reclamos de los usuarios |

Fuente: Cázares (2009), ADERASA (2007)

Tabla 3.12. Sistemas de indicadores por instituciones vs categorías

| Institución | Breve reseña | Categorías y número de indicadores |
|---|---|--|
| Asociación de Entes Reguladores de Agua Potable y Saneamiento de las Américas [ADERASA] | Venezuela a través de la Hidrológica Venezolana C.A., participa en la Asociación. | Indicadores económicos (IEC) <ul style="list-style-type: none"> ▪ Facturación anual por cuenta AP ▪ Costos anuales por cuenta ▪ Costo de administración y ventas por cuenta ▪ Costo unitario del AP comercializada ▪ Ejecución de las inversiones programadas ▪ Cobertura de los Costos Totales de Operación ▪ Nivel de Morosidad ▪ Endeudamiento sobre Patrimonio Neto ▪ Rentabilidad sobre Patrimonio Neto |
| Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) | El IMTA llevó a cabo un estudio de indicadores de gestión de organismos operadores de los servicios de agua, drenaje y saneamiento en México en el año 2005 (IMTA; 2005). | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Recursos hídricos (2) <ul style="list-style-type: none"> ○ Dotación (L/h-día) ○ Consumo (L/h-día) ▪ Personal (2) ▪ Físicos, infraestructura (5) ▪ Operativos (6) ▪ Calidad del servicio (3) ▪ Financieros (7) |
| Aguas de Mérida C.A. (Venezuela) | Aguas de Mérida C.A., es una Empresa Regional descentralizada, que cuenta con indicadores de gestión sistematizados desde el año 2001 en formato preestablecido por HIDROVEN C.A., clasificado por subgerencia operativa en el ámbito de responsabilidad de la Empresa, y reporta, a través de un informe de gestión anual a la gobernación del Estado Mérida y a la Asamblea de Accionistas. Así mismo, de forma trimestral envía reporte a HIDROVEN C.A. como Superintendente Nacional. | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Gestión Técnico – Operativo (10) ▪ Gestión Comercial (11) ▪ Gestión Administrativa (08) <p>Los detalles de los indicadores pueden verse en el Anexo 3.C</p> |

Fuente: Cázares (2009), ADERASA (2007)

Estos sistemas de indicadores fueron comparados en el estudio realizado por Cázares (2009), y le fue incorporado, el caso de estudio de la presente investigación, que incluye indicadores del plan operativo anual. Es de hacer notar que en estos sistemas de indicadores prevalecen los indicadores del perfil del organismo y de desempeño de funciones, lo que ratifica que aún se evidencia la presencia de los parámetros tradicionales de la prestación del servicio de agua potable, lo cual limita comparar entre operadores (tabla 3.13).

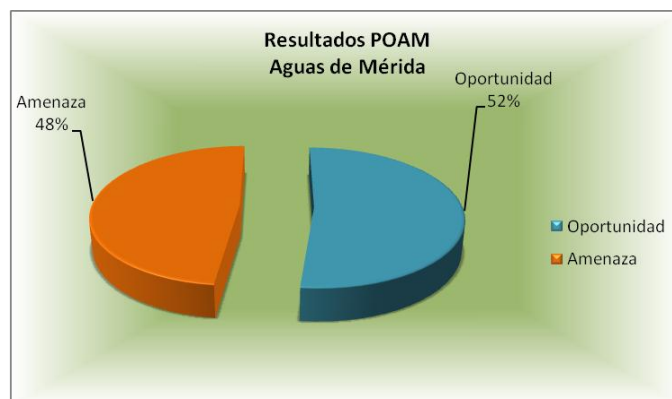
Tabla 3.13. Distribución de los indicadores por instituciones y áreas funcionales

| Instituciones | IBNET | OFWAT | IWA | ADERASA | IMTA | Aguas de Mérida C.A. |
|---------------------------|-------|-------|-----|---------|------|----------------------|
| AREAS FUNCIONALES | | | | | | |
| Comercial | 51 | 25 | 22 | 34 | 36 | 11 |
| Administración y Finanzas | 28 | 22 | 39 | 17 | 17 | 08 |
| Operación | 5 | 28 | 24 | 26 | 26 | 10 |
| Producción | 4 | 2 | 5 | 2 | 2 | 10 |
| Planeación | 5 | 10 | 1 | 7 | 7 | 15 |
| Calidad de agua | 3 | 8 | 8 | 7 | 7 | 10 |
| CATEGORIAS | | | | | | |
| Perfil del entorno | 10 | 6 | 2 | 5 | 5 | 10 |
| Perfil del organismo | 87 | 65 | 69 | 93 | 93 | 12 |
| Desempeño de funciones | 3 | 29 | 29 | 2 | 2 | 50 |

Fuente: adaptado de Cázares (2009)

3.4.2. Selección de metodología (s) para la evaluación de la sostenibilidad y desempeño ambiental de los prestadores del servicio de agua potable en ámbitos urbanos. Primera aproximación de diagnóstico a la empresa Aguas de Mérida C.A.

Para la selección de la o las metodologías, se partió del análisis detallado del estado del arte y de los resultados obtenidos por Aguas de Mérida C.A. tras la implementación de la fase 1 del plan estratégico de Aguas de Mérida C.A para el período 2010 -2012, con la participación de 118 trabajadores de los 185 empleados de todas las áreas operativas y administrativas, determinando a través del análisis del perfil de capacidad interna (PCI) y perfil de oportunidades y amenazas en el medio (POAM), que un 52% de los participantes opinan que el plan estratégico, es una oportunidad que permite romper esquemas tradicionales de la prestación del servicio de agua potable y saneamiento; y para lograrlo el 81,20% está de acuerdo en redefinir completamente la filosofía de gestión, y el 58% opina que debe redefinirse la visión y el 65% que debe redefinirse la Misión (Aguas de Mérida C.A., 2010; Aguas de Mérida C.A. 2012c).



Fuente: Aguas de Mérida C.A., (2010)

Imagen 3.82. POAM Aguas de Mérida C.A.

Es de resaltar, que los esquemas tradicionales, son aquellos que durante años, han considerado que el problema del abastecimiento de agua potable y saneamiento, debe ser resuelto a través de la construcción de grandes infraestructuras que implican importantes costos financieros, sociales y ambientales, además de darle importancia al componente administrativo y comercial, hecho que ha acentuado el descuido de aspectos fundamentales en lo técnico – operativo y lo ambiental.

De esta situación, la empresa regional Aguas de Mérida C.A., no escapa a las realidades nombradas anteriormente, y pareciese ser, que se ha dejado, en un segundo plano la prestación propiamente dicha del servicio dedicando más tiempo a proyectar y ejecutar obras en acueductos no administrados, que de alguna manera u otra, son necesarias para satisfacer la deuda social existente en el estado Mérida del sector agua potable y saneamiento. Dicha deuda, ocupa un especial interés de los accionistas de la empresa (Gobernación y municipalidades) y en el componente gerencial de Aguas de Mérida C.A., debido a la urgencia de dar respuesta a las necesidades de la población, permitiendo la disminución de los esfuerzos direccionados hacia el objetivo principal de la empresa, como es la prestación de los servicios de agua potable en cantidad, calidad, continuidad y oportunidad bajo las tres dimensiones de la sostenibilidad en los acueductos administrados.

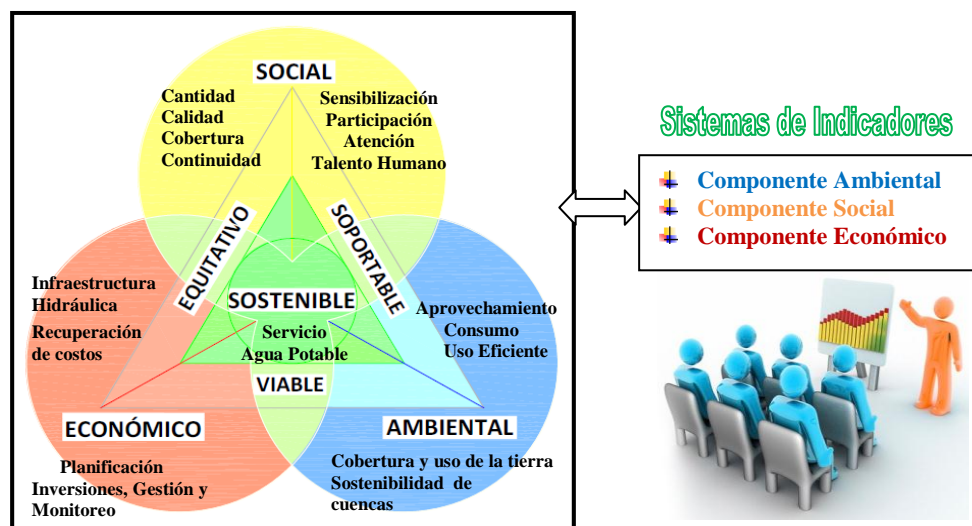
Ante esta problemática, Aguas de Mérida C.A., a partir del año 2015, cuenta con un modelo de gestión operativa, que implica análisis de procesos y servicios, contemplando las tres dimensiones de la sostenibilidad como eje transversal del plan estratégico (objetivos estratégicos), que persigue encaminar a esta empresa, hacia una prestación *eficiente y ordenada* de los servicios de agua potable y saneamiento. Dicho modelo, está planteado ser implementado a partir del año 2015 y la presente investigación comprende el período evaluado 2000 -2015, por lo que se proyecta con su ejecución dar

inicios a una gestión sostenible en el tiempo y que se debe considerar su efectividad cuando se realice una evaluación del desempeño y sostenibilidad en el año 2019, que es el periodo estipulado para la ejecución del plan estratégico en la empresa (Aguas de Mérida C.A., 2015d).

Lo antes expuesto, y los fundamentos teóricos detallados previamente, son base fundamental que ha propiciado el diagnóstico técnico, para pasar a la fase que permita caracterizar un grupo de indicadores estratégicos de evaluación de la sostenibilidad y desempeño ambiental de los operadores u empresas prestadoras del servicio de agua potable, para ser validados en el caso de estudio en el capítulo 5, el cual se sustenta sobre la misma empresa, Aguas de Mérida C.A. De esta manera, se obtienen datos cuantitativos que pudiesen ser comparados con el resto de las empresas del país en algunos parámetros comunes, debido a que el modelo propuesto en esta tesis doctoral pretende ser innovador al incorporar indicadores ambientales, que involucran a la cuenca hidrográfica abastecedora de agua; ya que esto influye directamente en la sostenibilidad del servicio y desempeño ambiental del operador.

De ahí que, en la metodología que se propone para la caracterización de los principales indicadores que permitan evaluar la sostenibilidad y desempeño ambiental de las empresas prestadoras del servicio de agua potable, se enfoca dentro de la **visión global de la integración ambiental**, entendida como el sistema funcional y armónico de una actividad humana o acción de desarrollo con su entorno (Gómez Orea, 1994; Cloquell, 2003). En resumen, se caracteriza por la relación y efectos generados entre el proyecto y el entorno: el primero genera impactos, mientras que el segundo, debe tener aptitudes que le permitan que las acciones del proyecto no afecten su integridad como sistema natural o cultural.

Luego de analizar la información conceptual de cada metodología revisada, reseñadas en las secciones anteriores, se consideraron aquellas que cuentan con sólidos aspectos técnicos – operativos que influyan en las dimensiones de la sostenibilidad (imagen 3.83) y puedan integrar a los parámetros de la prestación del servicio de agua potable, más allá de lo planteado por HIDROVEN C.A. que se conceptualiza con la metodología propuesta por ADERASA a nivel de Latinoamérica. Todo ello, en busca de un modelo metodológico que permita determinar cambios, positivos o negativos en la sostenibilidad y desempeño ambiental de la empresa, como consecuencia de la ejecución de un plan estratégico y la incorporación de la variable ambiental (cuenca hidrográfica abastecedora de agua de ámbitos urbanos); que para el caso de estudio se corresponde con la subcuenca hidrográfica del río Mucujún, municipio Libertador del estado Mérida, Venezuela.



Fuente: adaptado de Benavides, 2010

Imagen 3.83. Criterios de integración ambiental en el sistema de indicadores

Es por ello, que se diseñó una matriz simplificada que agrupa en las dimensiones de la sostenibilidad las metodologías existentes según los organismos proponentes que involucran indicadores tradicionales y no tradicionales; cuya evaluación y valoración se realizaron a partir de los criterios y categorías de selección definidos en un primer panel de expertos (tabla 3.15).

Este instrumento, permitió realizar un segundo panel de expertos, logrando en una primera fase, identificar y analizar métodos e indicadores con datos directos (primarios) e indirectos (secundarios) afines a la prestación del servicio de agua potable y su interrelación con la condición ambiental de la fuente abastecedora de agua. Para luego, efectuar de forma participativa y en consenso la evaluación de cada metodología en el marco de las dimensiones de la sostenibilidad de acuerdo a las categorías establecidas (tabla 3.14), que permitió la priorización y la selección de las metodologías más convenientes a combinar para consolidar el nuevo modelo metodológico.

Tabla 3.14. Categorías para la selección de metodologías a combinar para la evaluación de la sostenibilidad y desempeño ambiental de las empresas prestadoras del servicio de agua potable.

| Categorías de Selección | Descripción |
|---------------------------|--|
| Alto (A) | Para colocarlos en esta categoría de jerarquización, la metodología debería incluir indicadores ambientales vinculados directamente a la fuente abastecedora de agua y su influencia altamente representativa en la prestación del servicio de agua potable, y en cuanto su magnitud , que ocasiona un cambio fácilmente observable, medible y cuantificable. Trasciende los indicadores tradicionales e incluye aspectos ambientales de las condiciones ambientales de la fuente abastecedora. |
| Medio (M) | Para esta categoría se han considerado aquellas que presenten indicadores directos o indirectos a la fuente abastecedora de agua y su influencia en la prestación del servicio de agua potable, medianamente representativa , que ocasiona un cambio paulatino poco observable . Medianamente trasciende a los indicadores tradicionales e incluye algunos vinculantes a las condiciones ambientales de la fuente abastecedora. |
| Bajo (B) | Corresponden a esta categoría los indicadores impactos indirectos , a la fuente abastecedora de agua y su influencia en la prestación del servicio de agua potable, muestra una localización puntual , y que produce un cambio poco observable . Mantiene indicadores tradicionales del perfil del entorno, organismo y desempeño de funciones y desde el punto de vista ambiental, sólo considera aspectos de calidad y cantidad de agua, con fines operacionales del sistema de acueducto. |
| Insignificante (I) | Corresponden a esta categoría las interacciones entre las actividades de cada una de los procesos de la gestión del agua potable y la fuente abastecedora que no corresponden a ninguna de las categorías anteriormente descritas. |

Fuente: Elaboración propia

Desarrollo de una metodología para la evaluación del desempeño y la sostenibilidad ambiental en la gestión del agua potable. **Caso de Estudio:** Aguas de Mérida C.A. (Venezuela)

Tabla 3.15. Matriz simplificada para la selección de metodologías a combinar para la evaluación de la sostenibilidad y desempeño ambiental de las empresas prestadoras del servicio de agua potable

| Componente prestación del servicio | Criterios de selección de métodos de evaluar sostenibilidad y desempeño | METODOLOGIAS /DIMENSIONES | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|---------------------------|-----------|---------|----------|-------|-------|-----|---------|------------------|------|-----------|---------|----------|-------|---------------------|-----|---------|------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | DIMENSION AMBIENTAL | | | | | | | | DIMENSION SOCIAL | | | | | | DIMENSION ECONOMICA | | | | | | | | | | | |
| | | AEMA | BENAVIDES | CONAGUA | ROJAS, F | IBNET | OFWAT | IWA | ADERASA | IMTA | AEMA | BENAVIDES | CONAGUA | ROJAS, F | IBNET | OFWAT | IWA | ADERASA | IMTA | | | | | | | | |
| Condiciones propicias del entorno que no obstaculicen la labor del organismo operador. | Acceso sostenible a fuentes de abastecimiento (estado ambiental: cantidad y calidad de agua, influencia del cambio de cobertura y uso de la tierra) | A | M | B | I | I | I | I | I | I | A | M | I | I | I | I | I | I | A | B | B | B | I | I | I | I | I |
| | Gobernabilidad y Gobernanza | A | A | A | A | M | M | B | M | B | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A |
| Elementos internos de administración y desarrollo del organismo operador. (Técnico –Operativo) | Eficiencia física | I | A | A | A | B | M | A | A | A | B | B | B | B | B | B | B | B | B | B | B | B | B | B | B | B | B |
| | Eficiencia hidráulica | I | A | A | A | B | M | A | A | A | B | B | B | B | B | B | B | B | B | B | B | B | B | B | B | B | B |
| | Eficiencia energética | I | A | A | I | I | I | I | I | B | B | B | B | B | B | B | B | B | B | B | B | B | B | B | B | B | B |
| | Calidad de agua | I | A | A | A | B | A | A | M | M | B | B | B | B | B | B | B | B | B | B | B | B | B | B | B | B | B |
| | Eficiencia en procesos de gestión administrativa – comercial | I | A | A | A | A | A | A | A | A | B | B | B | B | B | B | B | B | B | B | B | B | B | B | B | B | B |
| | Desarrollo institucional | I | M | A | A | M | A | A | A | A | B | B | B | B | B | B | B | B | B | B | B | B | B | B | B | B | B |
| Sus efectos en la percepción ciudadana | Eficiencia total | I | A | A | A | B | M | M | A | M | B | B | B | B | B | B | B | B | B | B | B | B | B | B | B | B | |
| | Gobernabilidad y gobernanza | I | A | A | A | M | A | A | A | A | B | B | B | B | B | B | B | B | B | B | B | B | B | B | B | B | |
| Su impacto en indicadores de bienestar | Eficiencia total | I | A | A | A | M | M | M | A | A | B | B | B | B | B | B | B | B | B | B | B | B | B | B | B | B | |
| | Gobernabilidad y gobernanza | I | A | A | A | M | A | A | A | A | B | B | B | B | B | B | B | B | B | B | B | B | B | B | B | B | |

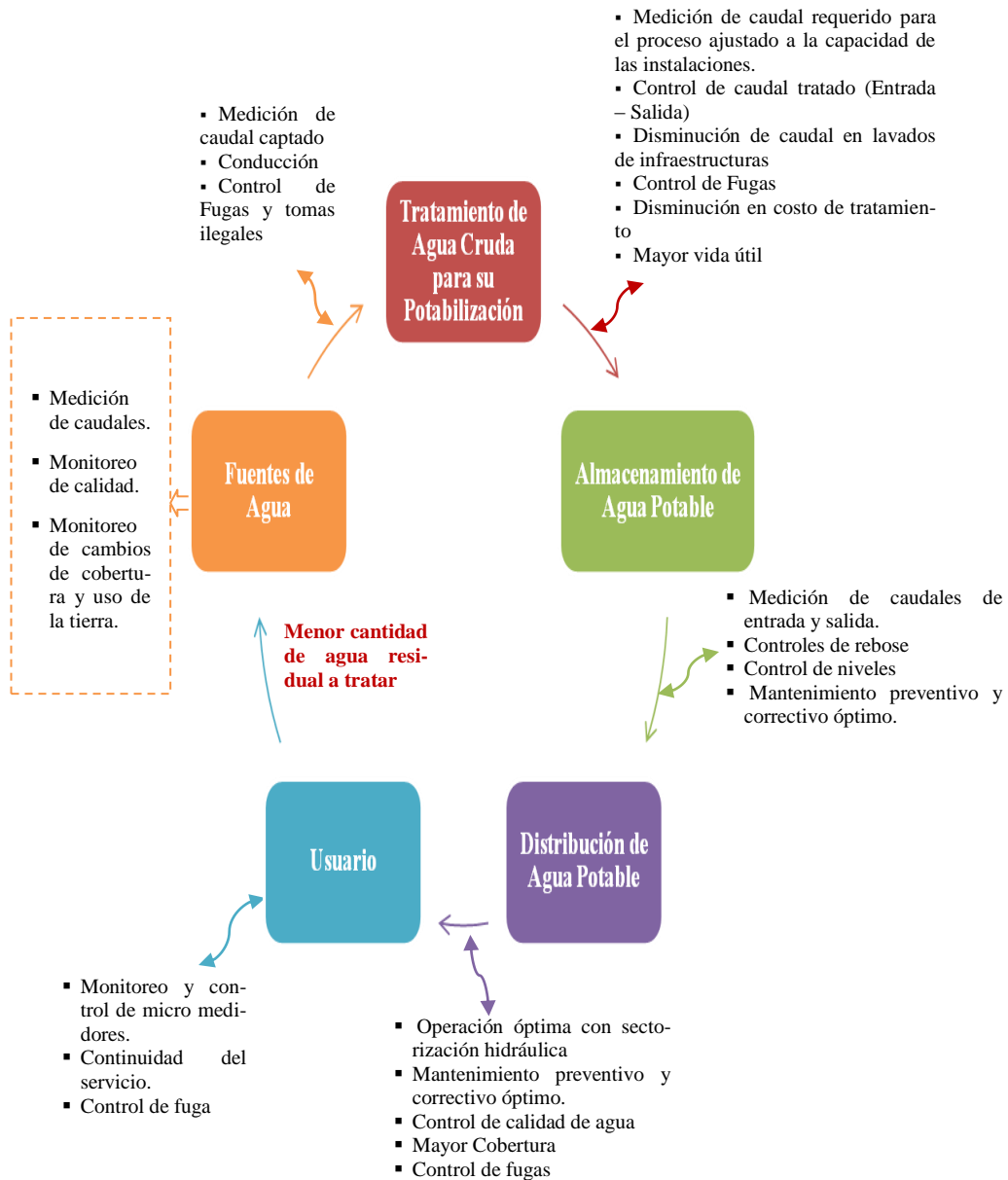
Leyenda: Alto (A), Medio (M), Bajo (B), Insignificante (I)

Los resultados obtenidos indicados en la tabla 3.15, permitieron identificar las metodologías con predominancia de una categoría de Alto a Medio, que incluyen aspectos ambientales en los sistemas de indicadores y que trasciende a los indicadores tradicionales de la gestión del servicio de agua potable; por tanto, se seleccionaron las siguientes:

- a. **Modelo FPEIR (Fuerzas motrices, presiones, estado, impacto, respuesta).**
- b. **Modelo diagnóstico de la sostenibilidad de un abastecimiento de agua.**
- c. **Metodología propuesta para la incremento de eficiencia física, hidráulica y energética en sistemas de agua potable.**
- d. **Metodología para la medición de la gobernabilidad y gobernanza del agua aplicada a la prestación del servicio de agua potable.**

Es importante resaltar que la combinación de las metodologías seleccionadas, se orientó partiendo de la contribución innovadora del autor Benavides (2010) en su tesis doctoral, intitulada «**Diagnóstico de la sostenibilidad de un abastecimiento de agua e identificación de las propuestas que la mejoren**», ya que es la única detectada en la revisión documental realizada en el período 2010-2016, que se aproxima al planteamiento de la presente tesis doctoral. Además, que en el diagnóstico realizado en Aguas de Mérida C.A. bajo la figura de panel de expertos adscritos a la unidad de planificación y departamento de proyectos, considero importante tomar en cuenta lo planteado por Benavides (2010) y las directrices generales de las normas ISO 24500.

Todo ello, permitirá contar con información oportuna que permita tomar decisiones y emprender acciones para generar un cambio en el comportamiento hacia la eficiencia total en el ciclo antrópico del agua potable (imagen 3.84) y por ende un buen desempeño del prestador u operador del servicio de agua potable (Sánchez, L., Peña & Sánchez, A., 2003).



Fuente: adaptado de Sánchez, *et. al.*, (2003)

Imagen 3.84. Ciclo antrópico del agua potable

3.5. Conclusiones y líneas futuras de investigación del capítulo 3

Se cumple con la hipótesis H₁ y H₂ y los objetivos propuestos como fundamentos de desarrollo del capítulo 3, especialmente, se concluye lo siguiente:

Los resultados obtenidos en este capítulo, reflejan que a pesar de los grandes esfuerzos y acuerdos internacionales en sector agua potable y saneamiento, donde se resalta los Objetivos del Desarrollo del Milenio (ODM), en especial el séptimo objetivo (**ODM7**) «Garantizar la sostenibilidad del medio ambiente» y el sexto objetivo (**ODS6**) de Desarrollo Sostenible «Agua limpia y saneamiento»; aún se evidencia que sigue prevaleciendo la importancia económica y social en la prestación del servicio de agua potable, donde el parámetro ambiental de interés, sólo corresponde a la disponibilidad y calidad del agua proveniente de la fuente abastecedora, obviando, que las condiciones ambientales de la fuente abastecedora de agua va influir directamente y de manera significativa, quizás vital, en los aspectos técnicos, operativos, económicos y sociales del servicio.

Por ende, la situación actual del recurso hídrico exige un análisis integral en las dimensiones de la sostenibilidad, por lo que amerita que también se incluya variables ambientales en la evaluación de la prestación del servicio de agua potable, que reflejen el estado de conservación de la fuente abastecedora, a fin de que exista un mayor cuidado en el desarrollo de procesos de planificación, gestión y monitoreo del recurso hídrico y su transformación en el producto final agua potable, a fin de que se de garantía en el ajuste de los procesos de potabilización y por ende se resguarde la salud pública a la población usuaria del sistema de abastecimiento en el ámbito urbano.

Lo antes expuesto, debe ir acompañado del **uso eficiente del agua**, ya que debe ser considerada una acción de gestión ambiental integral en la prestación del servicio de agua potable que inicia desde la explotación u aprovechamiento del recurso hídrico en cuencas hidrográficas abastecedoras, en el tren de tratamiento para la potabilización, el almacenamiento, la distribución y su posterior vertido por los usuarios hasta las cuencas hidrográficas receptoras. Por tanto, el uso eficiente al recurso agua tiene plena correspondencia con la dimensión ambiental de la sostenibilidad, donde el prestador del servicio, debe demostrar su alto desempeño ambiental; ya que la responsabilidad social y ambiental trasciende a un simple hecho de gestión, para llegar a lograr un equilibrio en la gobernabilidad y gobernanza para superar problemas de escasez física y económica en la gestión del agua en ámbitos urbanos.

Para lograr lo antes mencionado, se requiere que en los procesos de planificación del recurso hídrico parta de un enfoque integrado y holístico, en el cual considere un análisis multidimensional, que oriente a los prestadores del servicio, hacia acciones que tiendan a reducir la cantidad de agua empleada en las diferentes actividades de los

sistemas de abastecimiento de agua potable considerando de forma integral el ciclo urbano del agua (Garduño, 1991; Fernández, 1991; ANEAS, 2010); ya que sólo con la visión de que esto se logre en el mejor sentido de la ecoeficiencia, conducirá a que « [...] se deban tomar medidas que permitan usar menos agua en cualquier proceso o actividad para la conservación y el mejoramiento de los recursos hídricos» (Sánchez, L. & Sánchez, A., 2004). De esta manera, se avanzará en el cumplimiento de los Objetivos del Desarrollo del Milenio y Objetivos de Desarrollo Sostenible y se podrá dar garantía real de la sostenibilidad y sustentabilidad del recurso hídrico por parte del ente prestador del servicio de agua potable.

En este contexto, se debe resaltar, que a nivel mundial existen notables iniciativas que buscan la sostenibilidad y sustentabilidad del recurso hídrico vinculado a su aprovechamiento para la prestación del servicio de agua potable a la población, que reflejan que el uso eficiente del agua, trae consigo múltiples beneficios para los diferentes sectores usuarios del agua. Entre estos se destacan: ahorro de dinero por inversiones o por pago de consumo, ahorros en sustancias químicas para la potabilización, ahorros en el desarrollo y construcción de nueva infraestructura, mejor actuación ante crecidas torrenciales y un mejor manejo de sequías y cortes de suministro (Dickinson, 2003; Sánchez, L. & Sánchez, A., 2004). Además, que al gestionarse eficientemente el agua en el sistema de abastecimiento para consumo humano, se obtienen impactos positivos sobre la producción de aguas residuales, ya que los caudales disminuyen, al tiempo que se incrementa la concentración de los contaminantes (Sánchez, L. & Sánchez, A., 2004).

Lo antes señalado, involucra una serie de desafíos para el prestador del servicio y las Autoridades Nacionales de Agua, ya que trae una implicación directa hacia el seguimiento continuo y la evaluación del desempeño en el tiempo. Un primer gran desafío, es consolidar un pacto histórico de los principales actores de la sociedad, en especial de los gestores y de quienes tienen el poder de decisión, en hacer exitosa la gobernabilidad, la gobernanza y la efectividad, en especial la sensibilidad, conciencia, compromiso y responsabilidad ciudadana, de la gestión sistémica e integradora del recurso hídrico de una cuenca hidrográfica y sus usuarios. En su conjunto, es hacer posible su sostenibilidad, sin miramientos político coyunturales e intereses de grupos e individuos.

Por tanto, un segundo desafío para los prestadores del servicio de agua potable es implementar con responsabilidad un plan estratégico integral, donde es indispensable **Medir – Planear – Hacer - Verificar - Actuar**, en un ciclo dinámico y permanente, ya que representa la clave en cualquier acción de uso eficiente del agua. De esta manera, se puede conocer la realidad y se pueden establecer modelos para predecir y planear mejor el futuro, mediante una visión de integración ambiental, que permita la toma de decisiones oportunas e históricas, de esta forma sean exitosas las políticas, planes, programas, proyectos y servicios.

Ante estos desafíos en el sector agua potable y saneamiento y su vinculación con los objetivos de la tesis doctoral, la revisión documental de las metodologías y los indicadores estratégicos que las conforman, permitió sentar las bases conceptuales y técnicas en el desarrollo del modelo metodológico, que parte de las aportaciones de diversos autores citados en este documento, para consolidar un diseño ambientalmente integrado de la nueva propuesta de evaluación del desempeño y sostenibilidad en la gestión del agua potable. Esto permitió, la selección de cuatro metodologías existentes (modelo FPEIR (Fuerzas motrices, presiones, estado, impacto, respuesta, modelo diagnóstico de la sostenibilidad de un abastecimiento de agua; metodología propuesta para la incremento de eficiencia física, hidráulica y energética en sistemas de agua potable y metodología para la medición de la gobernabilidad y gobernanza del agua aplicada a la prestación del servicio de agua potable), que al ser combinadas, se logra incorporar el parámetro ambiental como un pilar de la prestación del servicio de agua potable y romper paradigmas de los sistemas de indicadores tradicionales aplicados al sector agua potable en el tiempo. En este sentido, el modelo metodológico que se propone en esta investigación, podrá interrelacionar las dimensiones de la sostenibilidad, a fin de adoptar las medidas y acciones necesarias para el uso eficiente del recurso hídrico como eje transversal de todos los procesos de gestión del agua potable.

Bajo esta concepción la propuesta metodológica que se desarrolla en el capítulo 4 y valida en el capítulo 5, será innovadora para Venezuela, con proyección para el resto de países en vías de desarrollo, que aún no cuenta con un instrumento que le permita a la Autoridad Nacional de las Aguas, realizar la «**Evaluación de la sostenibilidad y desempeño ambiental de las empresas prestadoras del servicio de agua potable**», como usuarios del recurso agua. Esto contribuirá a garantizar su uso eficiente, que implica, entonces, cambiar la manera tradicional de afrontar el incremento de la demanda de recursos, para avanzar hacia una gestión estratégica e integral de la demanda de agua, que implica modificar las prácticas y los comportamientos de los diferentes sectores de usuarios del agua, para maximizar el uso de la infraestructura existente, de tal manera, que se puedan aplazar las grandes inversiones en el sector y se pueda aumentar la cobertura hacia sectores necesitados y vulnerables, permitiendo avanzar en la consolidación de las metas de desarrollo del milenio (Sánchez, L. & Sánchez, A., 2004; Arreguin & Garduño, 1994).

De esta manera, la definición y caracterización de indicadores para evaluar la sostenibilidad y el desempeño ambiental que se presenta en el capítulo 4, se ve justificada, debido a la importancia de contar con instrumentos técnicos adecuados para recabar información objetiva, cuantificable y veraz, que sirva de apoyo a la planificación estratégica de los recursos hídricos, la toma de decisiones no sólo al momento de definir líneas de acción, sino también, al establecer estrategias para elaborar o formular de acuerdo a los principios de la Integración Ambiental, las políticas, planes, programas y proyectos de la empresa prestadora del servicio de agua potable incluso de la propia Autoridad Nacional de las Aguas.

Tras los resultados obtenidos en este capítulo resulta relevante culminar con una frase que aún está vigente y que fue presentada por Sánchez, L. & Sánchez, A. (2004) en el International Water and Sanitation Centre [IRC]: «*Hoy existe una crisis del agua. Pero ésta no radica en que sea insuficiente para satisfacer nuestras necesidades. Se debe a que se maneja tan mal, que miles de millones de personas, y el medioambiente, sufren enormemente*».

En cuanto a las líneas futuras de investigación que se derivan del capítulo 3, se plantea lo siguiente:

- Desarrollar un programa de sensibilización hacia las empresas prestadoras del servicio de agua potable y saneamiento, para el diseño de un sistema de información automatizado de planificación, gestión y monitoreo, que involucre a los sistemas de información geográficos (SIG), para el registro de datos continuo y responsable, que supere los registros manuales que conllevan a errores involuntarios de transcripción y resguardo de información.
- Desarrollar una metodología para la evaluación de impacto ambiental de los procesos de potabilización del agua. Se considera necesario adaptar herramientas de Evaluación Ambiental estructuradas en metodologías tales como la evaluación del ciclo de vida (Life Cycle Assessment –LCA) para ser aplicadas en el proceso de captación- potabilización – distribución –usuario.



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



CAPÍTULO IV

Propuesta metodológica para la evaluación del desempeño y la sostenibilidad en las empresas prestadoras del servicio de agua potable en ámbitos urbanos

Desarrollo de una metodología para la evaluación del desempeño y la sostenibilidad ambiental en la gestión del agua potable. Caso de Estudio: Aguas de Mérida C.A. (Venezuela).

CAPITULO IV

Propuesta metodológica para la evaluación del desempeño y la sostenibilidad en las empresas prestadoras del servicio de agua potable en ámbitos urbanos

4.1. Consideraciones generales del capítulo 4

Cada día tienden a incrementarse los problemas y desafíos de sostenibilidad y sustentabilidad ambiental que enfrentan los países a nivel mundial en torno al recurso hídrico, debido a la eminente variabilidad de aspectos ambientales globales, en especial, el cambio climático (Loftus, Howe, Anton, Philip & Morchain, 2011).

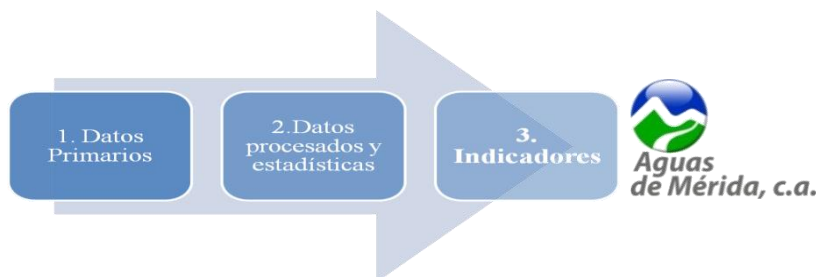
De ahí que, cada vez se hace más evidente la necesidad de hacer un uso eficiente del recurso agua en las actividades de la humanidad (Arreguin & Garduño, 1994), convirtiéndose en una forma de alcanzar las metas de Desarrollo Sostenible, por lo que en la actualidad amerita de un enfoque multidimensional para definir estrategias y acciones para monitorear políticas, planes, programas, proyectos, productos y servicios vinculados directamente con la planificación y gestión para la prestación del servicio de agua potable, basándose en evidencias medibles, verificables, que permitan a las empresas u operadores del servicio, conocer los signos vitales de una determinada dinámica ambiental de la fuente abastecedora (cuenca hidrográfica) y sus interrelaciones con los procesos de gestión del agua potable; esto permitirá la toma de decisiones oportunas para garantizar la gobernabilidad y gobernanza del sector agua potable (Tate, 1991; Quiroga, 2001; Sánchez, L. & Sánchez, A., 2004).

En este sentido y con lo ya analizado en los capítulos anteriores, las empresas prestadoras del servicio de agua potable y saneamiento, requieren de un **Sistema de Evaluación de Desempeño y Sostenibilidad (SIEDSA)**, que para el caso de estudio, lo definiremos como el conjunto de elementos metodológicos que permiten realizar una valoración equilibrada en las dimensiones de la sostenibilidad del desempeño de Aguas de Mérida C.A., bajo los principios de verificación del grado de cumplimiento de metas y objetivos, siguiendo el modelo dinámico de “planificar – hacer – verificar – actuar”, con base a indicadores de desempeño, de gestión y estratégicos, permitiendo identificar la eficacia y eficiencia en los procesos de gestión del agua potable que garantice la gobernabilidad del agua potable.

Para lograr lo antes mencionado, se partió de las concepciones y experiencias de diversos países a nivel mundial expuestas anteriormente, con especial énfasis en las metodologías con los indicadores estratégicos que las integran, los cuales fueron descritos en el capítulo 3. Estos resultaron seleccionados con predominancia de categorías alto y

medio, tras la aplicación de una matriz simplificada diseñada para tal fin; cuya combinación permitió en esta tesis doctoral, proponer un sistema de indicadores estratégicos para evaluar el desempeño y sostenibilidad de los operadores de agua, denominados en el ámbito del caso de estudio “empresas prestadoras del servicio de agua potable y saneamiento”.

Como paso inicial de este proceso metodológico, se efectuó el procesamiento estadístico de la información de la empresa en estudio para el período 2012-2015, en este sentido, se organizó la base de datos de indicadores, que cuentan con aproximadamente 15.000 datos primarios en las 23 áreas de la empresa; estos son registrados de forma manual y automatizada y en el caso específico del área de producción y calidad de agua predomina en un 95% el registro manual. Por tanto, este trabajo, se realizó bajo el esquema siguiente:



Fuente: Elaboración propia.

Imagen 4.1. Procesamiento de la información para la toma de decisiones

Este esquema de trabajo indicado en la imagen 4.1., forma parte de los procesos de monitoreo de gestión del operador de agua; que parte de la concepción que un indicador corresponde a:

Una o más variables combinadas, que adquiere distintos valores en el tiempo y en el espacio, y entrega señales al público y a los decisores, acerca de aspectos fundamentales o prioritarios en el proceso de gestión del agua potable, en particular, respecto a las variables que afectan el desempeño y la sostenibilidad de dichas dinámicas. (Quiroga, 2009)

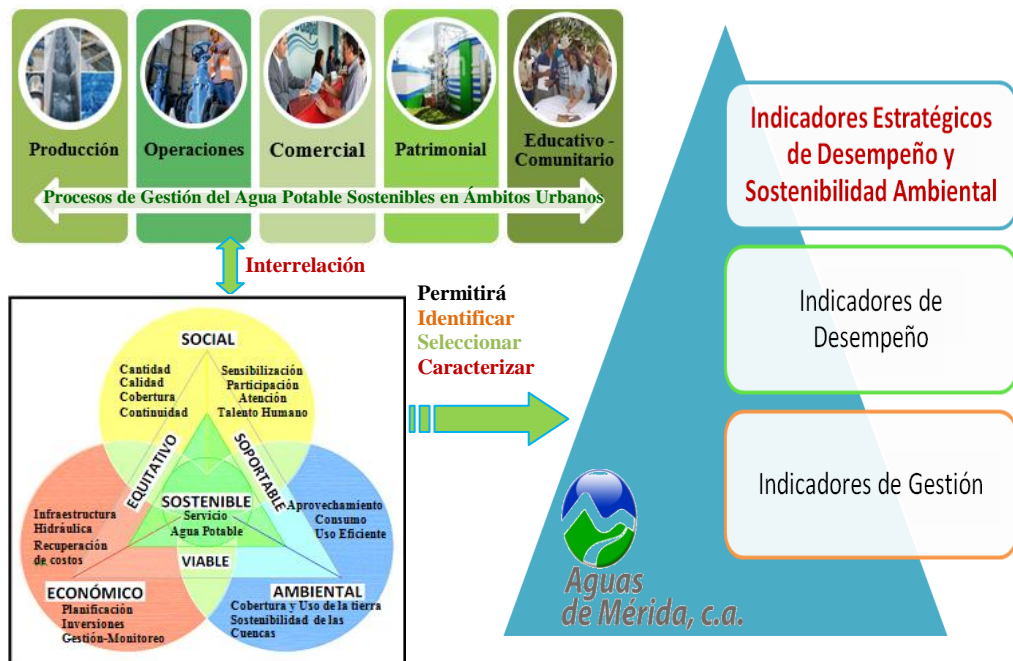
Para el caso de estudio, estos indicadores pueden clasificarse en tres tipos y se definen según el Consejo Nacional de Evaluación de Política de Desarrollo Social [CONEVAL], (2010), de la siguiente manera:

- **Indicador de desempeño.** Es la expresión cuantitativa construida a partir de variables cuantitativas o cualitativas, que proporciona un medio sencillo y fiable para medir logros (cumplimiento de objetivos y metas establecidas); reflejar los cam-

bios vinculados con las acciones del programa, monitorear y evaluar sus resultados. En tales términos, **el indicador** debe entenderse que **siempre es de desempeño**, es decir, cumplir con el cometido.

- **Indicador de gestión.** Es aquel que mide el avance y logro en procesos y actividades.
- **Indicador estratégico.** Es la expresión que mide el grado de cumplimiento de los objetivos de las políticas, planes, programas y proyectos, contribuyendo a corregir o fortalecer estrategias, impactando directamente en la población o área de enfoque.

Por tanto, en esta investigación se diseñó un esquema de trabajo para la clasificación de los indicadores vinculados a los procesos de gestión del agua potable y su interrelación con las dimensiones de la sostenibilidad (imagen 4.2).



Fuente: Elaboración propia

Imagen 4.2. Esquema de trabajo para la clasificación de indicadores

El esquema presentado en la imagen 4.2, hace mención a los indicadores de gestión (IG) y los indicadores de desempeño (ID), debido a que en esta investigación se establece una matriz de análisis para interrelacionar los componentes del servicio de agua

potable y clasificarlos en las dimensiones de la sostenibilidad; todo ello, en busca de un **indicador estratégico de desempeño y sostenibilidad (IEDSA)**.

Todo lo antes expuesto, conllevó a formular las siguientes interrogantes en la investigación bajo un diseño descriptivo y exploratorio:

- *¿Cuáles son los indicadores estratégicos que deben conformar el sistema de indicadores y el índice ambiental para evaluar el desempeño y la sostenibilidad de las empresas prestadoras del servicio de agua potable?*
- *¿Qué sistema de indicadores debe contener la propuesta metodológica para evaluar el desempeño y la sostenibilidad de las empresas prestadoras del servicio de agua potable?*
- *¿Cuál será el índice ambiental más idóneo para evaluar el desempeño y la sostenibilidad de las empresas prestadoras del servicio de agua potable?*
- *¿La metodología a proponer cuenta con proceso conceptual secuencial que le permita a la empresa prestadora del servicio de agua potable y a la autoridad nacional de aguas implementarla para evaluar el desempeño y la sostenibilidad?*

4.2. Hipótesis y Objetivos

4.2.1. Hipótesis.

H1: *El desarrollo, la selección y caracterización de un sistema de indicadores estratégicos para evaluar los principales aspectos para el desempeño y sostenibilidad de las empresas prestadoras del servicio de agua potable, es viable y puede llegar a transformarse en una herramienta de medición y seguimiento para un período determinado de la planificación y gestión del servicio de agua potable con integración ambiental.*

H2: *La metodología propuesta originada con la combinación de metodologías de otros estudios y con validación en panel de expertos, cuenta con proceso conceptual secuencial, que garantice la aplicación del modelo para la evaluación del desempeño y sostenibilidad de las empresas prestadoras del servicio de agua potable.*

4.2.2. Objetivo general

- Desarrollar y validar propuesta de sistema de indicadores para la evaluación del desempeño y la sostenibilidad en la planificación y gestión del servicio para el abastecimiento de agua potable en el ámbito urbano.

4.2.2.1. Objetivos específicos

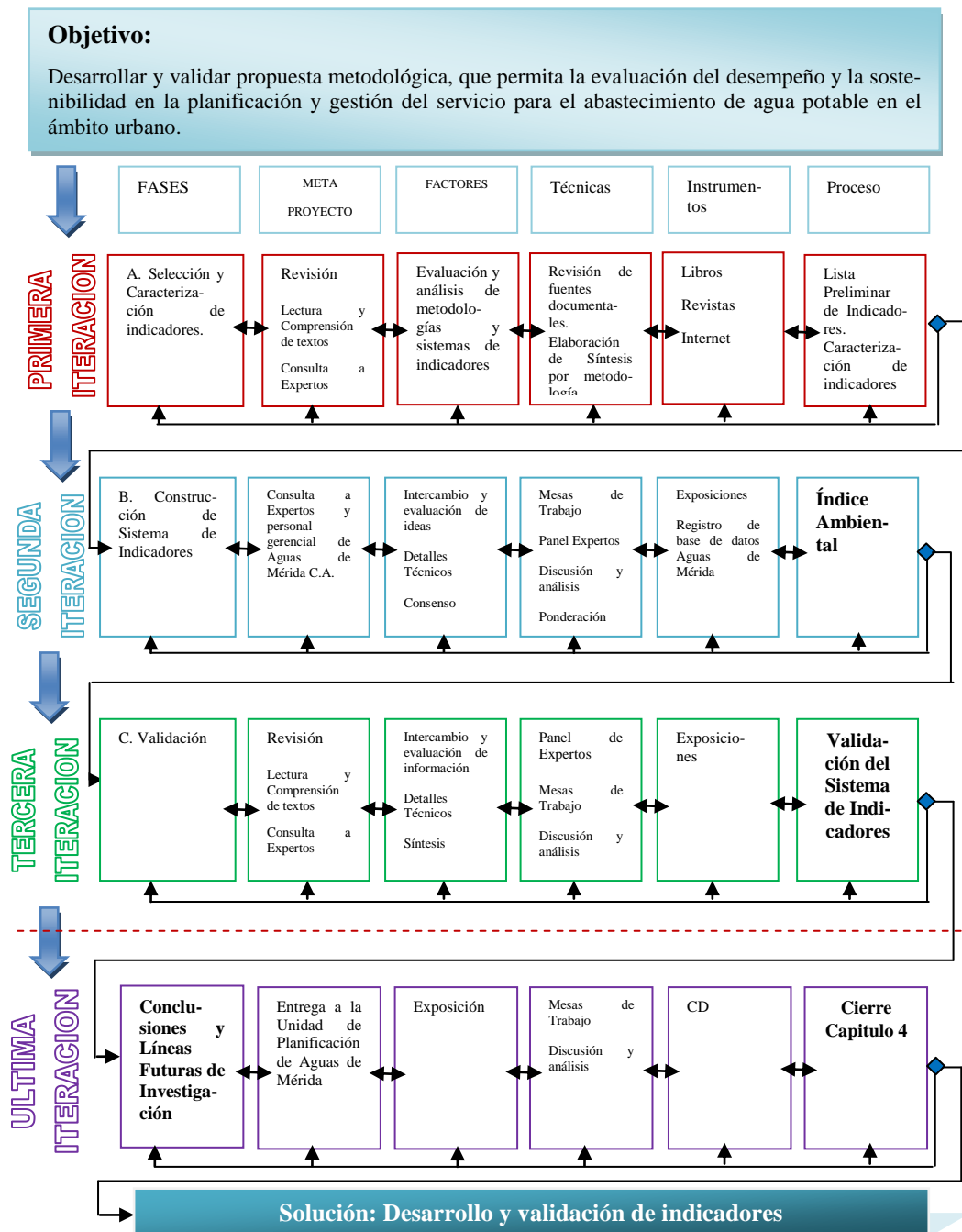
- A. Seleccionar indicadores estratégicos, para la evaluación de la sostenibilidad y desempeño ambiental de los prestadores del servicio de agua potable en ámbitos urbanos.
- B. Analizar los indicadores estratégicos para la evaluación de la sostenibilidad y desempeño ambiental de los prestadores del servicio de agua potable en ámbitos urbanos.
- C. Caracterizar los indicadores estratégicos seleccionados para la evaluación de la sostenibilidad y desempeño ambiental de los prestadores del servicio de agua potable en ámbitos urbanos.
- D. Desarrollar y validar un sistema de indicadores para la agregación en un índice, que permita la evaluación global del desempeño y la sostenibilidad de los prestadores del servicio de agua potable en ámbitos urbanos.
- E. Desarrollar la ruta metodológica que permita la implementación del modelo para la evaluación del desempeño y sostenibilidad de las empresas prestadoras del servicio de agua potable.

4.3. Materiales y métodos

Para el desarrollo del capítulo 4, se realizó un diseño de investigación documental, descriptiva y exploratoria, que parte de los sistemas de indicadores de las metodologías analizadas y seleccionadas en el capítulo 3, para la caracterización, cribado, desarrollo y validación específica de un sistema de indicadores, que permita la evaluación del desempeño y la sostenibilidad de las empresas prestadoras del servicio de agua potable.

En vista de la complejidad de la situación, se aplica inicialmente la teoría de Gómez Senent (2002), referida a las seis dimensiones y su metodología de praxis y estrategia de resolución de problemas (imagen 4.3), que permitió establecer un proceso secuencial para el desarrollo de la investigación. Sin embargo, la consolidación de la propuesta metodológica del sistema de indicadores, se fundamentó en las orientaciones técnicas de presentación y estructuración de guías y manuales empleadas por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) dependiente de las Naciones Unidas; la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) y la Comisión Nacional de Agua de México (CONAGUA).

Desarrollo de una metodología para la evaluación del desempeño y la sostenibilidad ambiental en la gestión del agua potable. *Caso de Estudio: Aguas de Mérida C.A. (Venezuela)*



Fuente: Elaboración propia

Imagen 4.3. Aplicación de modelo matricial de Gómez - Senent (2002) al desarrollo del capítulo 4

Ambos marcos de referencia procedimental, permitieron consolidar una ruta metodológica ante la complejidad del problema de flujos y procesos para desarrollar y validar el sistema de indicadores de desempeño y sostenibilidad (imagen 4.4).



Fuente: adaptado de Quiroga (2009); CONEVAL (2010; 2013)

Imagen 4.4. Ruta metodológica para la construcción del sistema de indicadores de desempeño y sostenibilidad

4.4. Resultados y discusión del capítulo 4

4.4.1. Ruta metodológica referencial del modelo propuesto para la evaluación del desempeño y sostenibilidad en la gestión del agua potable de las empresas prestadoras del servicio de agua potable

En esta sección del capítulo, se establece una ruta metodológica referencial, que permite la aplicación de la herramienta para la evaluación del desempeño y sostenibilidad de las empresas prestadoras del servicio de agua potable, a través del **índice del desempeño y sostenibilidad de la prestación del servicio de agua potable (IDSAAP)**. Además, se pretende que sirva de guía orientadora para el nivel gerencial alto y medio, equipo técnico del operador de agua, auditores internos – externos y la Autoridad Nacional de Aguas, según corresponda.

Es por ello que, antes de comenzar a abordar cada etapa metodológica, se tienen presentes una serie de principios o fundamentos que ya fueron detallados en el capítulo 1, 2 y 3, que sustentan el proceso metodológico del **sistema de indicadores para la evaluación del desempeño y sostenibilidad (SIEDSA) de la prestación del servicio**

de agua potable; esto permitió concretar el **índice del desempeño y sostenibilidad de la prestación del servicio de agua potable (IDSAAP)**, cuyo procedimiento será descrito paso a paso, debido a la complejidad del problema de flujos y procesos que integran la gestión del agua y su interrelación con las dimensiones de la sostenibilidad.

En este contexto, la ruta metodológica que se presenta a continuación en forma de flujo o ruta, se sustenta en un proceso metodológico central y comprendió tres (03) grandes etapas:



Fuente: adaptado de Quiroga (2009)

Imagen 4.5. Ruta metodológica ampliada para la construcción del sistema de indicadores de desempeño y sostenibilidad (Aguas de Mérida C.A)

Estas se describen a continuación:

4.4.1.1. Etapa 1

Esta primera etapa del proceso metodológico se caracteriza por establecer las bases del trabajo a realizar y sigue el siguiente flujograma:



Fuente: adaptado de CEPAL, CONAGUA, CONEVAL, OCDE

Imagen 4.6. Flujograma de la ruta metodológica de la etapa 1

Para que se ejecutara adecuadamente lo señalado en la imagen 4.6, fue indispensable que el equipo técnico iniciará el proceso partiendo de:

- Entender el proceso de decisión que se está evaluando.
- Entender su contexto institucional, determinado tanto por leyes y normas, como por otras políticas, planes y programas.
- Alcanzar una primera comprensión de la dimensión ambiental del plan estratégico 2015 – 2019 de la empresa objeto de estudio.

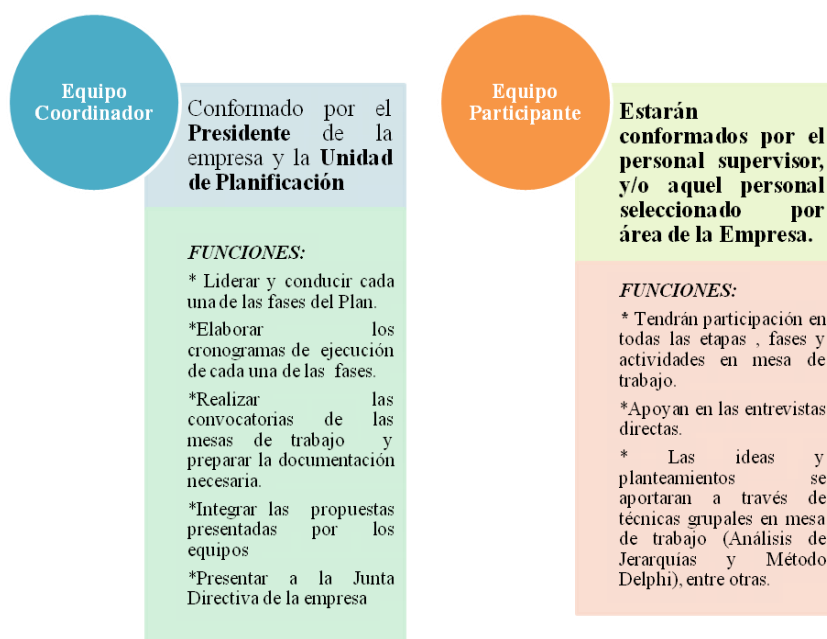
Todo ello, según lo planteado por Quiroga (2009), dará garantía y transparencia del análisis y evaluación del operador de agua.

Para cumplir la ruta de la etapa 1, se efectuó lo siguiente:

1.1. Formación de equipo o panel de expertos

Se forma y organiza el equipo de trabajo y se llevan a cabo actividades de capacitación y formación, estableciéndose así lenguajes comunes para un eficaz trabajo en conjunto.

Para el caso de estudio, se contó con el equipo de trabajo organizado por la empresa Aguas de Mérida C.A, para la formulación del plan estratégico; el cual está estructurado por un comité coordinador y un comité de participación, que permitió la participación en la investigación que surge de los objetivos y estrategias del plan, cuyas responsabilidades son las siguientes:



Fuente: Aguas de Mérida C.A. (2010)

Imagen 4.7. Funciones del comité institucional de la empresa objeto a estudio

Así mismo en la empresa objeto de estudio, se conformó mesa de trabajo de un representante por área de la Empresa (23) y un panel de expertos integrado por los especialistas de la Gerencia de Ingeniería y Operaciones, Gerencia de Administración y Finanzas, Gerencia Integral de Obras y Presidencia a través de la unidades adscritas Planificación, Imagen y Mercadeo, Desarrollo Comercial. Además de la participación a través de entrevistas estructuradas y directas a 118 trabajadores de las diversas áreas de la Empresa.

1.2. Revisión del contexto institucional – legal

Se realizó la revisión colectiva del marco institucional y del contexto nacional - internacional del sector agua potable. Esto incluye un examen de las políticas existentes en el país, y también una indagación en los usuarios y sus necesidades. Para ello, se partió de la documentación resultante de la revisión documental detallada expuesta en el capítulo 2 y 3; que se enfoca en:

- El contexto internacional y nacional del sector agua potable.
- Contexto interno – externo de la empresa en estudio, la cual fue detallada en parte en el capítulo 2 y se complementa en el capítulo 5 en la fase previa a la aplicación del modelo.

1.3. Revisión de marcos conceptuales y enfoques metodológicos

En fase consistió en la revisión de los principales marcos conceptuales que sirven de base para el diseño más grueso de la propuesta del sistema de indicadores estratégicos, así como los principales enfoques metodológicos más usados en la actualidad, consolidando el estado del arte final (capítulo 3), siguiendo la teoría de las seis dimensiones y su metodología de praxis y la estrategia de resolución de problemas de Gómez Senent (2002) y el diagrama diseñado de interrelación de los procesos de la gestión del agua potable; esto permitió realizar varias iteraciones para la selección, adaptación o adopción de las metodologías más adecuadas a las circunstancias y contexto del trabajo del equipo en el país o territorio en cuestión.

Para ello, se realizó como fase previa a la evaluación del desempeño y sostenibilidad, un breve contexto nacional, institucional, ambiental y operativo del caso de estudio, siguiendo pautas del OSE (2008). Es de resaltar, que en el contexto ambiental se hace énfasis en las fuentes abastecedoras del acueducto urbano de la ciudad de Mérida en especial en la subcuenca hidrográfica del río Mucujún, que es la principal fuente abastecedora de agua de la ciudad de Mérida, adicionalmente se incorpora información elaborada para las otras cuencas hidrográficas abastecedoras de acueductos urbanos que administra Aguas de Mérida C.A. en el estado Mérida (**ver anexo 4.A**).

Esto resultó de gran interés, para estructurar el sistema de indicadores para la evaluación del desempeño y sostenibilidad del prestador del servicio de agua potable; que en este caso el análisis se enfocó dentro de la **visión global de la integración ambiental**, entendida como el sistema funcional y armónico de una actividad humana o acción de desarrollo con su entorno (Gómez-Orea, 2001; Cloquell, 2003).

Por tanto, en el desarrollo de esta fase, se efectuaron una serie de actividades, que se describen a continuación:

1.3.1. Inicio

Se consideró indispensable y pertinente revisar los resultados obtenidos en el año 2012-2013 del **diagnóstico y análisis de la situación actual de la empresa objeto de estudio en el marco del plan estratégico**, que fué elaborado por el equipo de trabajo institucional (Aguas de Mérida C.A., 2010; 2012c); sirviendo de base para la selección de metodologías y sistemas de indicadores. Este se estructuró de la siguiente manera:

- a) Para el análisis situacional propone el criterio de un horizonte de 5 años, considerando los siguientes criterios dentro de la empresa:
 - i. La estabilidad del entorno donde se desempeña.
 - ii. La velocidad de absorber e incorporar los cambios.
 - iii. La capacidad para lograr el cumplimiento de las estrategias.

En torno a los criterios establecidos para el análisis del ambiente interno de la organización y del entorno, permitió detectar las principales **fortalezas** y **debilidades**, así como, **oportunidades** y **amenazas** a las que se ha de enfrentar la empresa Aguas de Mérida C.A. en los próximos años.

1.3.2. Discusiones en mesa de trabajo, cuyos resultados se consolidada en cuatro matrices operacionales

Para ello, se continuó con un proceso reiterativo de preguntas claves y generadoras realizadas en entrevistas estructuradas y en discusiones técnicas en mesa de trabajo con el panel de expertos, personal directivo, técnico y administrativo. A continuación, se presenta el listado de preguntas claves y generadoras realizadas durante la investigación:

¿Son razonables los niveles de fugas y desperdicios de agua?

¿Deben ser más frecuentes los mantenimientos preventivos y correctivos en el sistema de abastecimiento?

¿Existen riesgos de contaminación o a la salud de los consumidores?

¿Deben ser más frecuentes los mantenimientos preventivos a los equipos o vehículos?

¿Cuándo deben renovarse, y en qué grado, algunas tuberías o equipos?

¿Cuánta agua puede ahorrarse para atender demandas crecientes, sin necesitar fuertes inversiones?

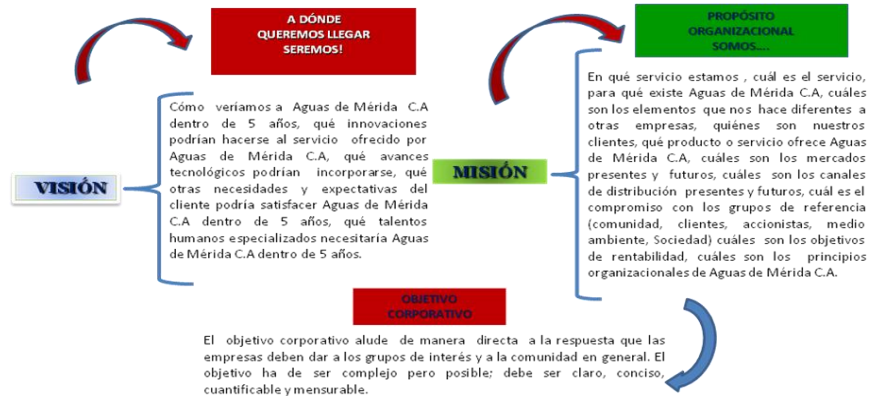
¿Por qué es importante contar con fuentes abastecedoras de agua (cuencas hidrográficas), conservadas para atender demandas crecientes sin sobre explotación del recurso?

¿Es apropiada la capacidad instalada, respecto a la evolución de las demandas para los siguientes años?

¿Existe capacidad operativa, directiva, talento humano y financiera - comercial?

¿Debe reducirse el tiempo de espera en pagos o trámites de clientes?

¿Qué beneficios obtiene Aguas de Mérida C.A con la aplicación de un plan estratégico y su seguimiento con indicadores estratégicos?



Fuente: Aguas de Mérida, C.A (2012c).

Imagen 4.8. Preguntas claves generadoras

Para responder las preguntas generadoras, Aguas de Mérida C.A. en el año 2012, aplico dos instrumentos **matriz perfil de oportunidades y amenazas en el medio (POAM)** y **matriz perfil de capacidad interna (PCI)**, que fueron distribuidos en las 23 áreas de trabajo de la empresa, las cuales fueron entregadas a 185 empleados, de las cuales participaron 118 empleados (64 %). Estas consistieron en lo siguiente:

- **Matriz perfil de capacidad interna (PCI).** Cada uno de los equipos de participación llenó la matriz (PCI), con el objeto de que los participantes pudiesen identificar las **fortalezas y debilidades**, examinando factores de la prestación del servicio de agua potable y saneamiento asociados a la capacidad directiva (44), de talento humano (48), operativa que incluye variables ambientales (37), financiera y de gestión comercial (22) calificando en una escala alta, media o baja la prioridad en función de la capacidad que posea la empresa.

| CAPACIDAD DE TALENTO HUMANO | | PERFIL DE CAPACIDAD INTERNA DE AGUAS DE MERIDA C.A. | | | | | |
|-----------------------------|---|---|-----------|---------|-------|------|---------------------------|
| | | A | | B | | | C |
| | | FORTALEZA | DEBILIDAD | IMPACTO | | | peso ponderado por factor |
| | | peso 0 - 100 | | ALTO | MEDIO | BAJO | a *b |
| 1 | Nivel Académico del personal acorde con las necesidades de la empresa para la prestación del servicio | 70 | | 3 | | | 210 |
| 2 | Claridad en la Estructura Organizacional de la Empresa (32) | | 60 | 3 | | | 180 |
| 3 | Existencia y aplicación de Procedimientos para selección de personal (42) | | 40 | 3 | | | 120 |
| 7 | Motivación hacia el personal (43) | | 80 | 3 | | | 240 |
| 8 | Capacitación (44) | | 70 | 3 | | | 210 |
| 11 | Existencia de un Sistema de Evaluación de Desempeño (47) | | 90 | 3 | | | 270 |

Fuente: Aguas de Mérida C.A. (2010; 2012c)

Imagen 4.9. Ejemplo de matriz PCI Aguas de Mérida C.A.

- **Matriz perfil de oportunidades y amenazas en el medio (POAM).** Cada equipo llenó la matriz (POAM), a fin de identificar y valorar las oportunidades y amenazas de Aguas de Mérida C.A. Esta información igualmente fué discutida por equipo, a objeto de unificar la valoración dada en 23 factores, tanto a la oportunidad como a la amenaza y el impacto que ella genera.

| FACTORES ECONÓMICOS, POLÍTICOS, SOCIALES, TECNOLÓGICOS, COMPETITIVOS | | PERFIL DE OPORTUNIDADES Y AMENAZAS (POAM) | | | | | |
|--|--|---|---------|---------|------|------|---------------------------|
| | | AGUAS DE MERIDA C.A. | | | | | |
| | | A | | B | | | C |
| | | OPORTUNIDAD | AMENAZA | IMPACTO | | | peso ponderado por factor |
| | | peso 0 - 100 | ALTO | MEDIO | BAJO | a *b | |
| 1 | Escaso nivel de educación y concienciación de la población con respecto al uso racional del recurso. | | 90 | 3 | | 270 | |
| 2 | Asignación de Recursos por parte de entes externos que permiten realizar inversiones importantes para la rehabilitación de sistemas de abastecimientos de agua potable administrados | 30 | | 3 | | 90 | |
| 3 | Asignación de Recursos por parte de entes externos que permiten realizar inversiones importantes para la construcción de nuevos sistemas de abastecimientos de agua potable | 60 | | 3 | | 180 | |
| 4 | Tomas ilegales que afectan la calidad y cantidad del agua suministrada | | 90 | 3 | | 270 | |
| 5 | Altos hábitos de consumo de la población con promedios superiores a los parámetros internacionales | | 100 | 3 | | 300 | |
| 6 | Deterioro de las cuencas abastecedoras cuyos efectos se reflejan en la disminución de la cantidad y calidad del agua. | | 100 | 3 | | 300 | |

Fuente: Aguas de Mérida C.A. (2010; 2012c)

Imagen 4.10. Ejemplo de matriz POAM Aguas de Mérida C.A.

- **Matriz de impactos.** El equipo de coordinación evaluó los resultados del diagnóstico considerando las apreciaciones y calificaciones dadas por cada equipo de participación. Esta evaluación se ve reflejada en esta matriz, en la cual se define y categoriza cada factor con relación a su impacto en la empresa. Esta información se obtiene de las matrices (PCI) y (POAM).
- **Matriz de análisis FODA.** El equipo de coordinación convocó a los equipos de participación para realizar el análisis **FODA**. Del cruce de estas cuatro variables (fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas) se derivan las **líneas estratégicas** de donde fueron determinados los **objetivos estratégicos**.

Como resultado obtenido de este proceso iterativo y ante las fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas detectadas en el diagnóstico para el plan estratégico de Aguas de Mérida C.A., se consideró esencial incorporar la planificación estratégica en el contexto de la integración ambiental, como un proceso de dirección, cuyo fin último, es lograr que la empresa prestadora del servicio, camine de la mano con su entorno, de manera que ésta alcance el éxito en sí misma, es decir, cumpla con su misión corporativa y de esta manera no continúe con los esquemas tradicionales de gestión. Esto conlleva a que las decisiones y acciones gerenciales contribuyan a:

- Definir claramente los objetivos de la empresa, los campos de acción prioritarios, así como las acciones específicas que deben desarrollarse para alcanzar dichos objetivos.
- Fomentar el proceso de aprendizaje y desarrollo organizativo.
- Orientar de forma eficiente los recursos.
- Evitar los problemas que se derivan de la inmediatez y anticipación de los cambios de entorno.
- Dinamizar los sistemas de gestión, desarrollando unidades organizativas proactivas de cara al futuro.
- Facilitar la comunicación entre las distintas áreas de la organización y la comunidad merideña que demandan el servicio, estimulando su participación.
- Abordar los problemas de una manera global, organizada y generará acciones oportunas para solventar los mismos.
- Preparar a la empresa ante los retos del futuro, ayudando a ordenar y priorizar las decisiones.

Así mismo, como resultados de las mesas de trabajo y panel de expertos se planteó necesario incluir para evaluar la sostenibilidad y desempeño ambiental, otros factores relacionados con la prestación del servicio, los cuales están referidos a lo siguiente:

- **Servicio al cliente.** Por ser una empresa prestadora de un servicio de alto impacto para las comunidades y usuarios en general, éste debe ser uno de **los ejes más importantes sobre los cuales formular el objetivo.**
- **Desarrollo del talento humano.** Constituye otro eje fundamental dentro de la formulación, para lo cual debe considerarse el clima organizacional, el ambiente laboral, el trabajo en equipo y la selección de personal idóneo, comprometido, capaz de enfrentar los desafíos de la empresa y del entorno, para así, alcanzar una óptima **calidad de vida laboral.**
- **Calidad, cantidad, continuidad y oportunidad del servicio.** Cumplimiento de las normas de calidad de agua, integrando las comunidades y municipios del estado Mérida en la prestación del servicio.

- **Rentabilidad y utilidad.** Incremento en los niveles de facturación y recaudación, bajo los principios de racionalidad en el gasto, legalidad, exactitud, sinceridad y transparencia en las operaciones.
- **Conservación del ambiente.** Programas de control de la contaminación de fuentes abastecedoras, uso eficiente del recurso y de las fuentes receptoras, entre otros.
- **Tecnología e innovación.** Plataforma tecnológica adaptada a las nuevas realidades de la empresa.
- **Responsabilidad social empresarial,** con los empleados de la hidrológica y la comunidad en general.
- **Imagen corporativa** reflejando la gestión de la empresa con comunidades, municipios del estado Mérida y el país.

1.3.3. Revisión y análisis detallado de metodologías existentes

Luego de analizar la situación actual del operador del servicio de agua, y conocer sus aspectos técnicos – operativos y su influencia en las dimensiones de la sostenibilidad (imagen 4.11). El equipo de trabajo que participa en la construcción del sistema de indicadores estratégicos y su agregación en un índice ambiental para la evaluación del desempeño y sostenibilidad de la empresa prestadora del servicio de agua potable; se abocó a revisar los principales marcos conceptuales que son la base fundamental para el diseño más grueso de la propuesta de indicadores estratégicos, así como de los principales enfoques metodológicos más usados en la actualidad expuestos en el capítulo 3.

1.3.4. Selección de metodología (s) a ser adoptada u adaptada

Esta actividad fué realizada bajo la modalidad “panel de expertos” en conjunto con el equipo de trabajo conformado, desarrollando un proceso iterativo y secuencial, que permitió identificar y analizar métodos e indicadores con datos directos (primarios) e indirectos (secundarios) a la prestación del servicio de agua potable y su interrelación con la condición ambiental de la fuente abastecedora de agua (imagen 4.11).

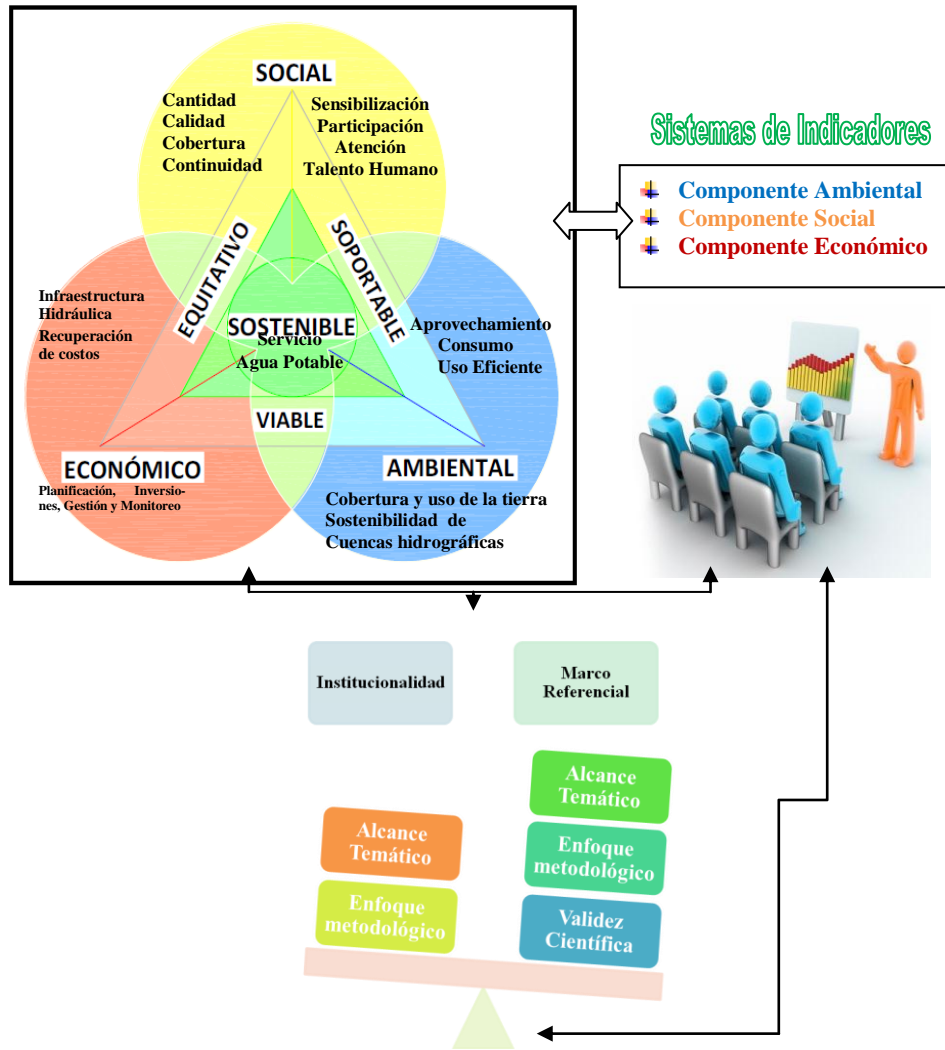
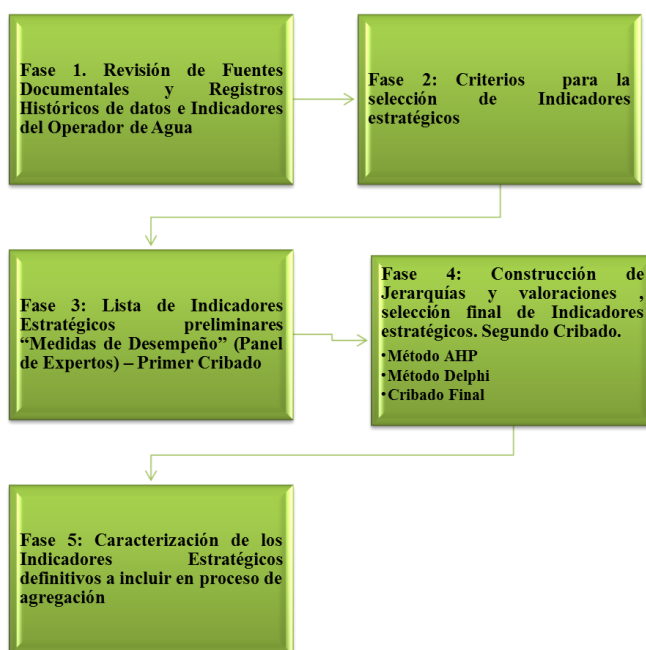


Imagen 4.11. Proceso iterativo de revisión, análisis y selección de metodologías y sistemas de indicadores

4.4.1.2. Etapa 2

La etapa de diseño y elaboración de indicadores comprendió **cinco fases**, que van desde la creación de un listado preliminar de indicadores hasta la caracterización del sistema definitivo de indicadores. Esta se organizó de forma secuencial, a fin de garantizar orden y transparencia en la organización y manejo de la información.



Fuente: adaptado de CEPAL, CONAGUA, CONAVEL, OCDE

Imagen 4.12. Flujograma general de la ruta metodológica etapa 2

2.1. Fase 1. Revisión de fuentes documentales y registros históricos del operador de agua

Esta actividad consistió en la recopilación y revisión de información que permitió conformar una base de datos en la empresa Aguas de Mérida C.A. del período 2000 -2015.

Esto como resultado de las entrevistas estructuradas y mesas de trabajo realizadas, donde se evidenció que cada área de la empresa basa sus actividades en grandes volúmenes de datos mensuales, y que parte de ellos, son consolidados en el plan operativo anual del área (POA), que luego, son consolidados por la unidad de planificación en el plan operativo general de la empresa; este además genera reportes trimestrales de indicadores y consolida los informes de gestión. Por tanto, se determinó que el operador de agua, cuenta con series de tiempo de diversos parámetros y variables, que resulta-

ron idóneas y pertinentes para esta investigación, sin embargo, los registros en algunos casos no son continuos; por lo que amerito realizar una selección minuciosa de datos estadísticamente válidos, consistentes y confiables, conformando una base de datos final de indicadores del período 2012 -2015.

2.2. Fase 2. Criterios y selección de indicadores estratégicos para la evaluación de la sostenibilidad y desempeño ambiental de los prestadores del servicio de agua potable en ámbitos urbanos

2.2.1. Generalidades y criterios

2.2.1.1. Generalidades.

Para la selección de indicadores se organizó y comparó las bases de datos existentes, relacionados con principales iniciativas de sistemas de indicadores ambientales de veinticinco (25) países en el mundo descritos en el capítulo 3, así como los sistemas de indicadores de gestión y de desempeño vinculados al sector agua potable y saneamiento de diferentes organizaciones mundiales e iniciativas de investigadores, como la AEMA, Benavides (2010), CONAGUA, Rojas (2010), Sandoval (2011), IBNET, OFWAT, IWA, ADERASA, IMTA, AWWA, ANEAS y las consideraciones estratégicas de la norma ISO 24500, CEPAL, OECD y CONEVAL.

Por tanto, la selección de indicadores estratégicos para la evaluación de la sostenibilidad y desempeño ambiental, se abordó tomando en cuenta el enfoque estratégico del investigador Benavides (2010), Rojas (2010) y de organizaciones mundiales como AEMA, CONAGUA, ISO 24500, IMTA y CONEVAL. Cada enfoque metodológico fue correlacionado directamente con los objetivos y acciones del plan de gestión operativo y el plan estratégico de la Empresa Aguas de Mérida C.A.; esto permitió realizar la integración de la información para conformar un sistema inicial de indicadores agrupado en los tres ejes de la sostenibilidad; todo ello, en busca de que se consolide una herramienta de evaluación que permita orientar las decisiones y motivar el cambio tan esperado por trabajadores y usuarios en su ámbito de responsabilidad.

Lo antes mencionado y tras los resultados obtenidos en las diversas mesas de trabajo y panel de expertos, se logró inferir que el sistema de indicadores a proponer, debe unir los comportamientos operativos a la nueva estrategia de la prestación de los servicios de agua potable y saneamiento (APS) y por otro lado, debe mostrar la situación actual, a fin de que se demuestre el cumplimiento de los objetivos establecidos y la aplicación de las políticas definidas en el plan estratégico (PEAM), modelo de gestión operativa del servicio (MGOS) y plan de fortalecimiento institucional (PFI). Esto debido a que la empresa Aguas de Mérida C.A., es un ente que recibe presiones de todas las partes interesadas, y que la única manera, de prosperar y llegar a cumplir con la visión y

misión institucional, es manteniendo un equilibrio entre todas las partes que tensionan a la organización, con el uso de las herramientas de planificación y gestión estratégica.

Por ello, se concluye que se debe establecer un sistema integrado, que incluya las dimensiones de la sostenibilidad, que permita la:

- Integración de la estrategia corporativa y la operativa, que elimine la brecha existente entre ambas estrategias.
- Integración de las actuaciones que realiza la empresa, para desarrollar sus procesos productivos (eficacia y eficiencia de los procesos de la prestación de los servicios de agua potable y saneamiento, gestión ambiental del recurso hídrico y desarrollo del talento humano, estos dos últimos, como ejes transversales de la organización).

Para hacer realidad esta integración, el sector agua potable y saneamiento (SAP) requiere de un elemento fundamental de gestión para la sostenibilidad y desempeño ambiental, que sea capaz de hacer posible esta integración, conformado por ***un sistema de indicadores estratégicos medibles, alcanzables, oportunos, confiables y relevantes; que permitan medir la gestión y el desempeño*** (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua [IMTA], 2011). En el caso de estudio, el panel de expertos, consideró pertinente incorporar los nueve modelos de gestión operativa de Aguas de Mérida C.A., de acuerdo con cada objetivo estratégico:

1. Uso eficiente del agua.
2. Eficiencia administrativa y salud financiera de los servicios de agua potable y saneamiento (SAPS).
3. Vidal útil restituida de los sistemas de agua potable (SAP).
4. Servicio de saneamiento implementado en sus tres componentes.
5. Comunidad y empresa involucradas en la prestación del servicio.
6. Talento humano altamente capacitado, motivado e involucrado en la prestación de los SAPS.
7. Gestión comercial moderna, justa y eficiente de la prestación de los SAPS.
8. Gestión gerencial que estimula y desarrolla la prestación oportuna y eficiente de los servicios de APS.
9. Gestión ambiental implementada en cuencas abastecedoras y receptoras de los servicios APS.

Todo ello, permite realizar la agregación de indicadores en un **Índice de Sostenibilidad y Desempeño Ambiental**, que aportará la información necesaria en todos los ámbitos de la empresa para la toma de decisiones oportunas y garantizará plenamente la transparencia de las acciones que se están realizando en todas las áreas de la empresa, mostrando la regularidad o no de las mismas en la aplicación del plan estratégico y el modelo de gestión operativa del servicio, así como la posibilidad cierta, de la sostenibilidad y sustentabilidad del servicio y el recurso hídrico. De esta forma, se consideró en

panel de expertos, se pueda contribuir a fortalecer procesos de la gestión del agua potable, para:

1. Encaminar al operador de agua en este caso Aguas de Mérida C.A., hacia una prestación ecoeficiente de los servicios de agua potable y saneamiento.
2. Que los arreglos institucionales sean eficientes, eficaces y estables.
3. Abrir caminos hacia la gobernabilidad y gobernanza del agua.
4. Disminuir las respuestas abruptas, del día a día en la prestación de los servicios.
5. Demostrar que las decisiones gerenciales apegadas al plan estratégico y al propio modelo de gestión responden a un engranaje institucional basado en la planificación operativa del servicio y no a respuestas compulsivas ante la necesidad de mejorar la prestación de los servicios.
6. Demostrar que el tener y aplicar un modelo de gestión basado en la planificación, puede estar perfectamente compatible con las propuestas políticas de los accionistas de Aguas de Mérida C.A.

Ante lo mencionado, se resalta, que existe una problemática reconocida por la empresa prestadora del servicio de agua potable, pero para iniciar su solución ya cuenta con una iniciativa consolidada en un plan estratégico, considerado como:

[...] una parte medular para llegar a resolver problemas, pero ahora corresponde definir los elementos, relaciones y pesos particulares, que establecen la estructura del problema, ya que la definición del problema no es estática, sino que evoluciona con el tiempo, la definición del problema es un proceso continuo, mientras no quede resuelto. (McDonough, 1963 citado por CO-NEVAL, 2010).

En este contexto, se destacan algunos preceptos técnico-administrativos establecidos por el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua [IMTA] en el año 2007 y 2011, que permiten establecer la participación y responsabilidad de todos los trabajadores que por área integran la empresa; fundamentándose en que estos ocupan puestos de trabajos según los niveles de mando jerárquicos de la organización, por lo que siempre tienen obligaciones y decisiones técnico – administrativas que van influir directa o indirectamente en la sostenibilidad y desempeño del operador de agua. Entre estos preceptos, se pueden mencionar los más comunes en el accionar de Aguas de Mérida C.A.:

- **Evitar** o prevenir riesgos y emergencias, o resolverlos si ocurre.
- **Mantener** la calidad del servicio, al menos al nivel en que el público está acostumbrado.
- **Mantener** monitoreo permanente de caudales y calidad de agua a nivel de fuente abastecedora.

- **Mantener** monitoreo y registros en los procesos de potabilización.
- **Vigilar** que los recursos económicos y humanos se usen eficaz y eficientemente.
- **Resolver** problemas evidentes (déficit en servicio, fugas, entre otros).
- **Lograr** mayores beneficios económicos (o al menos, menores pérdidas o costos).
- **Prever** y planear obras de expansión o rehabilitación.
- **Utilizar y conservar** en buenas condiciones las instalaciones y equipos.
- **Actualizar** el catastro de usuarios y redes, y otra información importante.

De acuerdo a lo antes expuesto y lo detallado en la revisión documental que conforman el estado del arte de la investigación, se evidencia que una empresa u operadora del servicio de agua potable y saneamiento, suele ser una organización muy compleja, con muchos subsistemas y áreas de responsabilidad, donde hay infinidad de proyectos y acciones que coexisten simultáneamente.

Ante esta complejidad, se concluyó que se debe tener presente en el proceso iterativo para elaborar la lista preliminar de indicadores estratégicos, que se integren a un modelo de análisis con sus respectivas matrices de parámetros de control y seguimiento, para la toma de decisiones oportunas en un ciclo dinámico y permanente (ver capítulo 3, imagen 3.2, p. 139).

Por tanto, inicialmente se acordó en mesa de trabajo (panel de expertos) realizada en el marco del proceso metodológico de la presente investigación, priorizar de acuerdo a los objetivos estratégicos de Aguas de Mérida C.A. incorporando los criterios, componentes y subcomponentes propuestos por Benavides (2010) y las normas ISO 24500 y 14001 que se describen en la sección 2.2.1.2. Para luego, a partir de allí, adaptar los criterios generales y subcriterios del nuevo modelo a proponer, de manera que concuerden con la nueva filosofía de gestión de la empresa (tabla 4.1; 4.2).

2.2.1.2. Criterios Metodológicos de estudios previos

a) Criterios adaptados de metodología propuesta por Benavides (2010).

En la metodología del Índice de Sostenibilidad de un Abastecimiento (ISA) propuesta por Benavides en el año 2010, se establecen criterios en las dimensiones de la sostenibilidad, que permiten orientar la selección de indicadores estratégicos para la evaluación del operador de agua sujeto a estudio, estos se describen a continuación:

Tabla 4.1. Criterios adaptados por Benavides (2010), para la selección de indicadores estratégicos

| Dimensión | Descripción del criterio |
|-----------|--|
| Económico | Recupera todos los costos invertidos, mediante tarifas justas, accesibles por equidad, y que a su vez, motiva en sus clientes el consumo racional. |
| | Las actividades de operación y mantenimiento, son plenamente subsidiadas por el consumidor a través del pago por consumo de agua, y le dan a la empresa, la oportunidad de aplicar una política de control activo de fugas, y tomar acciones para la mejora de la eficiencia en la conducción, almacenamiento, distribución y cobro. |
| | Desde la óptica financiera, le permite manejarse con buena liquidez |
| | Invierte en infraestructura moderna para el abastecimiento, facilitando cada vez más cumplir con las normativas de seguridad, calidad y cantidad, en espacio y tiempo. |
| | Mantiene capacitado a todo su personal, en todos los niveles de la empresa y cuenta con el suficiente equipamiento para el desempeño eficiente |
| Social | Incorpora aspectos que reflejen los beneficios de los seres humanos que se involucran al mismo, con el propósito de incrementar la calidad de vida de las familias que tienen acceso al servicio de agua. La organización, el confort y comodidad, la salud, participación y capacitación y la responsabilidad, son aspectos que con los procedimientos más adecuados crecerán paulatinamente para gestionar el sistema de forma sostenible. Este criterio coincide con lo planteado por Rojas (2010), en la metodología que evalúa la gobernabilidad y gobernanza del agua. |
| Ambiental | Se orienta a incorporar indicadores ambientales vinculados directamente a la fuente abastecedora de agua y su influencia altamente representativa en la prestación del servicio de agua potable, y en cuanto su magnitud , que ocasiona un cambio fácilmente observable, medible y cuantificable. Trasciende los indicadores tradicionales e incluye aspectos ambientales de las condiciones ambientales de la fuente abastecedora para el aprovechamiento eficiente del recurso. Además que promuevan el uso eficiente del agua. |

Fuente: Benavides (2010), Rojas (2010).

b. Criterios según las normas ISO 24500.

En cuanto a los criterios establecidos por la norma ISO 24500 a considerar para la selección de un sistema de indicadores; esta plantea un conjunto de objetivos principales para una entidad gestora de sistemas de abastecimiento de agua potable. Sin embargo, el operador de agua, deberá analizar esta recomendación y adaptarse a su propia realidad (Sandoval, 2011).

Estos objetivos estratégicos establecidos por la Asociación Internacional de Estándares [ISO], para entidades gestoras de abastecimiento de agua, se enuncian a continuación:

- **Objetivo 1: Protección de la salud pública.** Asegurar el abastecimiento de agua de forma segura y en buenas condiciones organolépticas para consumo humano y en cantidades compatibles con sus necesidades.

- **Objetivo 2: Satisfacción de las necesidades y expectativas de los usuarios.** Asegurar que la actividad satisface las necesidades y expectativas de los usuarios de forma racional.
- **Objetivo 3: Suministro del servicio en condiciones normales y de emergencia.** Asegurar el abastecimiento continuo de agua para consumo humano a todos los usuarios, en condiciones normales de funcionamiento, y a los consumidores críticos o áreas críticas, en situaciones de emergencia, así como restablecer el abastecimiento a la mayor brevedad posible en caso de interrupción.
- **Objetivo 4: Sostenibilidad de la entidad gestora.** Asegurar que el patrimonio infraestructural es conservado y tiene la capacidad suficiente para satisfacer las necesidades actuales y futuras de los usuarios.
- **Objetivo 5: Promover el desarrollo sostenible de la comunidad.** Contribuir al crecimiento y mejora de la calidad de vida de la comunidad, sin comprometer el uso de los recursos naturales para las generaciones futuras.
- **Objetivo 6: Protección del medio ambiente.** Minimizar los impactos ambientales adversos y mitigar los efectos negativos causados en el medio ambiente por la entidad gestora.

Para cada objetivo estratégico recomendado por la Asociación Internacional de Estándares [ISO], la norma establece que la entidad gestora, deberá definir los criterios de evaluación, medidas de desempeño y metas, de modo que sea posible su evaluación y seguimiento. Para ello, los define de la siguiente manera:

- **Criterios de evaluación o service assessment criteria.** Son aspectos o perspectivas relevantes que permiten evaluar el cumplimiento de los objetivos.

Para aplicar estos criterios de evaluación, es necesario definir medidas de evaluación del desempeño, lo más objetivas y cuantificables posibles.

- **Medidas de desempeño o performance measures.** Son los parámetros específicos utilizados para evaluar el desempeño, que luego asumirán la forma de indicadores, niveles o índices.

Ante lo antes mencionado, en mesa de trabajo con el personal experto vinculado a la planificación de la gestión, se estableció que los criterios para la selección de indicadores, será con base a la relevancia, en función de si se trata de un criterio relevante (R), moderadamente relevante (M) y muy relevante (MR). Esto permitió combinar ambos criterios de evaluación referidos anteriormente en los ítems a y b, partiendo de los nueve (09) objetivos estratégicos de Aguas de Mérida C.A. descritos en la sección 2.2.1.1; obteniendo como resultado lo siguiente:

Tabla 4.2. Criterios de evaluación basados en los objetivos estratégicos de Aguas de Mérida C.A.

| Dimensión sostenibilidad | Criterio de evaluación | | Objetivos Estratégicos | | | | | | | | |
|----------------------------------|--|---|------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| AMBIENTAL | Gestión Ambiental en cuencas abastecedoras y receptoras (protección al ambiente) | | MR | M | MR | MR | MR | MR | M | MR | MR |
| ECONOMICO SOCIAL AMBIENTAL | Eficiencia Total de la calidad del servicio | Ingeniería de producción y distribución | MR | MR | MR | | MR | MR | M | MR | M |
| | | Comercialización del servicio | MR | MR | MR | | MR | MR | MR | MR | |
| | | Desarrollo institucional | MR | MR | R | | MR | MR | MR | MR | M |
| SOCIAL | Gobernabilidad del Agua (Gobernanza+Legitimidad+Eficacia) | | MR | MR | MR | | MR | MR | M | MR | MR |

Legenda: muy relevante (MR); moderadamente relevante (M); relevante (R)

Con los resultados obtenidos en la tabla 4.2., en la fase 3, *se elabora la primera lista de indicadores estratégicos (medidas de desempeño)*, lo más objetiva y cuantificable posible, ya que serán los parámetros específicos que luego pueden asumir la forma de indicadores, niveles o índices en el modelo metodológico a proponer.

2.3. Fase 3. Lista de indicadores estratégicos preliminares (medidas de desempeño) para la evaluación de la sostenibilidad y desempeño ambiental

2.3.1. Generalidades

Para elaborar la lista preliminar de indicadores estratégicos, se realizaron cinco (05) mesas de trabajo con un representante de cada una de las 23 áreas del prestador del servicio. En esta mesa de trabajo ampliada junto al panel de expertos se consideró lo planteado por IMTA (2007): [...] «**para que una empresa de servicios públicos fun-**

cione adecuadamente, es indispensable que tenga algunos parámetros de control de calidad, claramente definidos y conocidos, si no por todo el personal, cuando menos por quienes estén en puestos clave del organismo». Por tanto, a partir de esta recomendación técnica y revisiones documentales de diversos autores de organizaciones internacionales como la CEPAL y OECD citados anteriormente, se inició el proceso de discusión y consenso, logrando establecer los siguientes criterios técnicos a considerar para la selección inicial de indicadores estratégicos:

1. Al definir y establecer los parámetros e índices de desempeño, debe considerarse que sirvan de base para agilizar la comunicación hacia niveles superiores.
2. Que los parámetros de control, deben ser fijos y haber sido propuestos y aceptados por un *grupo interdisciplinario*, buscando por un lado atender los aspectos más importantes y delicados de la misión y obligaciones de la institución, y por otro lado, los aspectos prácticos de cómo se medirá y procesará la información.
3. Que los parámetros seleccionados, pueden transformarse aritméticamente y simplificarse en *índices de control (generalmente adimensionales)*, que deben ser susceptibles de *monitoreo frecuente*, ya que su evaluación apoyará a los directivos de las diferentes áreas al *tomar decisiones* para cumplir sus funciones técnico-administrativas por lo que la transformación de esos parámetros en índices debe ser sencilla y su significado físico debe ser fácil de entender y manejar.
4. Deben permitir el **comparar**, sobre bases imparciales, el desempeño de una empresa contra sí misma en épocas anteriores, o contra logros de otras empresas similares.
5. Se debe definir la cantidad y frecuencia del monitoreo de datos puede variar según el nivel de quien requiere la información, sea de nivel operativo o nivel gerencial

Todo ello, permite construir el sistema de indicadores para la evaluación de la sostenibilidad y desempeño ambiental del prestador del servicio, sin embargo, adicionalmente para fortalecer estos criterios de selección, se integraron en el proceso de decisión las concepciones de la Asociación Internacional de Estándares [ISO], para evaluar el desempeño vinculadas con el servicio de agua potable, en este caso específico de estudio las normas ISO 24500 serie 24512 y las normas ISO 14001 serie 14031, destacándose lo siguiente:

2.3.1.1. Conceptos básicos de las normas ISO 24512.

De acuerdo con lo antes expuesto en la sección 2.2.1.2, estas normas establecen una serie de procedimientos que permiten analizar, verificar, evaluar y ajustar sistemáticamente los procesos que constituyen todas las actividades vinculadas con el servicio y los sistemas de abastecimiento de agua potable y agua residual, fundamentándose en criterios de calidad para el servicio e indicadores de desempeño (Sandoval, 2011). En vista de ello, en esta fase de investigación, se parte de estos tres conceptos básicos:

- **Indicadores de desempeño.** Son medidas cuantitativas de eficiencia o de eficacia de una actividad de la entidad gestora, resultante de una combinación algebraica de diversas variables. Pueden ser adimensionales. (por ejemplo, en %) o expresar una cantidad ($\text{€}/\text{m}^3$) y una extensión ($\text{m}/\text{año}$). Son calculadas usando información histórica.
- **Niveles de desempeño.** Son medidas de desempeño de naturaleza cualitativa, expresadas en categorías discretas (por ejemplo, excelente, bueno o insatisfactorio). En general, son adoptadas cuando no es viable calcular medidas cuantitativas.
- **Índice de desempeño.** Son medidas resultantes de la combinación de medidas de desempeño elementales (indicadores de desempeño o niveles de desempeño), o de la aplicación de instrumentos de análisis (por ejemplo, modelos de cálculo de la eficiencia).

2.3.1.2. Conceptos básicos de las normas ISO 14031.

Estas normas a pesar que no son el eje central de la investigación, son consideradas en esta fase de inicio de construcción de un modelo de evaluación de la sostenibilidad y desempeño ambiental de una empresa prestadora del servicio de agua potable; debido a que establece los procedimientos para el establecimiento de un sistema de gestión ambiental y por ende la evaluación del desempeño ambiental de una organización, para ello contempla a los indicadores de desempeño ambiental. Por lo que resulta de interés partir de sus conceptos básicos para ser aplicados al sector agua potable en conjunto con los criterios descritos en el ítem 2.3.1, específicamente a las empresas prestadoras u operadoras del servicio. Estos se describen a continuación:

- **Indicadores de desempeño ambiental (IDAs).** Son aquellos que resumen extensos datos ambientales en información clave significativa y comparable, a fin de presentar el comportamiento ambiental de una empresa de manera exhaustiva y cuantificable, y cumplen con diferentes funciones:
 - a) Ilustran mejoras ambientales.
 - b) Detectan potenciales de optimización y reducción.
 - c) Obtienen y persiguen metas ambientales.
 - d) Identifican oportunidades de mercado.
 - e) Evalúan comportamiento con otras empresas.
 - f) Proporcionan datos para la elaboración de informes.
 - g) Proporcionan datos de motivación.
 - h) Apoyan los sistemas de gestión ambiental (SGA).

Por tanto para lograr evaluar el desempeño ambiental, estos indicadores proveen información sobre el comportamiento de la organización con respecto al medio ambiente. Estos indicadores la norma los clasifica de la siguiente manera:

- **Indicadores del desempeño de gestión (IDGs):** política, gente, actividades de planeación, prácticas, procedimientos, decisiones y acciones en la organización.
- **Indicadores del desempeño operacional (IDOs):** entradas, entrada de suministros, diseño, instalación, operación y mantenimiento de instalaciones y equipos, salidas y su manejo de salida.
- **Indicadores de la condición ambiental (ICAs):** proveen información sobre las condiciones ambientales locales, regionales, nacionales o globales. Los **ICAs** permiten apoyar los **esfuerzos de la empresa** en materias tales como:
 - a) Establecer una línea base con respecto a la cual medir los cambios en el entorno, que puedan ser atribuibles a la empresa.
 - b) Determinar los cambios ambientales a través del tiempo, en relación a un programa ambiental de largo plazo.
 - c) Investigar posibles relaciones entre las condiciones ambientales y las actividades de la empresa.
 - d) Identificar medidas de mitigación.
 - e) Identificar y gestionar sus aspectos ambientales significativos.
 - f) Evaluar la pertinencia de los criterios de desempeño ambiental.
 - g) Seleccionar los indicadores de desempeño operacionales y de gestión.

Por lo antes mencionado, la Asociación Internacional de Estándares [ISO], señala que:

[...]este conjunto de indicadores, le proveen a la empresa un conocimiento exacto y claro de cómo se desempeña con respecto al medio ambiente; de esta manera puede identificar los efectos de sus actividades sobre la calidad del ambiente y podrá seleccionar indicadores de desempeño ambiental que tengan relación directa con las características del ambiente que se desean cautelar [...].

2.3.2. Establecimiento de medidas (indicadores) de desempeño (performance measures)

Para integrar los criterios de las normas ISO 24500 se desarrolló una matriz que especifica los parámetros que involucran a cada criterio de evaluación. Estos fueron determinados en panel de expertos con la participación de un representante de las 23 áreas del prestador del servicio, siendo utilizados más adelante para definir indicadores estratégicos para evaluar el desempeño, como base para la agregación del índice de sostenibilidad y desempeño. Al terminar el procedimiento se obtuvo como resultado **ochenta y cuatro (84) medidas de desempeño relevantes, moderadamente relevante a muy relevantes** (tabla 4.3, 4.4 y 4.5), distribuidas por dimensiones de la sostenibilidad: ambiental (19), social (15), económico-social-ambiental (50); estos resultados sirven de base en fase siguiente para seleccionar en panel de expertos, los indicadores estratégicos que se incorporaran al modelo metodológico por componente y subcomponente de

la prestación del servicio según lo propuesto por Benavides en el año 2010 de acuerdo a la condición propia de la empresa Aguas de Mérida C.A.

Tabla 4.3. Indicador de desempeño preliminar en la dimensión ambiental para los objetivos estratégicos de Aguas de Mérida C.A.

| Dimensión sostenibilidad | Criterio de evaluación | Medida/ indicador de desempeño |
|--------------------------|---|--|
| AMBIENTAL | Gestión ambiental en cuencas abastecedoras y receptoras (protección al ambiente) | <p>Estado:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Rendimiento hídrico de la cuenca ▪ Caudales en m³/s ▪ Variación de la cobertura y uso de la tierra. ▪ Calidad de agua en la fuente abastecedora. ▪ Porcentaje de usuarios que funcionan dentro de la cuenca abastecedora, que depuran sus vertidos y controlan sus desechos correctamente. <p>Presión:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Población total en el ámbito de responsabilidad de la empresa (P_{AR}). ▪ Población servida con agua potable en el ámbito de responsabilidad de la empresa (PSAPAR). ▪ Consumo promedio por habitante. ▪ Volumen de agua captada en fuente en m³ (VCF). ▪ Volumen de agua a la entrada del sistema de potabilización en m³ (VE). ▪ Volumen de agua a la entrada de la red de distribución en m³ (VER). ▪ Volumen de agua potable por habitante (lppd). ▪ Eficacia en agua potable producida. ▪ Porcentaje de lodos y desechos generados por el sistema de potabilización (filtros, floculadores y sedimentadores), que se vierten sin depuración a cuerpos receptores, por mes, por año. <p>Impacto:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Incremento en gastos de sustancias químicas para la potabilización del agua cruda. <p>Respuesta:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Porcentaje de información de las cuencas hidrográficas abastecedoras disponible en una base de datos informática – SIG. ▪ Porcentaje del ingreso total recaudado por venta de agua que se destina a adquisición y conservación de cuencas. ▪ Jornadas de reforestación. ▪ Actividades de educación ambiental. |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.4. Indicador de desempeño preliminar en la dimensión económico, social y ambiental para los objetivos estratégicos de Aguas de Mérida C.A.

| Dimensión sostenibilidad | Criterio de evaluación | | Medida/indicador de desempeño |
|----------------------------------|---|---|--|
| ECONÓMICO SOCIAL AMBIENTAL | Eficiencia Total de la calidad del servicio | Ingeniería de producción y distribución | Eficiencia física <ul style="list-style-type: none"> ▪ Volumen suministrado (Vol. suministrado). ▪ Volumen consumido u facturado (Vol. consumido) ▪ Volumen de fugas reparadas. ▪ Número de reparaciones en la red de distribución. ▪ Número de inspecciones acústicas a la red para control de fugas / año. ▪ Continuidad del servicio. ▪ Porcentaje de todos los habitantes que reciben servicio de agua potable por tubería continuo o no. ▪ Reclamos técnicos atendidos (RTA). ▪ Total de reclamos técnicos recibidos (RTR). ▪ Porcentaje de información del abastecimiento disponible en una base de datos informática – SIG. |
| | | | Eficiencia hidráulica <ul style="list-style-type: none"> ▪ Consumo unitario de los usuarios (l/hab/día). ▪ Dotación (l/hab/día). ▪ Continuidad del servicio de agua (horas/día). ▪ Déficit entre el caudal de agua disponible en la red y el caudal de agua requerido por los usuarios (\pm %). ▪ Presión media del agua en la red de distribución (Kg/cm^2). ▪ Porcentaje de información del abastecimiento disponible en una base de datos informática – SIG. |
| | | | Eficiencia energética <ul style="list-style-type: none"> ▪ Energía utilizada por los equipos de bombeo en un sistema de agua potable para producir el volumen total del agua suministrada a la red de distribución. |
| | | | Calidad de agua <ul style="list-style-type: none"> ▪ Número de muestras captadas en el efluente del sistema de potabilización, que cumplen con las normas de los parámetros organolépticos (NMNFQ). ▪ Número de muestras captadas en el efluente del sistema de potabilización, que cumplen con las normas en cuanto al cloro residual (NMNINOR). ▪ Número de muestras captadas en el efluente del sistema de potabilización, que cumplen con las normas en el aspecto microbiológico (NMNMB). |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.4. Indicador de desempeño preliminar en la dimensión económico, social y ambiental para los objetivos estratégicos de Aguas de Mérida C.A.

| Dimensión sostenibilidad | Criterio de evaluación | | Medida/indicador de desempeño |
|----------------------------------|---|-------------------------------|---|
| ECONÓMICO SOCIAL AMBIENTAL | Eficiencia Total de la calidad del servicio | Comercialización del Servicio | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Número de viviendas registradas (VR). ▪ Número de medidores leídos (NML) ▪ Número de suscriptores activos (TS). ▪ Volumen facturado residencial en m³ (VFR). ▪ Número de habitantes facturados (Nhf). ▪ Volumen de agua facturada medida residencial (VFMR). ▪ Número de habitantes con medidores leídos (Nhm). ▪ Porcentaje de agua cobrada correspondiente a la facturación del año, en relación al agua facturada en bolívares (Bs). ▪ Porcentaje de agua cobrada correspondiente a la facturación de años anteriores. ▪ Porcentaje de agua potable que la empresa deja de registrar en libros. ▪ Cantidad de habitantes facturados de acuerdo al número de viviendas incorporadas en el sistema comercial (incluye los multifamiliares como unidades de vivienda). ▪ Reclamos comerciales reportados en la oficina de la empresa (RCR). ▪ Reclamos comerciales resueltos (RCA). ▪ Porcentaje de información del catastro de usuarios disponible en una base de datos informática – SIG. |
| | | Desarrollo Institucional | <p>Eficiencia Eficacia</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Costos operativos y gastos administrativos. (CGT) ▪ Cantidad de agua en bolívares (Bs) facturada en un período determinado. ▪ Total cuentas por cobrar a suscriptores (CxC). ▪ Comportamiento de los gastos de personal. ▪ Personal por cada mil suscriptores (fijos + contratados). ▪ Solvencia general. ▪ Súper liquidez. ▪ Rentabilidad. ▪ Precio medio de venta del m³ de agua potable (Bs/m³). ▪ Recuperación de la facturación emitida durante un mes. ▪ Rotación de las cuentas por pagar. |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.5. Indicador de desempeño preliminar en la dimensión económico, social y ambiental para los objetivos estratégicos de Aguas de Mérida C.A.

| Dimensión sostenibilidad | Criterio de evaluación | | Medida/indicador de desempeño |
|---|--|---------------------------------|--|
| ECONOMICO SOCIAL AMBIENTAL | Eficiencia Total de la calidad del servicio | Desarrollo Institucional | Eficiencia, Eficacia, <ul style="list-style-type: none"> ▪ Número promedio de horas de capacitación invertidas en cada técnico de campo y miembros de planificación / año. ▪ Número promedio de horas de capacitación invertidas en cada administrador y coordinador del abastecimiento / año ▪ Tiempo, en minutos/mes, de campaña de concientización del consumo, radial o TV. ▪ Existe en ejecución un plan de marketing publicitario de la empresa, para promocionar el ahorro de agua y difusión pública de su actividad gestora. ▪ Infraestructura de atención al cliente organizada, equipada y cómoda. ▪ Número de proyectos formulados ▪ Número de proyectos en espera de recursos financieros. ▪ Número de obras en ejecución. ▪ Rehabilitaciones menores. ▪ Interacción con otras instituciones. |
| SOCIAL | Gobernabilidad del Agua (Gobernanza+Legitimidad+Eficacia) | | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Satisfacción de la continuidad del servicio de agua potable. ▪ Satisfacción de la calidad del agua. ▪ Satisfacción de atención al ciudadano. ▪ Aceptación social del ajuste tarifario. ▪ Densidad de reclamos. ▪ Cobertura de agua potable. ▪ Continuidad del servicio. ▪ Eficiencia del agua facturada (agua no contabilizada). ▪ Cobertura de medición. ▪ Rendición de cuentas (transparencia). ▪ Conflictividad organizacional. ▪ Grado de profesionalización. ▪ Permanencia gerencial. ▪ Estabilidad general del personal. ▪ Competitividad salarial. |

Fuente: Elaboración propia

2.3.3. Selección de indicadores estratégicos para la evaluación de la sostenibilidad y desempeño ambiental. Primer cribado

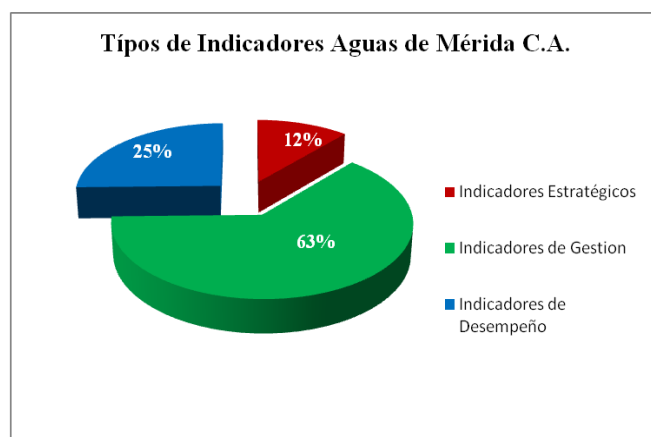
Para la selección de indicadores estratégicos en el primer cribado, se consideró previo análisis y discusión en mesa de trabajo con el equipo participante (un representante de cada área de la empresa + panel de expertos) continuar usando la técnica con base a la relevancia y los resultados obtenidos en la sección 2.3.2 que fueron consolidados en las tablas 4.3, 4.4 y 4.5. Este cribado inicial, consistió en un proceso iterativo, crítico y analítico, que fue dirigido a seleccionar los que en mesa de trabajo y panel de expertos se identificaron como muy relevantes (MR).

Todo ello, permitió que en el primer cribado se obtenga como resultado **una lista de setenta (70) indicadores** que se detallan en la tabla 4.6, 4.7 y 4.8; las cuales fueron agrupados por componente y subcomponente de la prestación del servicio de agua potable en el marco de las dimensiones de la sostenibilidad económico (24), social (21) y ambiental (25) según modelo propuesto por Benavides (2010).

Estos indicadores resultantes del primer cribado, corresponden a sistemas de indicadores compatibles con la empresa prestadora del servicio de agua potable considerada para el caso de estudio: Aguas de Mérida C.A.

Esta compatibilidad de los indicadores estratégicos, fué comprobada tras la ejecución de un proceso de verificación y clasificación de tipos de indicadores, que mantiene registrados Aguas de Mérida C.A., en los procesos mensuales de monitoreo del plan operativo anual (POA) – presupuesto, **que representa la actual y única herramienta de planificación de la Empresa**, además de los reportes trimestrales para el seguimiento que realiza el Superintendente Nacional del Servicio de Agua Potable (HIDROVEN C.A.) a todas las Empresas Hidrológicas del país (Aguas de Mérida C.A., 2015e).

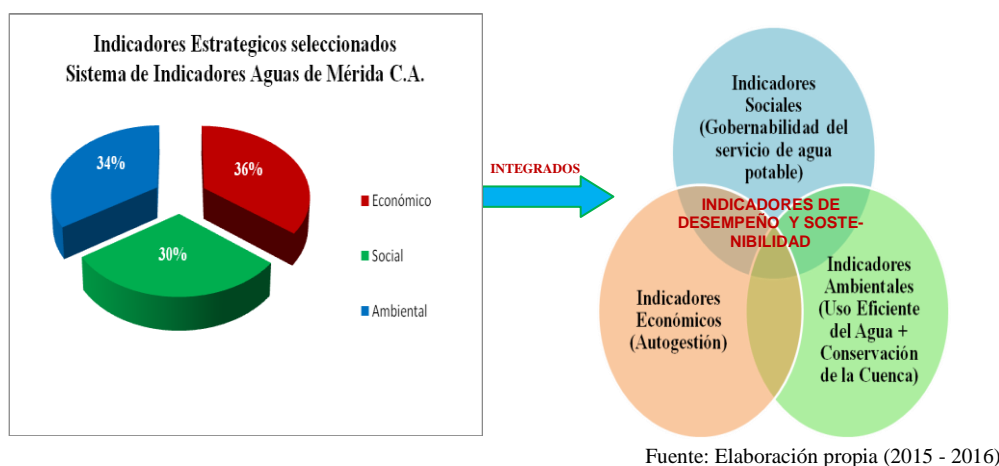
Como resultado de este proceso, se logra identificar y clasificar aquellos que son actividades propias de la organización y son expresados a través de indicadores de gestión (63%) y los de desempeño (25%); que en el caso de estudio son registrados de forma mensual en el instrumento denominado plan operativo anual (POA); y aquellos considerados indicadores estratégicos (12%), que se consolidan de forma anual para la rendición de cuentas a la máxima autoridad de la institución (Junta Directiva y Asamblea de Accionistas) y cierre del ejercicio fiscal del año correspondiente (imagen 4.13).



Fuente: Aguas de Mérida, C.A. (2015c; 2015e)

Imagen 4.13. Tipos de indicadores de Aguas de Mérida C.A.

Además, su compatibilidad fué ratificada al integrar los criterios de las normas ISO 24500 y los del autor Benavides (2010); ya que se logra conseguir facilitar al gestor de la organización, medir un aspecto en particular y que forme parte de la estructura de sostenibilidad del abastecimiento de agua a las poblaciones en ámbitos urbanos bajo la concepción de “uso eficiente del agua” en los procesos de gestión del agua potable; de tal modo, que una vez conocido su valor, refleje su estado y le permita orientar las acciones correctivas pertinentes (imagen 4.14).



Fuente: Elaboración propia (2015 - 2016)

Imagen 4.14. Indicadores estratégicos seleccionados de Aguas de Mérida C.A. Primer cribado

Tabla 4.6. Indicadores estratégicos del componente económico de la prestación del servicio de agua potable. Primer cribado

| Componente | Subcomponente | Indicador |
|--|---|--|
| ECONÓMICO | Autogestión | Índice de cobro |
| | | Índice de rentabilidad |
| | | Índice de solvencia general |
| | | Índice de súper liquidez (con recursos propios) |
| | Operación y mantenimiento | Índice de eficiencia física |
| | | Eficiencia física. |
| | | Eficiencia hidráulica: |
| | | ▪ Consumo unitario de los usuarios (l/hab/día) |
| | | ▪ Dotación (l/hab/día) |
| | | ▪ Continuidad del servicio de agua (horas/día) |
| | | ▪ Déficit entre el caudal de agua disponible en la red y el caudal de agua requerido por los usuarios (\pm %) |
| | ▪ Presión media del agua en la red de distribución (Kg/cm^2). | |
| | Estos Indicadores también conforman el componente social: satisfacción de la continuidad del servicio de agua potable. | |
| | % de información del abastecimiento disponible en una base de datos informática SIG. | |
| | Índices financieros | Precio medio de venta del m^3 de agua potable (Bs/m ³) |
| | | Índice de súper liquidez (con todas las fuentes de financiamiento) |
| | | Rotación de las cuentas por pagar |
| | | % de cobrabilidad del año |
| | | % de Recuperación de la deuda años anteriores |
| | | Comportamiento de los gastos de personal |
| | Otras acciones en la infraestructura del abastecimiento | Cobertura de viviendas |
| | | Cobertura de medidores leídos (CL) |
| | | % de m^3 facturados con medición (VM) |
| Número de proyectos formulados | | |
| Número de obras en ejecución | | |
| Rehabilitaciones menores | | |
| Efectividad en la atención de reclamos técnicos (EART) | | |
| % de tuberías renovadas o repuestas por año | | |
| Personal | Personal por cada mil suscriptores (fijos +contratados) | |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.7. Indicadores estratégicos del componente social de la prestación del servicio de agua potable. Primer cribado

| Componente | Subcomponente | Indicador |
|----------------------------------|---|---|
| SOCIAL | Operativo: Cantidad | Volumen de agua potable por habitantes (lppd) |
| | | Satisfacción de la continuidad del servicio de agua potable |
| | | Volumen promedio facturado por habitante (lppd) |
| | | % de Agua No Facturada |
| | Operativo: Calidad | Número de muestras captadas en el efluente del sistema de potabilización, que cumplen con las normas de los parámetros organolépticos (NMNFQ) |
| | | Número de muestras captadas en el efluente del sistema de potabilización, que cumplen con las normas en cuanto al cloro residual. (NMNINOR) |
| | | Número de muestras captadas en el efluente del sistema de potabilización, que cumplen con las normas en el aspecto microbiológico (NMNMB) |
| | | Satisfacción de la calidad del agua |
| | Operativo: Cobertura | Cobertura de agua potable |
| | Formativo: Capacitación a empleados. | Número promedio de horas de capacitación invertidas en cada técnico de campo y miembros de planificación/año |
| | | Número promedio de horas de capacitación invertidas en cada administrador y coordinador del abastecimiento/año |
| | | Tiempo total, en minutos, de campaña radial o TV/mes |
| | Comercial: Atención al cliente | Efectividad en la solución de reclamos comerciales (ESRC) |
| | | Aceptación social del ajuste tarifario |
| | | Se ejecuta un plan de marketing publicitario de la empresa, promoción al ahorro y difusión pública |
| | Gobernanza | Existe la infraestructura de atención al cliente organizada, equipada y cómoda |
| | | Rendición de cuentas (transparencia) |
| | | Conflictividad organizacional. |
| | | Grado de profesionalización. |
| | | Permanencia gerencial |
| Estabilidad general del personal | | |
| Competitividad salarial | | |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.8. Indicadores estratégicos del componente ambiental de la prestación del servicio de agua potable. Primer cribado

| Componente | Subcomponente | Indicador |
|------------|---|---|
| AMBIENTAL | Explotación/ Aprovechamiento del recurso hídrico | Volumen de agua en m ³ captada en fuente (VCF) |
| | | Volumen de agua en m ³ a la entrada del sistema de potabilización (VE) |
| | | Volumen de agua en m ³ a la entrada de la red de distribución (VER) |
| | | Existe estricto control legal y regulación efectiva de explotación de otros recursos y uso de suelo, en las cuencas fuente, por el gobierno local. |
| | Eficiencia | Cantidad promedio de consumo de agua por habitante por día |
| | | Volumen de agua potable por habitantes (lppd) |
| | | Consumo energético relativo del abastecimiento por mes |
| | | Eficacia en agua potable producida |
| | | Eficiencia en la conducción de agua cruda (%ECAC) |
| | | Eficiencia en la conducción de agua Potable (%ECAP) |
| | Contaminación ambiental | Porcentaje de lodos y desechos generados por el sistema de potabilización (filtros, floculadores y sedimentadores) que se vierten sin depuración a cuerpos receptores, por año |
| | | % de Agua Residual aportada sin tratamiento a las fuentes receptoras |
| | Conservación de la cuenca hidrográfica abastecedora y receptora | Estado: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Rendimiento hídrico de la cuenca hidrográfica. ▪ Caudales en m³/s ▪ Variación de la cobertura y uso de la tierra. ▪ Calidad de agua en la fuente abastecedora. ▪ Porcentaje de usuarios que funcionan dentro de la cuenca abastecedora, que depuran sus vertidos y controlan sus desechos correctamente |
| | | Presión: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Población total en el ámbito de responsabilidad de la empresa (P_{AR}) ▪ Población servida con agua potable en el ámbito de responsabilidad de la empresa (PSAPAR) |
| | | Impacto: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Incremento en gastos de sustancias químicas para la potabilización del agua cruda |
| | | Respuesta: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Porcentaje de información de las cuencas hidrográficas abastecedoras disponible en una base de datos informática – SIG. ▪ Porcentaje del ingreso total recaudado por venta de agua que se destina a adquisición y conservación de cuencas. ▪ Jornadas de reforestación ▪ Actividades de educación ambiental |

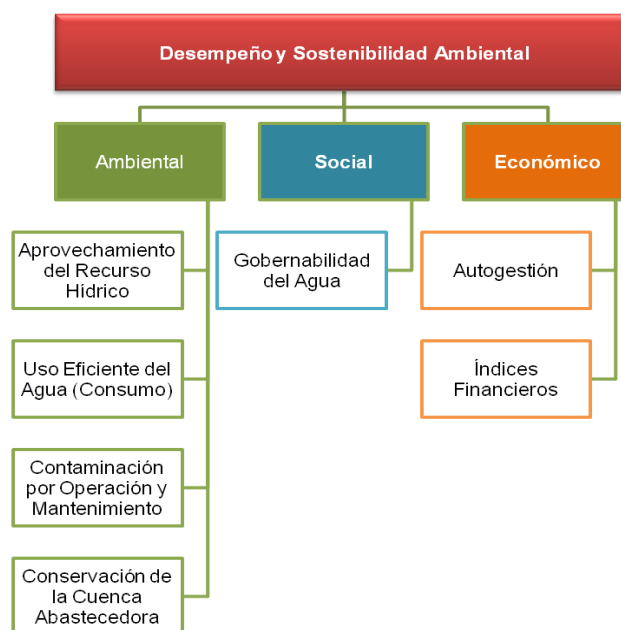
Fuente: Elaboración propia

2.4. Fase 4. Construcción de jerarquías y selección final de indicadores estratégicos para la evaluación del desempeño y sostenibilidad de las empresas prestadoras del servicio de agua potable. Segundo cribado

2.4.1. Construcción de jerarquías y valoraciones – Método AHP

Por lo antes expuesto y en busca de construir jerarquías y realizar la selección final de los indicadores estratégicos preseleccionados en el primer cribado, se aplica un proceso analítico jerárquico (AHP), que facilita la descomposición de estructuras complejas en sus componentes, ordenando estos componentes o variables en una estructura jerárquica, esto para lograr la obtención de valores numéricos para los juicios de preferencia y, finalmente se sintetiza para determinar qué variable tiene la más alta prioridad. Se basa en tres principios que fueron aplicados al caso de estudio de la siguiente manera:

- **Principio 1: Construcción de jerarquías.** Se partió de la lista de indicadores estratégicos seleccionados en el primer cribado y en análisis grupal en mesa de trabajo con la participación de un representante por área de la empresa (23) junto con el panel de expertos integrado por los especialistas de la Gerencia de Ingeniería y Operaciones, Gerencia de Administración y Finanzas, Gerencia Integral de Obras, y Presidencia a través de las unidades adscritas: Planificación, Imagen y Mercadeo, Desarrollo Comercial. Obteniendo la siguiente jerarquización:



Fuente: Elaboración propia (2015 - 2016)

Imagen 4.15. Jerarquías establecidas para el sistema de indicadores de desempeño y sostenibilidad de la prestación del servicio de agua potable

- **Principio 2:** *Establecimiento de prioridades u importancias*, para ello se aplica la escala de Saaty modificada.

Tabla 4.9. Escala Saaty modificada

| Intensidad | Definición | Explicación |
|------------|-------------------------|--|
| 1 | De igual importancia | Dos actividades contribuyen de igual forma al objetivo |
| 3 | Moderada importancia | La experiencia y el juicio favorecen levemente a una actividad sobre la otra |
| 5 | Importancia Fuerte | La experiencia y el juicio favorecen fuertemente a una actividad sobre la otra |
| 7 | Muy fuerte o demostrada | Una actividad es mucho más favorecida que la otra, su predominancia se demostró en la practica |
| 9 | Extrema | La evidencia que favorece una actividad sobre la otra es absoluta y totalmente clara |
| 2,4,6,8 | Valores intermedios | Cuando se necesita un compromiso de las partes entre valores adyacentes |
| Recíprocos | $a_{ij}=1/a_{ji}$ | Hipótesis del método |

Fuente: Saaty, 1997 citado por Ercole & Carignano, 2007)

En la aplicación de este principio, fue importante tener presente que a pesar de que se cuente con una escala para priorizar, es probable que si hay más de un experto responsable de realizar esta tarea, ocurra que no lleguen a un consenso sobre el grado de importancia de un criterio o alternativa respecto de otro. En estos casos se calcula la media geométrica de los juicios.

Para cumplir este principio, en panel de expertos se acordó establecer u determinar prioridades u importancias de la escala de Saaty modificada, fundamentada en los siguientes criterios generales enmarcados en la interrelación de los componentes de la prestación del servicio y las dimensiones de la sostenibilidad (tabla 4.10).

Tabla 4.10. Criterios para determinar prioridades de componentes de la sostenibilidad en la prestación del servicio de agua potable.

| Criterio | Descripción |
|-----------|--|
| Ambiental | El desempeño y sostenibilidad de la empresa prestadora del servicio de agua potable, <i>debe cumplir con los requerimientos técnicos-económicos- ambientales exigidos.</i> |
| Social | El desempeño y sostenibilidad de la empresa prestadora del servicio de agua potable, <i>traerá importantes beneficios sociales</i> , lo que convierte al proyecto en deseable socialmente y por ende logra la gobernabilidad del servicio. |
| Económico | <i>Cualquier decisión u intervención afectará</i> el desempeño y sostenibilidad del prestador del servicio. Se espera el menor impacto posible. |

Para ello, el proceso se sistematizó en la matriz de comparaciones a pares:

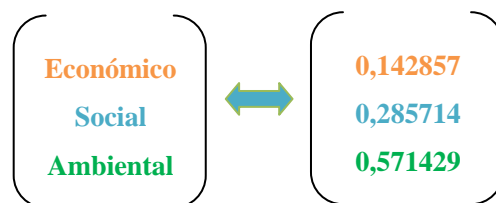
Tabla 4.11. Matriz para determinar prioridades u importancias por dimensión/componente que integran la prestación del servicio de agua potable para el abastecimiento a poblaciones en ámbitos urbanos

| Dimensión/Componente | Ambiental | Social | Económico |
|----------------------|-----------|--------|-----------|
| Ambiental | 4 | 2 | 1 |
| Social | 2 | 1 | 1/2 |
| Económico | 1 | 1/2 | 1/4 |

Tabla 4.12. Cálculo de pesos de las prioridades

| Dimensión/Componente | Ambiental | Social | Económico | Suma | Pesos |
|----------------------|-----------|--------|-----------|--------------|-----------------|
| Ambiental | 4 | 2 | 1 | 7 | 0,571429 |
| Social | 2 | 1 | 0.5 | 3.5 | 0,285714 |
| Económico | 1 | 0.5 | 0.25 | 1.75 | 0,142857 |
| Total | 7 | 3,5 | 1,75 | 12,25 | |

A partir de los resultados obtenidos consolidados en la tabla 4.12, se elaboró el vector de prioridades; este vector representa la importancia relativa de los criterios o subcriterios comparados en cada una de las matrices de comparaciones a pares y se ordenan de menor a mayor (imagen 4.16).



Fuente: Elaboración propia.

Imagen 4.16. Vector de prioridades de los componentes de la sostenibilidad en la prestación del servicio de agua potable

De los resultados obtenidos, se desprende que el **criterio ambiental**, tiene una importancia de un 57.14%, el **criterio social** un 28.57% y el **económico** un 14.28%, para el desempeño y sostenibilidad del prestador del servicio de agua potable (imagen 4.17).



Fuente: Elaboración propia.

Imagen 4.17. Primera valoración de los componentes de la sostenibilidad en la prestación del servicio de agua potable

▪ **Principio 3:** Consistencia lógica. Este se fundamenta en que los seres humanos tienen la capacidad de establecer relaciones entre los objetos o las ideas, de manera que sean consistentes. Por tanto, la consistencia «es el resultado de la relación entre el Índice de Consistencia y el Índice Aleatorio» (Saaty, 1997 citado por Ercole & Carignano, 2007).

Para establecer estas relaciones el autor Saaty, 1997 citado por Ercole & Carignano, 2007, señala que deben considerarse los siguientes criterios de decisión:

- El valor de esta proporción de consistencia no debe superar el 10%, para que sea evidencia de un juicio informado.
- Si ocurriera el caso de que la proporción de consistencia es mayor a 10%, entonces hay que volver a revisar los juicios ingresados en la matriz de comparaciones a pares y solucionar la inconsistencia (buscando consensos entre el o los agentes)

En este, sentido el autor antes citado define el **índice de consistencia** y el **índice aleatorio**:

▪ El índice de consistencia, «es una medida de la desviación de la consistencia de la matriz de comparaciones a pares» y para obtenerlo es a través del máximo valor propio de la matriz de comparaciones. Así mismo, destaca que en casos donde pueda existir inconsistencia en los juicios el valor propio tiende a ser mayor que el rango de la matriz.

$$CI = \frac{\lambda_{Max} - n}{n - 1} \quad \text{Ecu: 4.1}$$

Dónde: λ : es el máximo valor propio de la matriz de comparaciones a pares y n : es el número de criterios generales.

- **Índice Aleatorio**, «es el índice de consistencia de una matriz recíproca aleatoria, con recíprocos forzados, del mismo rango de escala de 1 hasta 9». Para ello, Saaty ya definió esta matriz (aunque puede ser calculada por uno mismo) la que sirve para hacer los cálculos de la proporción de consistencia.

| Tamaño de la Matriz | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---------------------|---|------|-----|------|------|------|------|------|------|
| Índice Aleatorio | 0 | 0.58 | 0.9 | 1.12 | 1.24 | 1.32 | 1.41 | 1.45 | 1.49 |

Por tanto, para cumplir con el proceso analítico jerárquico (AHP), se mide la inconsistencia global de los juicios mediante la proporción de consistencia mediante la ecuación 4.2.

$$\text{Proporción de Consistencia} = \text{Índice de Consistencia} / \text{Índice Aleatorio} \quad \text{Ecu: 4.2}$$

En este sentido, se calculó de de valor propio e índice de consistencia (CI):

$$\lambda_{max} = (7 \quad 3.5 \quad 1.75) * \begin{pmatrix} 0.143 \\ 0.285 \\ 0.572 \end{pmatrix}$$

$$\lambda_{max=3} \longrightarrow CI = \frac{\lambda_{Max} - n}{n - 1} = 0 \quad \text{Ecu: 4.3}$$

La Proporción de Consistencia de la matriz de comparaciones:

$$RC = \frac{CI}{RI} = \frac{0}{0.58} = 0 \quad \boxed{RC < 0.1} \quad \text{Ecu: 4.4}$$

El resultado obtenido tras la aplicación de la Ecu: 4.4, evidencia que existió en el proceso analítico un juicio informado con una relación de consistencia menor a 0.1, por lo tanto no es necesario reevaluar los juicios expresados en la matriz de comparaciones.

2.4.2. Construcción de jerarquías y valoraciones – Método Delphi

A pesar de la aplicación y resultados obtenidos en el proceso analítico jerárquico (AHP) y en vista de la complejidad de variables, se aplicó un segundo método denominado Delphi, en busca del consenso del panel de expertos y los integrantes de las mesas de trabajo (personal técnico experto (23) de cada área de la empresa).

Para dar inicio a la aplicación del mismo, se consideró para la nueva propuesta metodológica reclasificar lo propuesto por Benavides (2010) referido al agrupamiento de indicadores por componentes y subcomponentes de la prestación del servicio de agua potable y denominarlo en este nuevo modelo como: ***criterios y subcriterios de la prestación del servicio de agua potable, establecidos en cada dimensión de la sostenibilidad.***

Esto permitió, que el análisis continuará de los resultados de la valoración de los criterios generales (ambiental: 57.14%, social: 28.57% y el económico: 14.7%) del método anterior y así lograr reagrupar indicadores, parámetros u variables que conforman los subcriterios; todo esto implicó, realizar nuevamente las valoraciones correspondientes. Además en esta sección, se incorporan cinco (05) indicadores cualitativos (ver tabla 3.3 del capítulo 3) con su respectiva normalización, que ya han sido validados en el estudio doctoral de Benavides (2010); esto justificado en que ya sus valores se ajustan a las escalas de valoraciones a la curva de conversión correspondiente. Por tanto, el panel de expertos aprobó que estos fueran adaptados al contexto del caso de estudio mediante entrevistas semi estructuradas realizada a 118 trabajadores de empresas hidrológicas, ya indicadas anteriormente (ver ficha del indicador estratégico), además se incluyó la pregunta:

¿Según su experiencia y conocimiento, ¿Cuánto peso tiene este indicador respecto del total para alcanzar el desempeño y la sostenibilidad de la empresa prestadora del servicio de agua potable?

Para ello, se consideró y empleó la escala de valoraciones propuesta por Benavides (2010):



Fuente: Benavides (2010)

Imagen 4.18. Escalas de valoraciones de indicadores y ejemplo de curvas de conversión para indicadores cualitativos de Benavides.

Como resultado de la aplicación del método de Delphi y las diversas iteraciones, se logró en consenso jerarquizar, valorar y validar en panel de expertos los criterios generales y los subcriterios según el aporte o contribución en las dimensiones de la sostenibilidad, para que en conjunto puedan medirse para determinar el desempeño y sostenibilidad de las empresas prestadoras del servicio de agua potable (imagen 4.19).

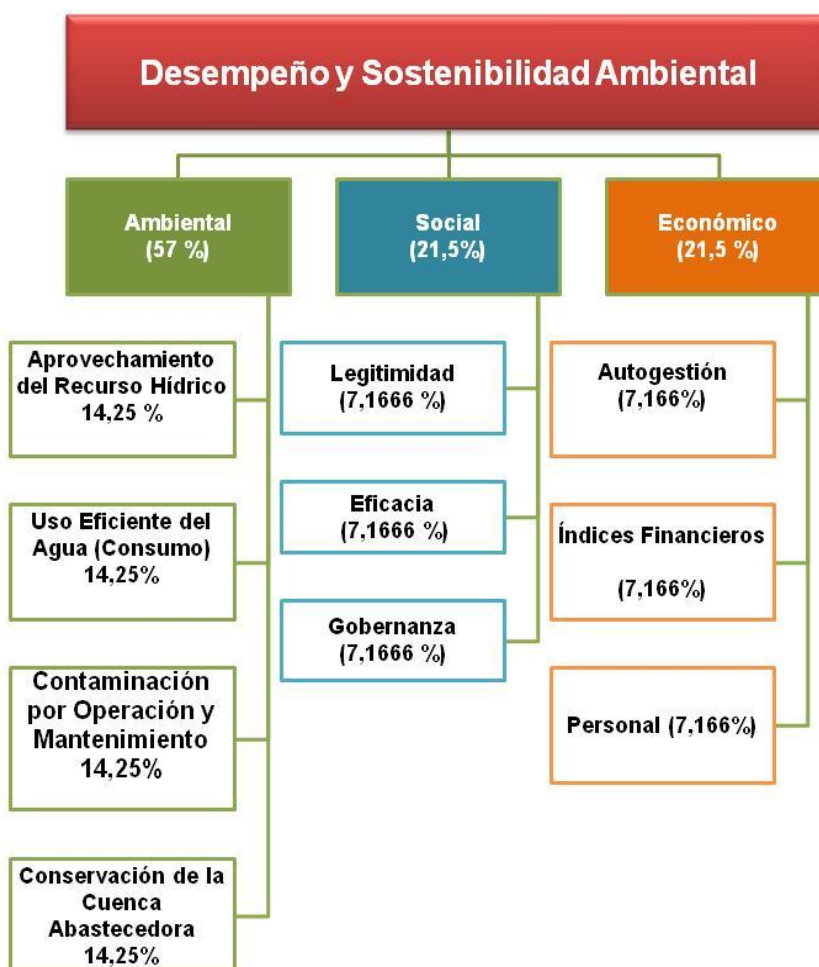
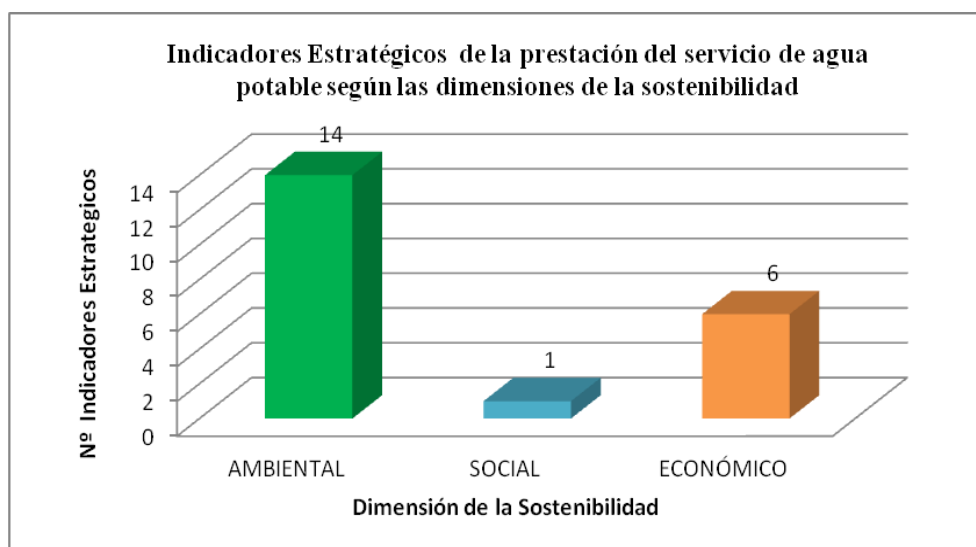


Imagen 4.19. Jerarquía final de los criterios generales para el sistema de indicadores de desempeño y sostenibilidad de la prestación del servicio de agua potable

Los resultados obtenidos expuestos en la imagen 4.19, están referidos al agrupamiento de los indicadores estratégicos según las dimensiones de la sostenibilidad y su importancia ponderada indican que el criterio general **Ambiental**, tiene una importancia de un **57%** debido a que el uso eficiente del agua en los procesos de gestión del agua potable es indispensable; el criterio **Social** un **21.5%** que cuenta con un índice global que lo integran 13 parámetros que influye en la gobernabilidad del agua potable y el **Económico** con un **21,5%**, donde cualquier decisión u intervención en este ámbito afectará el desempeño y sostenibilidad del prestador del servicio. *Esto representa una aportación innovadora que permite desarrollar un modelo flexible para evaluar el desempeño y sostenibilidad de un prestador del servicio de agua potable en ámbitos urbanos, al incorporar la dimensión ambiental como eje transversal de la prestación del servicio, que rompe con la visión tradicional de los parámetros cobertura, calidad, cantidad, continuidad y oportunidad.*

Por tanto, cada criterio general y subcriterio de la prestación del servicio de agua potable (imagen 4.20, 4.21 y 4.22), está integrado por indicadores estratégicos, que se distribuyen por las dimensiones de la sostenibilidad de la siguiente manera:



Fuente: Elaboración propia (2015 - 2016)

Imagen 4.20. Número de indicadores estratégicos definitivos según las dimensiones de la sostenibilidad

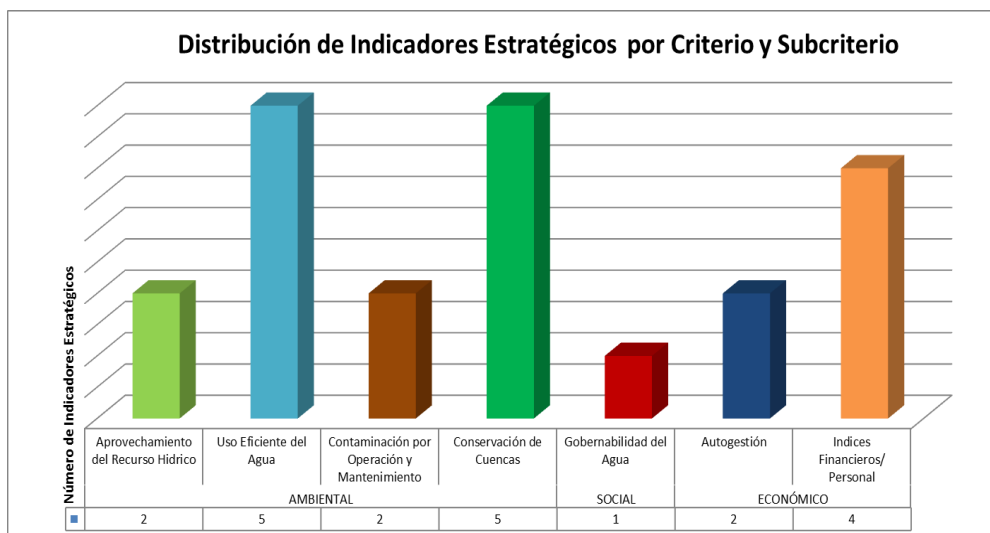


Imagen 4.21. Distribución de indicadores estratégicos definitivos según las dimensiones de la sostenibilidad (criterio general) y subcriterios para el desempeño y sostenibilidad de la prestación del servicio de agua potable

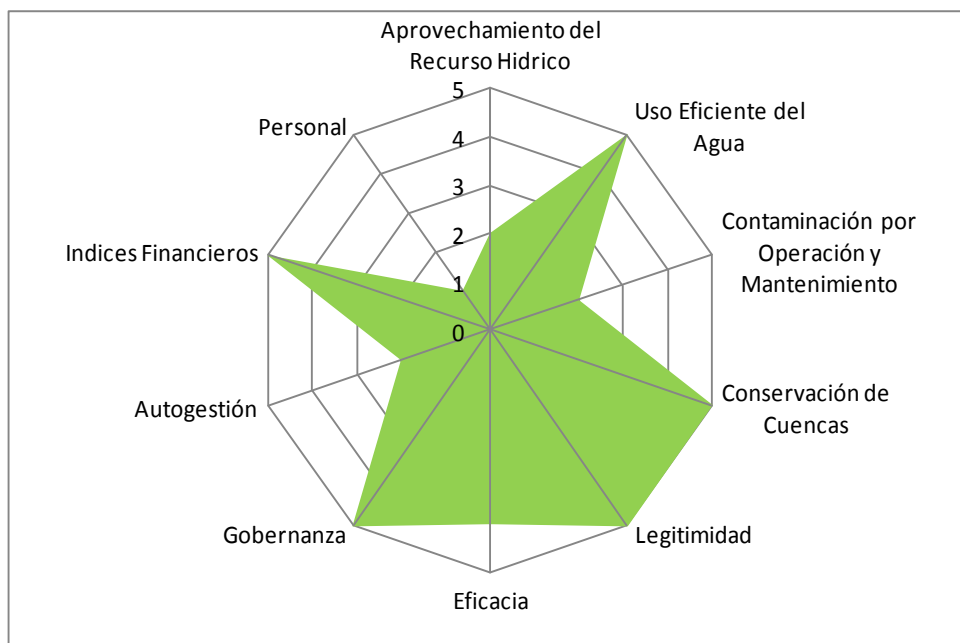
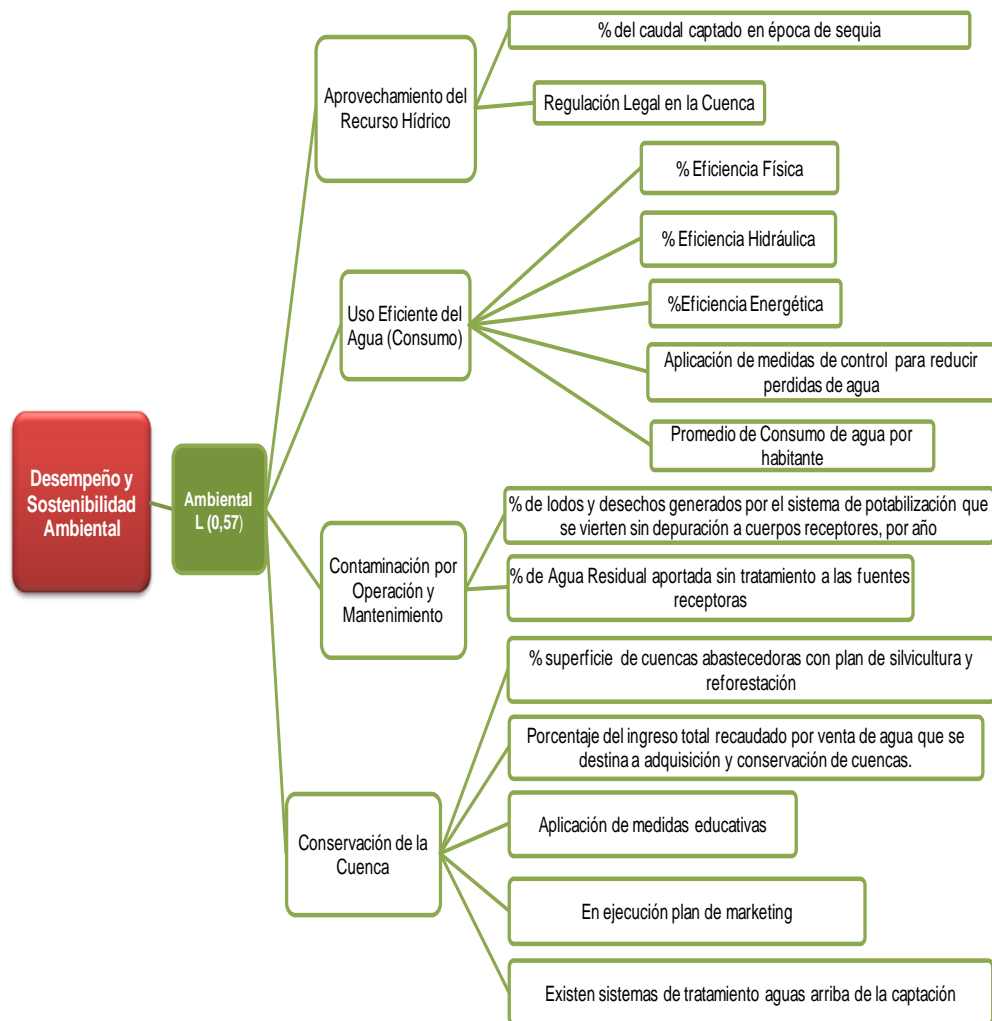


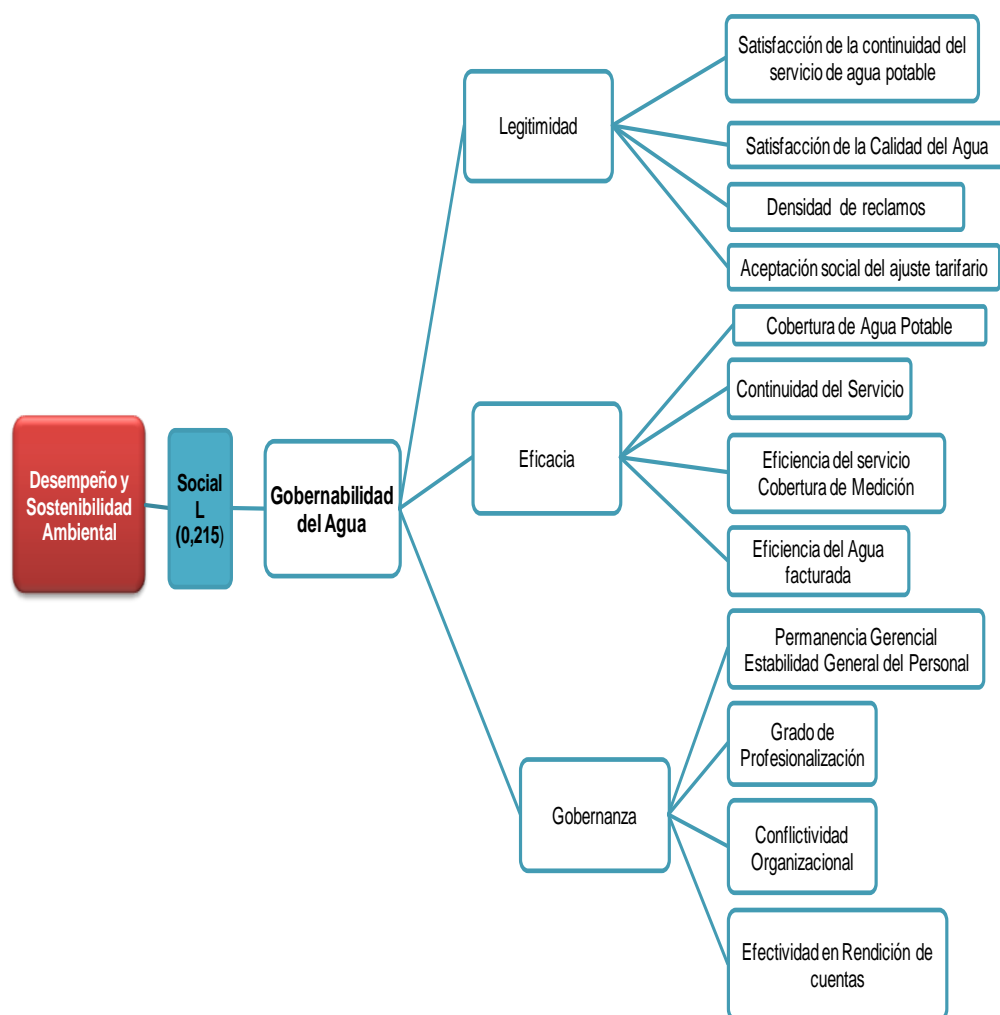
Imagen 4.22. Aspectos (subcriterios) del servicio de agua potable según las dimensiones de la sostenibilidad

Todo el proceso descrito, permitió elaborar una segunda lista de los indicadores estratégicos, que conformaran el **Sistema de Indicadores para la Evaluación del Desempeño y sostenibilidad (SIEDSA)**, en cual se agrupan en el marco de las dimensiones de la sostenibilidad para la prestación del servicio de agua potable (imagen 4.23; 4.24 y 4.25).



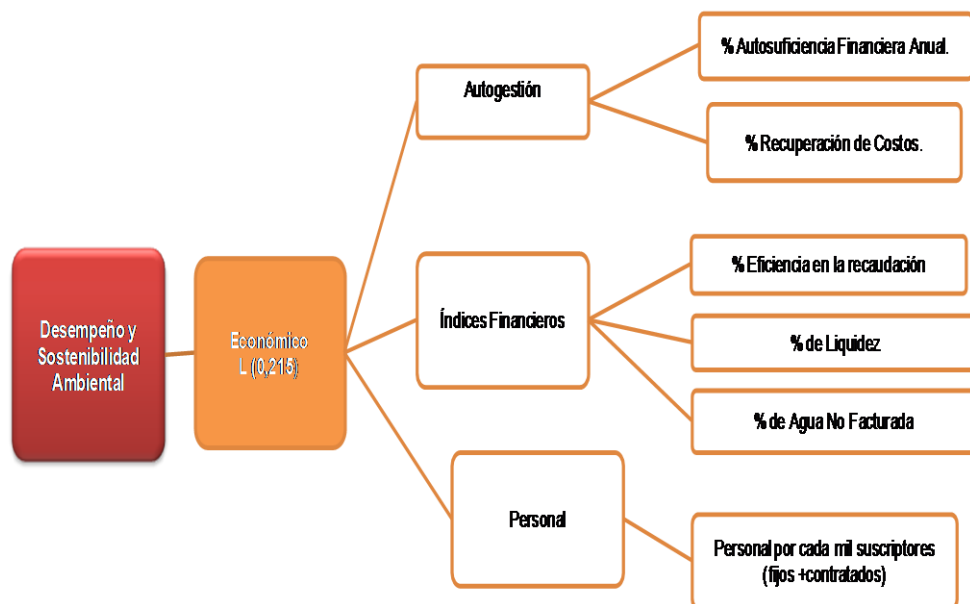
Fuente: Elaboración propia (2015 - 2016)

Imagen 4.23. Indicadores Estratégicos “criterio general ambiental” para el sistema de indicadores de desempeño y sostenibilidad



Fuente: Elaboración propia (2015 - 2016)

Imagen 4.24. Indicadores estratégicos “criterio general social” para el sistema de indicadores de desempeño y sostenibilidad



Fuente: Elaboración propia (2015 - 2016)

Imagen 4.25. Indicadores estratégicos “criterio general económico” para el sistema de indicadores de desempeño y sostenibilidad

2.4.3. Cribado final de los indicadores estratégicos

Al culminar el segundo proceso de iteración especificado en la sección anterior, se realizó un proceso de revalidación “tercera iteración” de la segunda lista de indicadores estratégicos, donde se efectuó nuevamente un análisis exploratorio en mesa de trabajo en conjunto con el panel de expertos para finalizar el cribado de indicadores.

En esta fase se evaluó, si efectivamente los datos corresponden con la información seleccionada, partiendo de las siguientes consideraciones:

- En la lista de indicadores, aún están presente parámetros u variables que le aporten datos básicos a un indicador.
- Si pueden unificarse algunos indicadores propuestos o definir otros que los agrupen y tengan validez científica.

- c. En vista que los indicadores a integrar por lo general están normalmente cuantificados en diferentes unidades de medida, para poder compararlos de forma apropiada y realizar operaciones aritméticas entre ellos, se hace necesario que este conjunto de indicadores esté expresado en una unidad homogénea; por lo que se debe verificar si cuenta con un proceso de normalización o si se debe aplicarse alguna técnica de normalización que permita su transformación y se cuenten con indicadores normalizados adimensionales, tomando valores en el intervalo [0,1]; ya que es una necesidad previa a cualquier proceso de agregación (Freudenberg, 2003).

Para ello, se consideró profundizar la revisión documental de cada indicador de la lista y el criterio de selección final, la cual se centró en que cuenten con validez científica y sea comprensible, comparable, predictivo, relevante con fiabilidad; además que cuenten con un proceso de normalización de datos definido.

En este caso se unificaron variables y se constituyeron indicadores más robustos basados en la experiencia del autor Benavides (2010); en este sentido, se corroboró que los indicadores seleccionados de forma definitiva cuenta con un proceso de normalización establecida, que permite evitar los efectos de escala, posibilitando la correcta agregación de los indicadores de base considerados para la evaluación del desempeño y sostenibilidad en las empresas prestadoras del servicio de agua potable en ámbitos urbanos.

Estos criterios técnicos se plantearon, debido a que esta investigación parte de combinar metodologías e indicadores existentes explicadas en el capítulo 3 para construir el **Sistema de indicadores para la evaluación del desempeño y sostenibilidad (SIEDSA) de la prestación del servicio de agua potable**, dando como resultado la selección de veintiuno (21) indicadores estratégicos, que cuentan con parámetros verificables, robustos y normalizables con la técnica de re-escalamiento (valores 0 ,1) cuyas ecuaciones o Factor de Conversión o calidad (FC), ya han sido validados científicamente y aplicados a otros casos de estudios y de esta manera garantizar que estos indicadores finales (tabla 4.13), estén en concordancia con las ideas que dieron lugar a su elección, y que sean representativos con validez científica para su agregación, permitiendo concretar el **índice del desempeño y sostenibilidad de la prestación del servicio de agua potable (IDSAAP)**.

Tabla 4.13. Indicadores estratégicos definitivos que conformaran el sistema de indicadores para la evaluación del desempeño y sostenibilidad (SIEDSA) en la gestión del agua potable de las empresas prestadoras del servicio de agua potable en ámbitos urbanos

| Criterio general | Subcriterio | Nº | Indicador estratégico | |
|------------------|---|---|---|------------------|
| AMBIENTAL | Aprovechamiento del recurso Hídrico | 1 | % de caudal de agua captada para el abastecimiento en épocas de sequía | |
| | | 2 | Existe control legal y regulación efectiva de explotación de otros recursos y uso de suelo, en las cuencas fuente, por las Autoridades Ambientales | |
| | Uso eficiente del agua | 3 | Porcentaje de eficiencia física en el período de evaluación | |
| | | 4 | Eficiencia hidráulica en el aprovechamiento del recurso hídrico en el periodo de evaluación. | |
| | | 5 | Aplicación de medidas de control para reducción de pérdidas de agua en el sistema de acueducto. | |
| | | 6 | Eficiencia energética | |
| | | 7 | Promedio de consumo por habitante día | |
| | Contaminación por operación y mantenimiento | 8 | Porcentaje de lodos y desechos generados por el sistema de potabilización (filtros, floculadores y sedimentadores) que se vierten sin depuración a cuerpos receptores, por año | |
| | | 9 | Existen sistemas de recolección y tratamiento de aguas servidas para los vertidos de la ciudad al cuerpo receptor. | |
| | Conservación de cuencas | 10 | Porcentaje de superficie de la o las cuencas tributarias que tienen en marcha un plan anual de silvicultura y reforestación, gestionado o coordinado directamente por la empresa operadora del sistema. | |
| | | 11 | Aplicación de medidas educativos para el uso eficiente y conservación del agua a usuarios del sistema de acueducto | |
| | | 12 | Ingreso recaudado por venta de agua que se destina a conservación de cuencas por año | |
| | | 13 | Existe en ejecución un plan de marketing publicitario de la empresa, para promocionar el ahorro de agua y difusión pública de su actividad gestora. | |
| | | 14 | Existen sistemas de tratamientos de aguas servidas para los vertidos aguas arriba de la captación del sistema de acueducto urbano | |
| SOCIAL | Gobernabilidad del agua | 15 | Índice de Gobernabilidad | 15.1.Legitimidad |
| | | | | 15.2.Eficacia |
| | | | | 15.3.Gobernanza |
| ECONÓMICO | Autogestión | 16 | Porcentaje de autosuficiencia financiera anual | |
| | | 17 | Porcentaje de recuperación de costos, mediante cobro de facturación por año | |
| | Índices financieros | 18 | Porcentaje de agua no facturada por año | |
| | | 19 | Porcentaje de liquidez | |
| | 20 | Porcentaje de eficiencia en recaudación anual | | |
| Personal | 21 | Número de empleados por cada 10000 suscriptores | | |

Tras los resultados obtenidos, es de interés resaltar que este proceso grupal de iteración fué compleja y rompió paradigmas en los pilares de la prestación del servicio de agua potable, que trajo como efecto responder una de las hipótesis planteadas en la presente investigación, logrando la integración de los parámetros o pilares de la prestación del servicio de agua potable en las dimensiones de la sostenibilidad, y así se trascienda y se redimensione la visión de que sólo el acceso al agua potable es medido a través de la cobertura de agua potable y saneamiento. Es, además, una referencia útil de gestión del servicio y para el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible y del Milenio, en el caso de estudio vinculado al séptimo objetivo (ODM7) “Garantizar la sostenibilidad del medio ambiente”, **meta 10**: Reducir a la mitad para el año 2015, el porcentaje de personas que carezcan de acceso a agua potable y a servicios básicos de saneamiento y al sexto objetivo (ODS6) “Agua limpia y segura”.

Es de resaltar, que en esta investigación versa sólo en torno a una parte del ciclo urbano del agua “Abastecimiento de agua potable a las poblaciones en ámbitos urbanos”.

2.5. Fase 5: Caracterización de los indicadores estratégicos definitivos a incluir en el proceso de agregación

Al culminar el proceso de selección de indicadores estratégicos que conformaran el **sistema de indicadores para la evaluación del desempeño y sostenibilidad (SIEDSA)**, se elaboró una matriz de caracterización de los indicadores estratégicos definitivos, como fase previa al proceso de agregación, pero para ello, previamente en el capítulo 3, se presentaron las características generales de cada uno de ellos siendo incorporada su respectiva normalización con re – escalamiento, que permite uniformizar la escala en valores de 0 y 1; ya que esto garantiza que los indicadores cuenten con validez científica, robustez, coherencia conceptual, operacional y utilidad.

Adicionalmente, en este capítulo a decisión y en consenso por el panel de expertos se incorporan indicadores cualitativos, esto a pesar que para la comunidad científica pudiese representar un aspecto de subjetividad, sin embargo, se hace necesario en vista de las limitaciones de medición de los operadores de agua en Latinoamérica; además esta decisión parte de que estos indicadores que propone el autor, ya cuentan con re escalamiento de valores 0, 1 y han sido validados por Benavides (2010) en su tesis doctoral y aplicada en caso práctico en el Ecuador. De esta manera, se tiene la garantía en el proceso de agregación para construir el indicador sintético, porque al realizar el cálculo correspondiente, los resultados ya estarán normalizados. Todo ello, en busca de una aproximación de modelo flexible que permita la evaluación del desempeño y sostenibilidad y que pueda mejorarse en el tiempo a medida que el operador cuente con mediciones confiables y continuas en el marco de la eficiencia total propuesta por CONAGUA. Como resultado de esta fase, se consolidan fichas técnicas de los 21 indicadores estratégicos con un basamento teórico –práctico, que fue verificado y validado en

la mesa de trabajo en conjunto con el panel de expertos por contar con experiencia y especialidad académica en el área.

Tabla 4.14. Indicadores estratégicos que conformaran el criterio general ambiental en el sistema de indicadores de desempeño y sostenibilidad (Subcriterio: Aprovechamiento hídrico)

| Criterio general: Ambiental | | | | | |
|---|---|---|----------------|--|------------------|
| Subcriterio: Aprovechamiento del recurso hídrico | | | | | |
| Nombre del indicador | Parámetros | Fórmula de cálculo | Tipo | Interpretación | Años de medición |
| % de caudal de agua captada para el abastecimiento en épocas de sequía | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Volumen de agua captada en fuente (VCF) (m³) en época de sequía. ▪ Volumen de agua disponible en fuente en m³ (rendimiento hídrico) en época de sequía | $\frac{\text{Cantidad de m}^3 \text{ de agua captada}}{\text{Cantidad de m}^3 \text{ de agua disponible}} \times 100$ | Presión | Permite evaluar si el operador está incurriendo en una sobreexplotación del recurso hídrico disponible en la cuenca abastecedora | 15 años |
| Función de Conversión para la normalización (0, 1) | | | | | |
| $FC_{Q_{ECO}} = 2,77 E^{-3} \times (Q_{ECO})^2 - 4,93 E^{-1} \times (Q_{ECO}) + 21,932$ | | | | | |
| | | | | | |

Tabla 4.15. Indicadores estratégicos que conformaran el criterio general ambiental en el sistema de indicadores de desempeño y sostenibilidad (Subcriterio: Aprovechamiento hídrico)

| Criterio general: Ambiental | | | | | |
|---|---|--|------------------|--|--|
| Subcriterio: Aprovechamiento del recurso hídrico | | | | | |
| Nombre del indicador | Parámetros | Fórmula de cálculo | Tipo | Interpretación | Años de medición |
| <p>Existe control legal y regulación efectiva de explotación de otros recursos y uso de suelo, en las cuencas fuente, por las Autoridades Ambientales</p> <p>Tipo: Cualitativo, con re escalamiento grafico validado por Benavides (2010) para su agregación según escala de valoración ya indicada.</p> | <p>Se fundamenta en las respuestas del panel de expertos (Si, No, Mejorable) tras el análisis del estado de la Cuenca Hidrográfica Abastecedora basa en el modelo FPEIR y determinación de Unidades Ambientales bajo la metodología de Gómez Orea (1994;2001)</p> | <p>Pregunta Generadora: <i>¿Existe Control legal y efectiva para el aprovechamiento de los recursos naturales en cuencas hidrográficas abastecedoras?</i></p> <p>aplicada en entrevista a 118 trabajadores de los 185 empleados de todas las áreas operativas y administrativas. Cuyos resultados indican 95% Mejorable, 3% Si y 2% No. En este caso la respuesta Mejorable se ubica en el eje de la abscisas (posición horizontal) y luego el factor de calidad se ubica en las ordenadas (posición vertical) el cruce de ambos permite conocer el FC=0,40.</p> | RESPUESTA | <p>Permite evaluar si el operador cuenta con vigilancia y control de sus actividades y si la Autoridad de competencia tiene regulación y control en la fuente abastecedora ya que esto influye en la calidad de agua cruda que el operador capta para transformarla en agua potable y esta influye en los gastos en sustancias químicas para el tratamiento.</p> | <p>Período de estudio</p> <p>2012 - 2015</p> |
| <p>Función de Conversión para la normalización (0, 1)</p> | | | | | |
| | | | | | |

Tabla 4.16. Indicadores estratégicos que conformaran el criterio general ambiental en el sistema de indicadores de desempeño y sostenibilidad (Subcriterio: Uso eficiente del agua)

| Criterio general: Ambiental | | | | | |
|--|--|---|---------------|--|------------------|
| Subcriterio: Uso eficiente del agua | | | | | |
| Nombre del indicador | Parámetros | Fórmula de Cálculo | Tipo | Interpretación | Años de medición |
| Porcentaje de eficiencia física en el período de evaluación | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Volumen de agua potable producida m³/mes ▪ Volumen de agua facturado m³/mes | $1 - \left(\frac{\text{Volumen de agua facturada}}{\text{Volumen de agua Producida}} \right) \times 100$ | ESTADO | <p>Se refiere a la conservación del agua en el sistema de abastecimiento.</p> <p>Sirve para auditar detalladamente la forma de administrar el suministro y el consumo de agua de un sistema de agua potable, para luego discriminar las pérdidas reales de las aparentes</p> | 16 |
| Función de Conversión para la normalización (0, 1) | | | | | |
| $FC_{EF} = 1,26714 \times e^{(-0,0431 \times (EF)^2)}$ | | | | | |
| | | | | | |

Tabla 4.17. Indicadores estratégicos que conformaran el criterio general ambiental en el sistema de indicadores de desempeño y sostenibilidad (Subcriterio: Uso eficiente del agua)

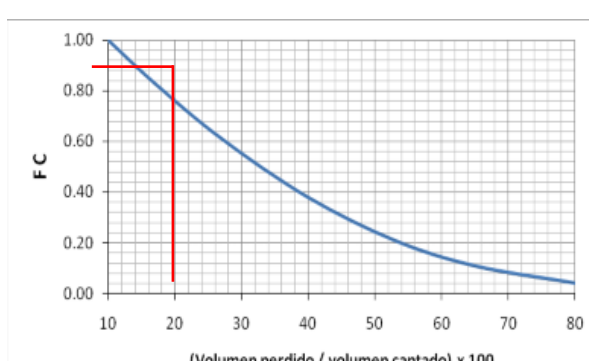
| Criterio general: Ambiental | | | | | | |
|--|--|--|-------|---------------|---|------------------|
| Subcriterio: Uso eficiente del agua | | | | | | |
| Nombre del indicador | Parámetros | Fórmula de cálculo | | Tipo | Interpretación | Años de Medición |
| Eficiencia hidráulica en el aprovechamiento del recurso hídrico en el periodo de evaluación | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Volumen de agua captada en Fuente (VCF) m³/mes ▪ Volumen de agua perdido (real) desde la captación m³/mes, esto es igual a (caudal de entrada a sistema de potabilización m³ + caudal de entrada a sistema distribución m³) | $\frac{\text{Volumen de agua perdido}}{\text{Volumen de agua captada en fuente (VCF)}} \times 100$ | x 100 | ESTADO | Permite la relación entre la capacidad de captación, conducción y distribución del agua con la que cuenta un sistema hidráulico de abastecimiento urbano, y la capacidad real con la que funciona dicho sistema. Esto debe conducir a la formulación de proyectos de eficiencia hidráulica, que tienen por objetivo, realizar una redistribución de presiones y caudales en la red de distribución de un sistema de abastecimiento de agua potable, para optimizar su funcionamiento y ahorrar agua; facilitar las labores de mantenimiento y control de fugas; aprovechar las oportunidades de ahorro de energía; y ampliar la cobertura del servicio. | 16 |
| | | Función de Conversión para la normalización (0, 1) | | | | |
| $FC_{WH} = 1,8 E^{-4} \times (W_H)^2 - 2,956 E^{-2} \times (W_H) + 1,279$ | | | | | | |
|  <p>El gráfico muestra una curva de eficiencia (FC) que disminuye a medida que aumenta el porcentaje de agua perdida en relación con el volumen captado. El eje horizontal representa '(Volumen perdido / volumen captado) x 100' y el eje vertical representa 'FC'. Una línea roja vertical y horizontal resalta que cuando el porcentaje de pérdida es de 20, la eficiencia FC es de aproximadamente 0.85.</p> | | | | | | |

Tabla 4.18. Indicadores estratégicos que conformaran el criterio general ambiental en el sistema de indicadores de desempeño y sostenibilidad (Subcriterio: Uso eficiente del agua)

| Criterio general: Ambiental | | | | | |
|--|--|---|-------------------------|--|--|
| Subcriterio: Uso eficiente del agua | | | | | |
| Nombre del indicador | Parámetros | Fórmula de cálculo | Tipo | Interpretación | Años de medición |
| <p>Aplicación de medidas de control para reducción de pérdidas de agua en el sistema de acueducto</p> | <p>Se fundamenta en las respuestas del panel de expertos (Si, No, Mejorable) de acuerdo a los informes técnicos de la Gerencia de Ingeniería y Operaciones</p> | <p>Pregunta Generadora: <i>¿Se aplican medidas correctoras para reducción de pérdidas de agua en el sistema de acueducto?</i> aplicada en entrevista a 118 trabajadores de los 185 empleados de todas las áreas operativas y administrativas. Cuyos resultados indican 90% Mejorable, 8% Si y 2% No. En este caso la respuesta Mejorable se ubica en el eje de la abscisas (posición horizontal) y luego el factor de calidad se ubica en las ordenadas (posición vertical) el cruce de ambos permite conocer el FC=0,40.</p> | <p>RESPUESTA</p> | <p><i>Esta referida a:</i></p> <p>1) Los elementos de eliminación de fugas son de tipo estructural, si se refieren a trabajos de reparación, sustitución y rehabilitación de tuberías y de accesorios.</p> <p>2) Los elementos de control son del tipo no-estructural, ya que consideran prácticas encaminadas a disminuir el tiempo desde que aparece una fuga hasta que es eliminada.</p> <p><i>Busca motivar a formular proyectos de eficiencia física - hidráulica</i></p> | <p>Datos primarios 16 años</p> |
| <p>Tipo: Cualitativo, con reescalamiento grafico validado por Benavides (2010) para su agregación según escala de valoración ya indicada.</p> | | | | | |
| Función de Conversión para la normalización (0, 1) | | | | | |
| | | | | | |

Tabla 4.19. Indicadores estratégicos que conformaran el criterio general ambiental en el sistema de indicadores de desempeño y sostenibilidad (Subcriterio: Uso eficiente del agua)

| Criterio general: Ambiental | | | | | |
|---|--|--|---------------|--|------------------|
| Subcriterio: Uso eficiente del agua | | | | | |
| Nombre del indicador | Parámetros | Fórmula de cálculo | Tipo | Interpretación | Años de medición |
| Eficiencia energética | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Energía eléctrica consumida en el abastecimiento (\$/mes). ▪ Energía eléctrica óptima que se debió consumir (\$/mes). | $E_R = \frac{E_{\text{consumida}}}{E_{\text{óptima}}}$ | ESTADO | Permite conocer el grado de eficiencia con la que es utilizada la energía en un sistema de agua potable, además de especificar cuánta de esa energía es desperdiciada. | Reciente |
| | Sus resultado, debe orientar las acciones del operador y dar inicio a la formulación del proyecto de eficiencia energética (PEE) | | | | |
| Función de Conversión para la normalización (0, 1) | | | | | |
| $FC_{ER} = 1,02448 \times (E_R)^{-4,34127}$ | | | | | |
| | | | | | |

Tabla 4.20. Indicadores estratégicos que conformaran el criterio general ambiental en el sistema de indicadores de desempeño y sostenibilidad (Subcriterio: Uso eficiente del agua)

| Criterio general: Ambiental | | | | | |
|---|---|--|-----------------|--|------------------|
| Subcriterio: Uso eficiente del agua | | | | | |
| Nombre del indicador | Parámetros | Fórmula de cálculo | Tipo | Interpretación | Años de medición |
| Promedio de consumo por habitante/día | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Volumen promedio de consumo por conexión m³/mes ▪ Promedio del número de personas que habita por conexión ▪ Número de días en que se registró el volumen | $W_{CAPITA} = \frac{W_{CONS_CX}/MES}{hab_{CONN}} \times \frac{1000}{n_D}$ | PREISION | Cantidad promedio de agua que consume cada habitante en el ámbito de responsabilidad de la Empresa | 16 |
| Función de Conversión para la normalización (0, 1) | | | | | |
| $FC_{W_{CAPITA}} = - 6,23 E^{-3} \times (W_{CAPITA}) + 1,558$ | | | | | |
| | | | | | |

Tabla 4.21. Indicadores estratégicos que conformaran el criterio general ambiental en el sistema de indicadores de desempeño y sostenibilidad (Subcriterio: contaminación por operación y mantenimiento)

| Criterio general: Ambiental | | | | | |
|--|---|---|-----------------------|---|------------------------------|
| Subcriterio: Contaminación por operación y mantenimiento | | | | | |
| Nombre del indicador | Parámetros | Fórmula de cálculo | Tipo | Interpretación | Años de medición |
| <p>Porcentaje de lodos y desechos generados por el sistema de potabilización (filtros, floculadores y sedimentadores) que se vierten sin depuración a cuerpos receptores, por año</p> | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Cantidad de lodos y desechos que se depuran y Gestionan correctamente, (en toneladas o m³, por año). ▪ Cantidad total de lodos y desechos que se generan por el sistema de potabilización, (en toneladas o m³, por año). | $W_{LODO} = \frac{W_{L.DEPU}}{W_{L.PROD}} \times 100$ | <p>IMPACTO</p> | <p>Permite conocer que el operador cuenta con procesos que tienden a la contaminación de cuerpos receptores por el uso de sustancias químicas y generación de lodos y desechos que se vierten sin tratamiento y su tendencia debe motivar a realizar una evaluación de ciclo de vida e impacto ambiental.</p> | <p>Poco frecuente</p> |
| Función de Conversión para la normalización (0, 1) | | | | | |
| $FC_{W_{LODO}} = 1,02448 \times (W_{LODO})^{-4,34127}$ | | | | | |
| <p style="text-align: center;">% de lodos (generados por el abastecimiento) depurados previo a su disposición final</p> | | | | | |
| Fuente : Benavides (2010) | | | | | |

Tabla 4.22. Indicadores estratégicos que conformaran el criterio general ambiental en el sistema de indicadores de desempeño y sostenibilidad (Subcriterio: Contaminación por operación y mantenimiento)

| Criterio general: Ambiental | | | | | |
|---|---|---|-----------------------|--|------------------|
| Subcriterio: Contaminación por operación y mantenimiento | | | | | |
| Nombre del indicador | Parámetros | Fórmula de cálculo | Tipo | Interpretación | Años de medición |
| <p>Existen sistemas de recolección y tratamiento de aguas servidas para los vertidos de la ciudad al cuerpo receptor.</p> <p>Tipo: Cualitativo, con reescalamiento grafico para validado por Benavides (2010) para su agregación según escala de valoración ya indicada.</p> | <p>Se fundamenta en las respuestas del panel de expertos (Nada, Parcialmente, Todo) de acuerdo a los informes técnicos de la Gerencia de Ingeniería y Operaciones</p> | <p>Pregunta Generadora: <i>¿Existen sistemas de recolección y tratamiento de aguas residuales para los vertidos de la ciudad al cuerpo receptor?</i>, aplicada en entrevista a 118 trabajadores de los 185 empleados de todas las áreas operativas y administrativas. Cuyos resultados indican 100% Parcialmente. En este caso la respuesta parcialmente se ubica en el eje de la abscisas (posición horizontal) y luego el factor de calidad se ubica en las ordenadas (posición vertical) el cruce de ambos permite conocer el FC=0,30.</p> | <p>IMPACTO</p> | <p>El personal técnico especializado de Aguas de Mérida C.A., indica que el 80% del agua potable se convierte en aguas servidas que son vertidas sin tratamiento previo al cuerpo receptor, por lo que con este indicador se busca motivar al uso eficiente del agua y a gestionar recursos financieros para el tratamiento de aguas servidas y motiva a otra investigación que busque el indicador de huella hídrica de los operadores del servicio</p> | <p>1</p> |
| Función de Conversión para la normalización (0, 1) | | | | | |
| | | | | | |

Tabla 4.23. Indicadores estratégicos que conformaran el criterio general ambiental en el sistema de indicadores de desempeño y sostenibilidad (Subcriterio: Conservación de cuencas)

| Criterio general: Ambiental | | | | | |
|---|--|---|------------------|--|------------------|
| Subcriterio: Conservación de cuencas | | | | | |
| Nombre del indicador | Parámetros | Fórmula de cálculo | Tipo | Interpretación | Años de medición |
| Porcentaje de superficie de la o las cuencas tributarias que tienen en marcha un plan anual de silvicultura y reforestación, gestionado o coordinado directamente por la empresa operadora del sistema. | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Superficie de la o las cuencas tributarias que tienen en marcha un plan anual de silvicultura y reforestación, gestionado o coordinado directamente por la empresa operadora del sistema (Ha). ▪ Superficie de la o las cuencas tributarias que tienen en marcha un plan anual de silvicultura y reforestación, gestionado o coordinado directamente por la empresa operadora del sistema (Ha). | $A_{SILVI} = \frac{A_{PLAN}}{A_{T_{CUENCAS}}} \times 100$ | RESPUESTA | Son las medidas ambientales compensatorias que debe ejecutar a su propio costo el operador del servicio de agua como usuario en retribución al aprovechamiento del recurso hídrico y que en varios países son estipuladas en la Ley de Aguas | 8 |
| Función de Conversión para la normalización (0, 1) | | | | | |
| $FC_{Asilvi} = 4,195 E^{-5} \times (A_{silvi})^2 + 5,732 E^{-3} \times (A_{silvi}) + 5,756 E^{-3}$ | | | | | |
| | | | | | |

Tabla 4.24. Indicadores estratégicos que conformaran el criterio general ambiental en el sistema de indicadores de desempeño y sostenibilidad (Subcriterio: Conservación de cuencas)

| Criterio general: Ambiental | | | | | |
|---|--|--|------------------|---|------------------|
| Subcriterio: Conservación de cuencas | | | | | |
| Nombre del indicador | Parámetros | Fórmula de Cálculo | Ti po | Interpretación | Años de medición |
| <p>Aplicación de medidas educativas para el uso eficiente y conservación del agua a usuarios del sistema de acueducto urbano.</p> <p>Tipo: Cualitativo, con re escalamiento grafico validado por Benavides (2010) para su agregación según escala de valoración ya indicada.</p> | <p>Se fundamenta en las respuestas del panel de expertos (Si, No, Mejorable) tras el análisis de los informes de gestión de la Unidad de Participación Comunitaria y Unidad de Imagen y Mercadeo</p> | <p>Pregunta Generadora: <i>¿Existen programas educativos – ambientales para el uso eficiente del agua y conservación de cuencas abastecedoras?</i></p> <p>Aplicada en entrevista a 118 trabajadores de los 185 empleados de todas las áreas operativas y administrativas. Cuyos resultados indican 97% Mejorable. En este caso la respuesta Mejorable se ubica en el eje de la abscisas (posición horizontal) y luego el factor de calidad se ubica en las ordenadas (posición vertical) el cruce de ambos permite conocer el FC=0,40.</p> | <p>RESPUESTA</p> | <p>Son las medidas ambientales preventivas que debe ejecutar a su propio costo el operador del servicio de agua como usuario en retribución al aprovechamiento del recurso hídrico y que en varios países son estipuladas en la ley de Aguas y ley de prestación del servicio de agua potable</p> | <p>21</p> |
| Función de Conversión para la normalización (0, 1) | | | | | |
| <p>El gráfico muestra una función de conversión lineal que mapea las categorías de desempeño a valores normalizados entre 0 y 1. El eje vertical (FC) tiene marcas en 0.00, 0.20, 0.40, 0.60, 0.80 y 1.00. El eje horizontal tiene marcas para 'No', 'Mejorable' y 'Si'. Una línea azul diagonal comienza en (No, 0.00) y termina en (Si, 1.00). Una línea roja horizontal se extiende desde FC=0.40 hasta la línea azul, y una línea roja vertical se extiende desde ese punto hasta la categoría 'Mejorable'.</p> | | | | | |

Tabla 4.25. Indicadores estratégicos que conformaran el criterio general ambiental en el sistema de indicadores de desempeño y sostenibilidad (Subcriterio: Conservación de cuencas)

| Criterio general: Ambiental | | | | | |
|--|--|--|------------------|---|------------------|
| Subcriterio: Conservación de cuencas | | | | | |
| Nombre del indicador | Parámetros | Fórmula de cálculo | Ti po | Interpretación | Años de medición |
| <p>Existe en ejecución un plan de marketing publicitario de la empresa para promocionar el ahorro de agua y difusión pública de su actividad gestora.</p> <p>Tipo: Cualitativo, con reescalamiento grafico validado por Benavides (2010) para su agregación según escala de valoración ya indicada.</p> | <p>Se fundamenta en las respuestas del panel de expertos (ninguno, insuficiente, completo) tras el análisis de los informes de gestión de la Unidad de Imagen y Mercadeo</p> | <p>Pregunta Generadora: <i>¿Existe en ejecución un plan de marketing publicitario de la empresa, para promocionar el ahorro de agua y difusión pública de su actividad gestora?</i></p> <p>aplicada en entrevista a 118 trabajadores de los 185 empleados de todas las áreas operativas y administrativas. Cuyos resultados indican 99% Insuficiente. En este caso la respuesta se ubica en el eje de la abscisas (posición horizontal) y luego el factor de calidad se ubica en las ordenadas (posición vertical) el cruce de ambos permite conocer el FC=0,60.</p> | <p>RESPUESTA</p> | <p>Son las medidas ambientales preventivas que debe ejecutar a su propio costo el operador del servicio de agua como usuario en retribución al aprovechamiento del recurso hídrico y que en varios países son estipuladas en la Ley de Aguas y Ley de prestación del servicio de agua potable</p> | <p>21</p> |
| Función de Conversión para la normalización (0, 1) | | | | | |
| <p>Se ejecuta un plan de marketing de la empresa</p> | | | | | |

Tabla 4.26. Indicadores estratégicos que conformaran el criterio general ambiental en el sistema de indicadores de desempeño y sostenibilidad (Subcriterio: Conservación de cuencas)

| Criterio general: Ambiental | | | | | |
|---|--|---|------------------|--|------------------|
| Subcriterio: Conservación de cuencas | | | | | |
| Nombre del indicador | Parámetros | Fórmula de cálculo | Tipo | Interpretación | Años de medición |
| Ingreso recaudado por venta de agua que se destina a conservación de cuencas por año | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Ingreso por facturación de agua. ▪ Egresos por inversión en conservación de cuencas. ▪ Está asociado al presupuesto asignado a la Unidad de Participación Comunitaria, Imagen y Mercadeo, Ingeniería y Operaciones | $V_{FUENTE} = \frac{V_{invFACT}}{I_{nFACT}} \times 100$ | RESPUESTA | Representa el aporte que realizar el operador por responsabilidad y social por el aprovechamiento del recurso hídrico. | 21 |
| Función de Conversión para la Normalización (0, 1) | | | | | |
| $FCV_{FUENTE} = - 5,683 E^{-05} \times (V_{FUENTE})^2 + 0,1507 \times (V_{FUENTE}) + 0,010124$ | | | | | |
| <p style="text-align: center;">% del ingreso por venta de agua invertido en la cuenca fuente</p> | | | | | |

Tabla 4.27. Indicadores estratégicos que conformaran el criterio general ambiental en el sistema de indicadores de desempeño y sostenibilidad (Subcriterio: Conservación de cuencas)

| Criterio general: Ambiental | | | | | |
|--|--|--|----------------|---|------------------|
| Subcriterio: Conservación de cuencas | | | | | |
| Nombre del indicador | Parámetros | Fórmula de cálculo | Ti po | Interpretación | Años de medición |
| Existen sistema de tratamiento de aguas servidas para los vertidos aguas arriba de la captación del sistema de acueducto urbano Tipo: Cualitativo, con reescalamiento grafico validado por Benavides (2010) para su agregación según escala de valoración ya indicada. | Se fundamenta en las respuestas del panel de expertos (Nada, Parcialmente, Todo) tras el análisis de los informes de gestión de la Unidad de Participación Comunitaria y Unidad de Imagen y Mercadeo | Pregunta Generadora: ¿Existen sistema de tratamiento de aguas servidas para los vertidos aguas arriba de la captación del sistema de acueducto urbano? Aplicada en entrevista a 118 trabajadores de los 185 empleados de todas las áreas operativas y administrativas. Cuyos resultados indican 100% parcialmente. En este caso la respuesta se ubica en el eje de la abscisas (posición horizontal) y luego el factor de calidad se ubica en las ordenadas (posición vertical) el cruce de ambos permite conocer el FC=0,30. | IMPACTO | Son las medidas ambientales preventivas que debe ejecutar a su propio costo el operador del servicio de agua como usuario en retribución al aprovechamiento del recurso hídrico y que en varios países son estipuladas en la Ley de Aguas y Ley de prestación del servicio de agua potable y saneamiento. | 21 |
| Función de Conversión para la Normalización (0, 1) | | | | | |
| | | | | | |

Tabla 4.28. Indicadores estratégicos que conformaran el criterio general social en el sistema de indicadores de desempeño y sostenibilidad (Criterio específico: Gobernabilidad del agua. Subcriterio: Legitimidad)

| Criterio general: Social | | | | | |
|--|----------------------|---|---|--|------------------|
| Criterio específico: Gobernabilidad del agua | | | | | |
| Subcriterio: Legitimidad | | | | | |
| Nombre del indicador | Parámetros /Factores | Fórmula de cálculo | Tipo | Interpretación | Años de medición |
| Índice de gobernabilidad | Legitimidad | Satisfacción de la continuidad del servicio de agua potable | $SaC = \frac{\sum_i^n UMSCo_i + \sum_{j=1}^m USCo_j}{UT}$ | <p>Si el valor es cercano a 1, significa que la empresa goza de alta aceptación por parte de los usuarios, significa que las horas de continuidad provistas son adecuadas para que los usuarios cubran sus necesidades.</p> <p>Si es cercano a 0, denota que los usuarios están altamente insatisfechos, que puede derivar en impago de sus facturas, en reclamos masivos que atenten contra la gobernabilidad de los servicios de agua y saneamiento.</p> | 6 |
| | | | | | |
| Los índices o factores ya cuentan con normalización (0, 1) | | | | | |

Tabla 4.29. Indicadores estratégicos que conformaran el criterio general social en el sistema de indicadores de desempeño y sostenibilidad (Criterio específico: Gobernabilidad del agua. Subcriterio: Legitimidad)

| Criterio general: Social | | | | | |
|---|----------------------|---|----------------|--|------------------|
| Criterio específico: Gobernabilidad del agua | | | | | |
| Subcriterio: Legitimidad | | | | | |
| Nombre del indicador | Parámetros /Factores | Fórmula de cálculo | Tipo | Interpretación | Años de medición |
| Índice de gobernabilidad | Legitimidad | $SaC = \frac{\sum_i^n UMSCa_i + \sum_{j=1}^m USCa_j}{UT}$ | PRESION | <p>Si es cercano a 1, significa que la empresa goza de alta aceptación por parte de los usuarios, significa que la calidad FQB provista es adecuada para que los usuarios.</p> <p>Si es cercano a 0, denota que los usuarios están altamente insatisfechos, que puede derivar igualmente en impago de sus facturas, o en reclamos masivos.</p> | 15 |
| Los índices o factores ya cuentan con normalización (0, 1) | | | | | |

Tabla 4.30. Indicadores estratégicos que conformaran el criterio general social en el sistema de indicadores de desempeño y sostenibilidad (Criterio específico: Gobernabilidad del agua. Subcriterio: Legitimidad)

| Criterio general: Social | | | | | |
|--|--|--|---------|--|------------------|
| Criterio específico: Gobernabilidad del agua | | | | | |
| Subcriterio: Legitimidad | | | | | |
| Nombre del indicador | Parámetros /Factores | Fórmula de cálculo | Tipo | Interpretación | Años de medición |
| Índice de gobernabilidad | Legitimidad | | | | |
| | Densidad de Reclamos | $DR = \frac{\text{Min}(RO + RC) / (\frac{Conex}{1000})}{(RO + RC) / (\frac{Conex}{1000})^t}$ | PRESION | <p>Permite identificar la cantidad de reclamos respecto al año de evaluación, lo cual puede mostrar indicios de inadecuado servicio o ineficiencia en aspectos comerciales u operacionales.</p> <p>Si este indicador es cercano a 1, denotaría que el prestador opera bien su sistema.</p> <p>Si es Cercano a 0, significaría que existen muchas deficiencias tanto en el ámbito operativo como en el comercial.</p> | 16 |
| | Aceptación social del ajuste tarifario | $TAS = \frac{TS_t / (1 + \Delta IPM_t)}{TS_{t-1}}$ | PRESION | <p>Si este indicador es cercano o mayor a 1, significa que la empresa ha mantenido o nivelado adecuadamente su tarifa a precios constantes respecto del año de referencia.</p> <p>Si se aproxima a 0, denota que el valor de la tarifa ha perdido valor en el tiempo, y por tanto, afecta la suficiencia financiera y la eficiencia económica de la entidad prestadora.</p> | 16 |
| Los índices o factores ya cuentan con normalización (0, 1) | | | | | |

Tabla 4.31. Indicadores estratégicos que conformaran el criterio general social en el sistema de indicadores de desempeño y sostenibilidad (Criterio específico: Gobernabilidad del agua. Subcriterio: Eficacia)

| Criterio general: Social | | | | | |
|---|---|--|------------------|---|------------------|
| Criterio específico: Gobernabilidad del agua | | | | | |
| Subcriterio: Eficacia | | | | | |
| Nombre del indicador | Parámetros /Factores | Fórmula de cálculo | Tipo | Interpretación | Años de medición |
| Índice de gobernabilidad | Eficacia (Cobertura y calidad del servicio) | | | | |
| | Cobertura de agua potable | $Cobertura\ de\ Agua\ Potable = \frac{(PSACC_t + PSACP_t)}{PAE_t} \times 100$ | RESPUESTA | Si este indicador es cercano al 100%, significa que la mayor parte de la población en el ámbito de la Entidad prestadora cuenta con acceso al servicio de agua potable Si este indicador es bajo significa que buena parte de la población no cuenta con el servicio de agua potable, lo cual repercute negativamente en la salud de la población. | 21 |
| | Índice de continuidad del servicio | $IC = \frac{Continuidad_t}{24}$ $Continuidad = \frac{\sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^n (HAP_{ij} \times NCA_{ij})}{\sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^n NCA_{ij}}$ | ESTADO | Este índice significa la proporción de horas de continuidad brindadas respecto a un servicio continuo y permanente. La no continuidad o suministro por horas, ocasiona inconvenientes debido a que obliga al almacenamiento intradomiciliario, además afecta la calidad de agua y puede generar problemas de contaminación en las redes de distribución. | 15 |
| Los índices o factores ya cuentan con normalización (0, 1) | | | | | |

Tabla 4.32. Indicadores estratégicos que conformaran el criterio general social en el sistema de indicadores de desempeño y sostenibilidad (Criterio específico: Gobernabilidad del agua. Subcriterio: Eficacia)

| Criterio general: Social | | | | | |
|--|---|---|-----------|---|------------------|
| Criterio específico: Gobernabilidad del agua | | | | | |
| Subcriterio: Eficacia | | | | | |
| Nombre del indicador | Parámetros /Factores | Fórmula de cálculo | Tipo | Interpretación | Años de medición |
| Índice de gobernabilidad | Eficacia (Cobertura y calidad del servicio) | $1 - \frac{\sum_{i=1}^t (VPTA_i - VFTA_i)}{\sum_{i=1}^t VPTA_i} \times 100$ | RESPUESTA | Mientras mayor sea esta proporción, la Entidad prestadora estaría incurriendo en menos pérdidas comerciales como operacionales. Las pérdidas operacionales se deben a fugas en la redes de agua potable producto de la antigüedad y falta de mantenimiento; mientras que las pérdidas no físicas – también llamadas aparentes se deben a conexiones clandestinas, la ausencia de micro medición y al sub registro de la micro medición. | 15 |
| | Cobertura de micro medición | $\text{Micromedición} = \frac{NCMO_t}{NCTA_t} \times 100$ | RESPUESTA | Un menor nivel de micro medición incrementa las pérdidas comerciales de agua potable, pues aquellos usuarios que no cuentan con un medidor estarían consumiendo un mayor volumen de agua potable que aquellos que si lo tienen. | 15 |
| Los índices o factores ya cuentan con normalización (0, 1) | | | | | |

Tabla 4.33. Indicadores estratégicos que conformaran el criterio general social en el sistema de indicadores de desempeño y sostenibilidad (Criterio específico: Gobernabilidad del agua. Subcriterio: Gobernanza)

| Criterio general: Social | | | | | |
|---|----------------------------------|--------------------------------|---------|---|------------------|
| Criterio específico: Gobernabilidad del agua | | | | | |
| Subcriterio: Gobernanza | | | | | |
| Nombre del indicador | Parámetros /Factores | Fórmula de cálculo | Tipo | Interpretación | Años de medición |
| Índice de gobernabilidad Gobernanza | Permanencia gerencial | $PG = 1 - \frac{NCG_t}{CG_t}$ | PRESION | Si este indicador es cercano a 1 , significa que la empresa ha mantenido un bajo nivel de rotaciones o cambios en el staff gerencial. Si es cercano a 0 o incluso negativo, denota un alto nivel de rotaciones que afecta la continuidad de planes, programas y proyectos. | 5 |
| | Estabilidad general del personal | $DP = 1 - \frac{NEE_t}{NET_t}$ | PRESION | En la medida de que exista mayor número de personal eventual, mayor es el nivel de inseguridad, de desmotivación y falta de compromiso institucional. Si este indicador es cercano a 1 refleja un alto nivel de estabilidad general en la Entidad prestadora. Si es cercano a 0 , refleja lo contrario. | 5 |
| Los índices o factores ya cuentan con normalización (0, 1) | | | | | |

Tabla 4.34. Indicadores estratégicos que conformaran el criterio general social en el sistema de indicadores de desempeño y sostenibilidad (Criterio específico: Gobernabilidad del agua. Subcriterio: Gobernanza)

| Criterio general: Social | | | | | | |
|---|----------------------|--|---|----------------|---|----|
| Criterio específico: Gobernabilidad del agua | | | | | | |
| Subcriterio: Gobernanza | | | | | | |
| Nombre del indicador | Parámetros /Factores | Fórmula de cálculo | Tipo | Interpretación | Años de medición | |
| Índice de gobernabilidad | Gobernanza | Grado de profesionalización | $DP = \frac{NPP_t}{NET_t}$ | IMPACTO | <p>En la medida de que exista mayor número de profesionales en la entidad prestadora, aumenta la capacidad de gestión, de innovación y análisis crítico en la empresa.</p> <p>Si este indicador es cercano a 1 refleja un alto nivel de profesionales en la Entidad prestadora.</p> <p>Si es cercano a 0, refleja lo contrario.</p> | 5 |
| | | Conflictividad organizacional | $CL = 1 - \frac{JL_t}{NET_t}$ | IMPACTO | <p>Si este indicador es cercano a 1, significa que la empresa ha manejado adecuadamente su relación con el personal despedido.</p> <p>Si es cercano a 0 o incluso negativo, denota un alto nivel de juicios laborales que afecta no sólo a la suficiencia financiera, sino a la gobernanza en la entidad prestadora.</p> | 5 |
| | | Efectividad en la rendición de cuentas | $PCom = \frac{\sum FCj}{FCT} = \frac{\sum FCj}{20}$ | IMPACTO | <p>Si este indicador es cercano a 1, significa que la entidad prestadora utiliza los mecanismos comunicacionales y frecuencia suficientes para informar a su población, y con ello, establecer un relacionamiento estratégico y operativo que contribuye, en suma, a la legitimidad.</p> <p>Si es cercano a 0, denota un alto nivel de desinformación hacia los usuarios.</p> | 15 |
| Los índices o factores ya cuentan con normalización (0, 1) | | | | | | |

Tabla 4.35. Indicadores estratégicos que conformaran el criterio general económico en el sistema de indicadores de desempeño y sostenibilidad (Subcriterio: Autogestión)

| Criterio general: Económico | | | | | |
|--|--|---|---------------|--|------------------|
| Subcriterio: Autogestión | | | | | |
| Nombre del indicador | Parámetros | Fórmula de cálculo | Tipo | Interpretación | Años de medición |
| Porcentaje de autosuficiencia financiera anual (solvencia general) | Ingresos por facturación (propios) (Bs/año) Los gastos corrientes son el resultado de la suma de los pagos que la empresa efectúa por: remuneraciones, intereses de deuda, servicios, suministro, logística y materiales, transferencias e imprevistos. | $ASuFi = \frac{In_{FACT}}{G_{corr}} \times 100$ | ESTADO | El valor obtenido significa que por cada bolívar de pasivo circulante, Aguas de Mérida C.A., posee una cantidad de bolívares de activo circulante, que puede ser cubierto por facturación. | 21 |
| Función de Conversión para la normalización (0, 1) | | | | | |
| $FC_{ASUFI} = (-1,275 \times 10^{-4} \times (ASUFI)^2) + (0,0277 \times ASUFI) - 0,4955$ | | | | | |
| | | | | | |

Tabla 4.36. Indicadores estratégicos que conformaran el criterio general económico en el sistema de indicadores de desempeño y sostenibilidad (Subcriterio: Autogestión)

| Criterio general: Económico | | | | | |
|---|---|---|---------------|---|------------------|
| Subcriterio: Autogestión | | | | | |
| Nombre del indicador | Parámetros | Fórmula de cálculo | Tipo | Interpretación | Años de medición |
| Porcentaje de recuperación de costos, mediante cobro de facturación por año | <p>Ingresos por facturación (propios) (Bs/año)</p> <p>Los <i>gastos corrientes</i> incluyen: remuneraciones, intereses de deuda pagados, servicios, suministro, logística y materiales, transferencias e imprevistos.</p> <p>Los <i>gastos de capital</i> son los gastos por bienes muebles e inmuebles.</p> <p>La <i>inversión en obra pública</i>, representan todos los gastos de infraestructura civil.</p> <p>Los <i>servicios de deuda</i>, incluyen la amortización de la deuda pública.</p> | $\text{RecCsts} = \frac{\text{In}_{\text{FACT}}}{\text{Csts}} \times 100$ | ESTADO | <p>El resultado indica que por cada bolívar de pasivo circulante, la empresa tiene una cantidad de bolívars de activo disponible en caja y bancos, para responder a sus obligaciones a corto plazo.</p> | 21 |
| Función de Conversión para la normalización (0, 1) | | | | | |
| $\text{FC}_{\text{RecCsts}} = (1,313 \times 10^{-4} \times (\text{RecCsts})^2) - (0,00477 \times \text{RecCsts}) + 0,0543$ | | | | | |
| <p>El gráfico muestra una curva cuadrática que relaciona el porcentaje de recuperación de costos con el índice de conversión FC. El eje X representa el '% de recuperación de costos / periodo de servicio' con valores de 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100 y 110. El eje Y representa 'FC' con valores de 0.00, 0.20, 0.40, 0.60, 0.80 y 1.00. Una línea roja horizontal se traza a FC ≈ 0.10, y una línea roja vertical se traza desde el punto de intersección con la curva hasta el eje X, marcando un valor de aproximadamente 45%.</p> | | | | | |

Tabla 4.37. Indicadores estratégicos que conformaran el criterio general económico en el sistema de indicadores de desempeño y sostenibilidad (Subcriterio: Índices financieros)

| Criterio general: Económico | | | | | |
|---|--|--------------------------------------|--------|--|------------------|
| Subcriterio: Índices financieros/personal | | | | | |
| Nombre del indicador | Parámetros | Fórmula de cálculo | Tipo | Interpretación | Años de medición |
| Porcentaje de eficiencia en recaudación anual (% Cobrabilidad al año) | Recaudación Bs/año Facturación Bs/año | $EfRec = \frac{Rec}{Emi} \times 100$ | ESTADO | Porcentaje de agua cobrada correspondiente a la facturación del año, en relación al agua facturada en Bolívares (Bs) | 21 |
| Función de Conversión para la normalización (0, 1) | | | | | |
| $FC_{EfRec} = 0,0356 \times e^{(0,03338 \times (EfRec))}$ | | | | | |
| | | | | | |

Tabla 4.38. Indicadores estratégicos que conformaran el criterio general económico en el sistema de indicadores de desempeño y sostenibilidad (Subcriterio: Índices financieros)

| Criterio general: Económico | | | | | |
|--|--|--|---------------|---|------------------|
| Subcriterio: Índices financieros/personal | | | | | |
| Nombre del indicador | Parámetros | Fórmula de cálculo | Tipo | Interpretación | Años de medición |
| Porcentaje de agua no facturada por año | Volumen de agua facturada (m ³ /año) Volumen de agua producida (m ³ /año) | $ANF = \left(1 - \frac{W_{FAC}}{W_{IN}} \right) \times 100$ | ESTADO | Porcentaje de agua potable que la empresa deja de registrar en libros | 21 |
| Función de Conversión para la normalización (0, 1) | | | | | |
| $FC_{ANF} = 1,26714 \times e^{(-0,0431 \times (ANF))}$ | | | | | |
| | | | | | |

Tabla 4.39. Indicadores estratégicos que conformaran el criterio general económico en el sistema de indicadores de desempeño y sostenibilidad (Subcriterio: Índices financieros)

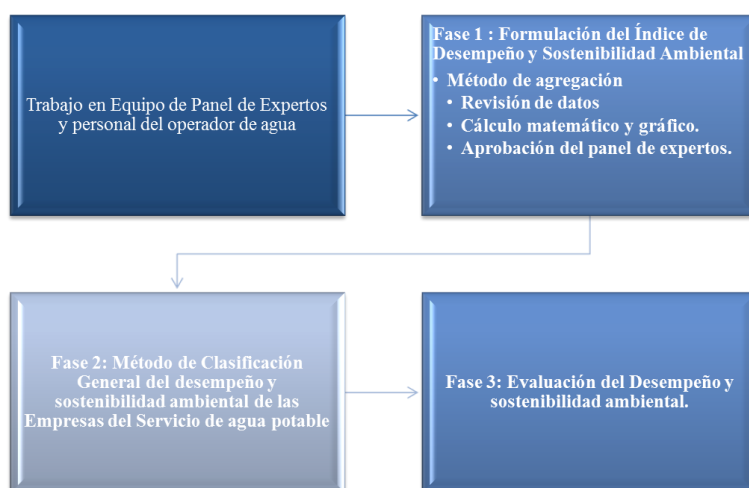
| Criterio general: Económico | | | | | |
|--|--|--|---------------|---|------------------|
| Subcriterio: Índices financieros/personal | | | | | |
| Nombre del indicador | Parámetros | Fórmula de cálculo | Ti po | Interpretación | Años de medición |
| Porcentaje de liquidez | Ingresos corrientes Bs /año Gastos corrientes Bs /año | $Liq = \frac{ICorr}{Gcorr} \times 100$ | ESTADO | El resultado indica que por cada bolívar de pasivo circulante, la empresa tiene una cantidad de bolívares de activo disponible en caja y bancos, para responder a sus obligaciones a corto plazo. | 21 |
| Función de Conversión para la normalización (0, 1) | | | | | |
| $FC_{Liq} = 0,01981 \times e^{(0,03923 \times Liq)}$ | | | | | |
| | | | | | |

Tabla 4.40. Indicadores estratégicos que conformaran el criterio general económico en el sistema de indicadores de desempeño y sostenibilidad (Subcriterio: Índices financieros)

| Criterio general: Económico | | | | | |
|--|---|---|--------|--|------------------|
| Subcriterio: Índices financieros/personal | | | | | |
| Nombre del indicador | Parámetros | Fórmula de cálculo | Tipo | Interpretación | Años de medición |
| Número de empleados por cada 10000 suscriptores | Número de empleados en la empresa Número de suscriptores en el ámbito de responsabilidad | $N_{EMP} = \frac{\text{Empleados}}{\text{ClIT}} \times 10000$ | ESTADO | Si se quiere evaluar el número de empleados únicamente para agua potable el Número óptimo (para FC=1) será de treinta por cada diez mil conexiones. (Cáceres V. 2008) da un número de 3.0 empleados de agua / 1000 conexiones; y, (Arana E. 2002) para agua potable y alcantarillado 5.8 empleados / 1000 Conexiones. Fuente: Benavides (2010). | 21 |
| Función de Conversión para la normalización (0, 1) | | | | | |
| $FC_{N_{EMP}} = -6.1439E-10 \times (N_{EMP})^6 + 2.2118E-07 \times (N_{EMP})^5 - 3.1025E-05 \times (N_{EMP})^4 + 2.1376E-03 \times (N_{EMP})^3 - 7.5446E-02 \times (N_{EMP})^2 + 1.3066 \times (N_{EMP}) - 8.7693$ $\forall 21.0 \leq (N_{EMP}) \leq 90.0$ | | | | | |
| <p style="text-align: center;">Número de empleados por cada 10000 abonados</p> | | | | | |

4.4.1.3. Etapa 3

Esta etapa para el caso objeto de estudio, fue subdividida operativamente en tres fases, que fueron desarrolladas de forma secuencial, como se indica en el siguiente flujograma general de trabajo:



Fuente: adaptado de Quiroga (2009), CONEVAL (2010), Schuschny & Soto (2009)

Imagen 4.26. Ruta Metodológica general de la etapa 3

Lo establecido en la imagen 4.26, permitió partir de los resultados obtenidos en la etapa 2 para la construcción de un indicador sintético, que será denominado como **“Índice del desempeño y sostenibilidad de la prestación del servicio de agua potable (IDSAAP)”**. Todo ello, con el fin de consolidar el modelo final de evaluación y desempeño ambiental de las empresas prestadoras del servicio de agua potable en el ámbito urbano y cumplir con lo planteado en esta de investigación.

En este sentido, a continuación se describe cada una de las fases

3.1. Fase 1. Formulación del índice del desempeño y sostenibilidad en la gestión de los prestadores del servicio de agua potable (IDSAAP)

Esta fase fue crucial en el diseño metodológico del índice del desempeño y sostenibilidad (IDSAAP), ya que se buscó consolidar una herramienta flexible, que facilite la medición y evaluación aproximada de los esfuerzos realizados por los operadores de agua en busca de la integración ambiental de la gestión del agua potable en ámbitos urbanos.

Para ello, se conformó en la etapa anterior, un sistema de indicadores estratégicos (SIEDSA) en las dimensiones de la sostenibilidad (criterio general), el cual quedó conformado por **21 indicadores estratégicos** distribuidos según subcriterios establecidos para la prestación del servicio de agua potable.

Es importante resaltar que cada indicador estratégico que integra el SIEDSA, está asociado a un estado específico de calidad (normalización) bajo características que establezcan un equilibrio en la planificación y gestión del servicio de agua potable, por lo que para su evaluación se confrontaron sus valoraciones con las metas deseadas obtenidas del Plan Estratégico aprobado por la Junta Directiva de Aguas de Mérida C.A. u metas deseables obtenidas de las mesas de trabajo conformada por 23 trabajadores y especialistas de cada área de la empresa prestadora del servicio de agua potable.

En este sentido, el **índice del desempeño y sostenibilidad de la prestación del servicio de agua potable (IDSAAP)**, surge del **índice de sostenibilidad de un abastecimiento de agua (ISA)** propuesto por Benavides en el año 2010; el cual fue construido a partir de la información de las empresas prestadoras del servicio de agua potable y en el caso de estudio de los registros históricos de Aguas de Mérida C.A. y sus manuales de organización. Por tanto, este índice representa una proporción convergente, numérica y descriptiva de la interrelación de las dimensiones de la sostenibilidad en los procesos de gestión para la prestación del servicio de agua potable, que requiere medición continua de variables y parámetros de los procesos de gestión de agua potable (GAP), las cuales deben ser registradas en un sistema de información (SIAP).

En este contexto, el **índice del desempeño y sostenibilidad de la prestación del servicio de agua potable (IDSAAP)**, es adimensional, ya que los resultados del cálculo de los valores de los indicadores estratégicos estarán normalizados con la técnica de reescalamiento con factores de conversión o calidad (FC), que permite su agregación y valoración (pesos relativos de los indicadores). Expresándose matemáticamente de la siguiente manera:

$$\text{IDSAAP} = \sum \text{PRIEap}$$

Ecu: 4.5

Dónde:

IDSAAP= Índice del desempeño y sostenibilidad

PRIEap = Peso relativo del indicador estratégico ap

En este proceso de agregación, es importante tener presente, que existe un peso relativo (**PRIE**) para cada indicador estratégico ap, que se obtiene al multiplicar el factor de calidad con la importancia ponderada (**IP**) correspondiente que fue determinada en panel de expertos.

$$\mathbf{PRIEap} = \mathbf{FCie} \times \mathbf{IP}$$

Ecu: 4.6

Dónde:

PRIEap = Peso Relativo del Indicador Estratégico ap

FCieap= Factor de calidad del indicador estratégico ap

IPieap = Importancia ponderada del indicador estratégico ap

Para la aplicación de la Ecu: 4.6, es indispensable tener presente que cada indicador estratégico cuenta con un factor de calidad (**FCieap**), que proviene de estudios previos de otros autores, y se representa por una función matemática y cualitativa en algunos casos; que transforma el valor del indicador en un número representativo de la calidad sostenible del desempeño y sostenibilidad (entre 0 y 1), que va depender de la **función de conversión** [$f(\text{Indieap})$] que caracteriza a cada indicador.

Por tanto, la función de conversión, es explícita y tiene como variable independiente a la magnitud del indicador (dato facilitado por la empresa prestadora del servicio de agua potable), para ello, se toma en consideración las características deseadas en el Plan Estratégico (objetivos estratégicos) donde se vincula cada indicador estratégico en el sector agua potable, con base en normas de calidad, experiencias y criterios técnicos que conducen hacia un estado óptimo para el servicio de agua potable enmarcado en las dimensiones de la sostenibilidad. De este modo los parámetros se pueden comparar por ser isométricos (confrontables).

Para facilitar su cálculo, los datos se deben agregar primero por criterio general y se puede sistematizar de la siguiente manera:

Tabla 4.41. Ejemplo de cálculo del IDSAAP, agregación para su criterio ambiental

| % Criterio general | Subcriterio | Nº | Indicador Estratégico | Importancia ponderada | Valor del indicador estratégico | FC | Peso relativo |
|--------------------|-------------------------------------|----|--|-----------------------|---------------------------------|----|---------------|
| AMBIENTAL (57%) | Aprovechamiento del recurso Hídrico | 1 | % de caudal de agua captada para el abastecimiento en épocas de sequía | | | | |
| | | 2 | Existe control legal y regulación efectiva de explotación de otros recursos y uso de suelo, en las cuencas fuente, por las Autoridades Ambientales | | | | |

Para el cálculo del factor de calidad del **IDSAAP**, existe la posibilidad de proceder de dos maneras, una gráfica y otra matemática.

Para el primero de los casos, se utiliza las curvas de conversión que se presentan en la ficha de caracterización del indicador estratégico; así: con el valor del indicador, en el eje de las abscisas, se interseca en el punto de la función correspondiente, finalmente el valor del factor de calidad será su proyección en el eje de las ordenadas.

Por ejemplo: La empresa objeto a estudio cuenta con un 40% de autosuficiencia financiera, su proyección en la gráfica indica un FC = 0,40.

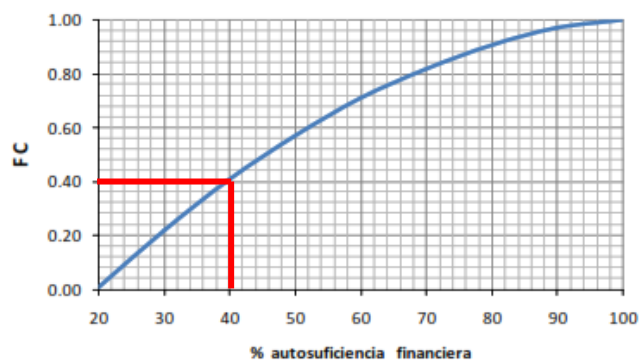


Imagen 4.27. Ejemplo de cálculo método gráfico según modelo de Benavides (2010)

Para el cálculo por el *método matemático*, se emplea las funciones de conversión; donde el valor de cada indicador se reemplaza en la función de conversión que le corresponda, y el resultado será el **FC** (factor de calidad, isométrico) para ese indicador.

Y para la función de conversión de indicadores cuantitativos y cualitativos a factores de calidad, se validó en panel de expertos al emplear el esquema de distribución de valoraciones propuesto por Benavides (2010), descrito en la sección anterior.

Así mismo, en esta etapa se deben tener presente los resultados de las importancias ponderadas de cada componente calculados previamente, que indican que el criterio **Ambiental** tiene una importancia de un **57%** debido a que el uso eficiente del agua en los procesos de gestión del agua potable es indispensable; el criterio **Social**, un **21.5%** que cuenta con un índice global que lo integran 13 parámetros que influye en la gobernabilidad del agua potable; y el **Económico**, con un **21,5%**, que refleja que cualquier decisión u intervención en este ámbito afectará el desempeño y sostenibilidad del prestador del servicio.

Todo lo antes descrito, permite demostrar que los resultados obtenidos en la investigación documental, descriptiva y exploratoria, representa una aportación innovadora que desarrolla un modelo flexible para evaluar el desempeño y sostenibilidad de un prestador del servicio de agua potable, al incorporar la dimensión ambiental como eje transversal de la prestación del servicio; que rompe con la visión tradicional de los parámetros cobertura, calidad, cantidad, continuidad y oportunidad.

Además que el **IDS AAP**, se propone como una herramienta útil y flexible para el uso de las empresas prestadoras del servicio de agua potable, que requieren instrumentos de evaluación de desempeño como punto de partida, que pueda orientar a los responsables de la planificación y gestión de los procesos del agua potable para la prestación del servicio a las población ubicada en ámbitos urbanos a la toma de decisiones oportunas, que permitan afinar diagnósticos en busca de la eficiencia total del servicio en el marco de las dimensiones de la sostenibilidad. Al lograrlo, esta herramienta podrá incorporar indicadores estratégicos cuantitativos que lo haga más robusto, así se podrá minimizar la subjetividad que pudiese llegar a ocasionar esta primera aproximación de evaluación por ser el primer instrumento diseñado para tales fines.

3.2. Fase 2. Clasificación general del desempeño y sostenibilidad de las empresas del servicio de agua potable, según el resultado de IDSAAP

La clasificación general del desempeño y sostenibilidad de las empresas prestadoras del servicio de agua potable, fue concebida para que los planificadores del sector agua potable, puedan dar el seguimiento del desempeño y sostenibilidad de la institución y generar reportes de alerta a niveles gerenciales que motive a la toma de decisiones oportunas y adecuadas. Para lograrlo, esta se fundamentó en la **técnica de la semaforización**, cuyos **parámetros** identifican si el cumplimiento del indicador estratégico de la prestación del servicio de agua potable fue el adecuado o esperado de acuerdo al sentido del indicador (ascendente y descendente) respecto a la meta deseable y generar las alarmas gerenciales, para ello, cuenta con las siguientes categorías:

- Aceptable (**verde**)
- Con riesgo (**amarillo**)
- Crítico (**rojo**)

En este caso, el valor del **IDSAAP global**, tendrá una **escala de 0 -100** y para los **IDSAAP específicos**, se establece la escala de valoración según la importancia ponderada obtenida definida en panel de expertos, por tanto la clasificación del Desempeño y sostenibilidad estará sujeta la escala establecida del **IDSAAP** y la **técnica de la semaforización** (tabla 4.42).

Esta clasificación, se aplica luego de obtener el valor general del **IDSAAP**, para ello se analiza dicho valor y se clasifica según el nivel del desempeño y sostenibilidad de la empresa prestadora del servicio de agua potable en estudio (ver capítulo 5).

Como resultado de su aplicación, se evidenciarán indirectamente los posibles problemas que afectan el óptimo desempeño y sostenibilidad del prestador del servicio de agua potable.

Por tanto, los resultados de la clasificación permitirán a los planificadores y gerentes de la gestión del agua potable, contar con una nueva herramienta de planificación estratégica **más allá de la única herramienta que implementa en la actualidad “Plan Operativo Anual (POA) – Presupuesto”**, para valorar y predecir el estado inicial de la empresa prestadora del servicio de agua potable, así como identificar y basar técnicamente la propuesta con las medidas prioritarias, en los componentes ambiental, social y económico, que se relacionan con la gestión de agua potable. Además, permitirá el monitoreo continuo de la Autoridad Nacional de las Aguas a los usuarios del recurso hídrico, en este caso para el abastecimiento de las poblaciones en ámbitos urbanos.

Tabla 4.42. Rangos y categorías de valoración y clasificación según el IDSAAP

| Escala IDSAAP Global máximo 100% | ESCALA IDSAAP Sub criterio | | | Categorías del desempeño y sostenibilidad | Parámetro semafori- zación | Comportamiento metas plan estratégico |
|---|-------------------------------|------------------|---------------------|---|------------------------------------|--|
| | AMB 57 % | SOCIAL 21,5 % | ECONOMICO 21,5 % | | | |
| 0 – 15 | 0 – 15 | 0-5 | 0 – 3 | MALO | Crítico (rojo) | <ul style="list-style-type: none"> ▪ El valor alcanzado del indicador está muy por debajo de la meta programada o supera tanto la meta programada que se puede considerar como una falla de planeación (es decir la meta no fue bien establecida); de conformidad con los rangos establecidos. ▪ Requiere profundizar diagnóstico de eficiencia física, hidráulica y energética. ▪ Requiere incrementar relaciones interinstitucionales, conformar consejo de cuencas y tomar medidas correctoras urgentes. |
| 16- 31 | 16 – 26 | 6- 11 | 3 -5 | DEFICIENTE | | |
| 32- 47 | 27 -36 | 12- 17 | 6 -8 | REGULAR | Con ries- go (amari- llo) | <ul style="list-style-type: none"> ▪ El valor alcanzado del indicador es menor que la meta programada en relación al objetivo estratégico pero se mantiene dentro del rango establecido. ▪ Requiere revisión del diagnóstico de eficiencia y de los indicadores de los subcriterios por componente y establecer medidas correctoras. |
| 48-77 | 37- 47 | 18 -20 | 9-11 | BUENO | | |
| 78 -100 | 48 - 57 | 20 - 21,5 | 12 – 21,5 | EXCELENTE | Aceptable (verde) | <ul style="list-style-type: none"> ▪ El valor alcanzado del indicador se encuentra en un rango por encima o por debajo de la meta programada, pero se mantiene dentro del rango establecido. ▪ Requiere evaluación permanente. |

3.3. Fase 3. Evaluación general del desempeño y sostenibilidad de las empresas del servicio de agua potable según el resultado de IDSAAP

Al culminar la valoración del **IDSAAP** por criterio y subcriterio que componen la prestación del servicio de agua potable de la empresa u operador de agua en estudio, se procede luego a generar los diagramas y gráficos de representación en porcentajes relativos, ya que facilita su comprensión al momento de compararlos con otras empresas prestadoras del servicio de agua potable, así como agilizar la detección de alternativas para la toma de decisiones, ya que se comparan pesos ponderados por criterio general (ver capítulo 5).

Además se permite, con facilidad visual, evidenciar los subcriterios con rangos porcentuales críticos y que ameritan inversión de recursos y esfuerzos adicionales de la institución y el personal que lo conforman para su evolución positiva.

4.4.1.4. Etapa 4

Se intenta presentar, la forma en que podría institucionalizarse un sistema de Indicadores de desempeño y sostenibilidad (SIEDSA), en un operador de agua con características similares a la empresa Aguas de Mérida C.A., para su aplicación en el programa de trabajo y en las actividades normales de la institución (Unidad de Planificación) que lidera el proceso de construcción y mantenimiento del sistema de indicadores, en colaboración con un representante de cada área de la empresa.



Fuente: adaptado de Quiroga (2009), CONAGUA (2012), Schuschny & Soto (2009)

Imagen 4.28. Ruta metodológica de la etapa 4.

4.5. Conclusiones y líneas futuras de investigación del capítulo 4

Se cumple con la hipótesis H_1 y H_2 , y los objetivos propuestos como fundamentos de desarrollo del capítulo 4, especialmente se concluye lo siguiente:

Tras un proceso de iteración dinámica, compleja y participativa ejecutado durante el período 2012 – 2015 en varias mesas de trabajo (40); se evidenció que existen fuertes debilidades en el monitoreo, seguimiento y evaluación de políticas, planes y programas en torno al uso eficiente del agua en los sistemas de abastecimiento de agua potable para las poblaciones asentadas en el ámbito urbano, que limita la selección de indicadores estratégicos cuantitativos sustentadas en series de tiempo estadísticamente válidas.

Ante esta situación, el modelo metodológico propuesto partió de la combinación de las cuatro metodologías previamente seleccionadas (modelo FPEIR «fuerzas motrices, presiones, estado, impacto, respuesta»; modelo diagnóstico de la sostenibilidad de un abastecimiento de agua; metodología propuesta para la incremento de eficiencia física, hidráulica y energética en sistemas de agua potable y metodología para la medición de la gobernabilidad y gobernanza del agua aplicada a la prestación del servicio de agua potable). Esto permitió identificar, seleccionar y caracterizar los indicadores estratégicos vinculados al sector agua potable, determinando su interrelación con las dimensiones de la sostenibilidad.

Este proceso secuencial y complejo, permitió incorporar como eje transversal la validación y revalidación bajo diversas técnicas en las que se destacan el proceso analítico jerárquico (AHP), el método Delphi y la conformación de panel expertos que contó con la participación de trabajadores y especialistas de la empresa Aguas de Mérida C.A.; todo ello, permitió en consenso el cribado de **84 indicadores** seleccionados preliminarmente para construir y validar un sistema de indicadores estratégicos, logrando obtener el **sistema de indicadores para la evaluación del desempeño y sostenibilidad (SIEDSA)** conformado por **veintiún (21) indicadores estratégicos**, que resultaron en su selección viables de aplicar en una primera aproximación donde el operador de agua cuenta con limitaciones de registros, por lo que se convierte en una herramienta de medición y seguimiento para un período determinado para la planificación y gestión del servicio de agua potable con integración ambiental.

Es de interés resaltar que este proceso grupal de iteración fue complejo, al romper paradigmas en los pilares de la prestación del servicio de agua potable, que trajo como efecto responder a las hipótesis planteadas en la investigación y lograr la integración de los parámetros o pilares de la prestación del servicio de agua potable en las dimensiones de la sostenibilidad, esto gracias a la experiencia técnica de gran trayectoria de la empresa prestadora del servicio de agua potable en estudio.

Por tanto, se determina que en la prestación del servicio de agua potable (SAP), sus procesos son complejos y se interrelacionan entre sí y al contextualizarlo en las dimensiones de la sostenibilidad, el criterio **Ambiental** tiene una importancia de un **57%** debido a que el uso eficiente del agua en los procesos de gestión del agua potable es indispensable, el criterio **Social** un **21.5%** que cuenta con un índice global que lo integran 13 parámetros que influye en la gobernabilidad del agua potable y el **Económico** con un **21,5%**, donde cualquier decisión u intervención en este ámbito afectará el desempeño y sostenibilidad del prestador del servicio, esto representa una aportación innovadora que permitió desarrollar un modelo flexible para evaluar el desempeño y sostenibilidad de un prestador del servicio de agua potable, al incorporar la dimensión ambiental como eje transversal de la prestación del servicio, de esta forma se trasciende a la visión tradicional de los parámetros cobertura, calidad, cantidad, continuidad y oportunidad.

Lo antes expuesto, contribuyó a que a partir del **índice de sostenibilidad de un abastecimiento de agua (ISA)** propuesto por Benavides en el año 2010, surgiera el **índice del desempeño y sostenibilidad de la prestación del servicio de agua potable (IDSAAP)**, cuyos indicadores que lo conforman ya han sido validados científicamente y aplicados a otros casos de estudios, por lo que cuentan con parámetros verificables, robustos y normalizables con la técnica de re-escalamiento (valores 0,1); esto garantizó que estos indicadores finales estén en concordancia con las ideas que dieron lugar a su elección y su representatividad con validez científica para su agregación.

En este contexto, el **índice del desempeño y sostenibilidad de la prestación del servicio de agua potable (IDSAAP)**, representa una proporción convergente, numérica y descriptiva de la interrelación de las dimensiones de la sostenibilidad en los procesos de gestión para la prestación del servicio de agua potable, que requiere medición continua de variables y parámetros de los procesos de gestión de agua potable (GAP) registradas en un sistema de información (SIAP).

Es por ello, que el **IDSAAP**, se ofrece como una herramienta útil y flexible para el uso de las empresas prestadoras del servicio de agua potable, que requieren instrumentos de evaluación de desempeño como punto de partida, que pueda orientar a los responsables de la planificación y gestión de los procesos del agua potable para la prestación del servicio a las población ubicada en ámbitos urbanos a la toma de decisiones oportunas, que permitan afinar diagnósticos en busca de la eficiencia total del servicio en el marco de las dimensiones de la sostenibilidad. Al lograrlo, esta herramienta podrá incorporar indicadores estratégicos cuantitativos que lo haga más robusto, así se podrá minimizar la subjetividad que pudiese llegar a ocasionar esta primera aproximación de evaluación por ser el primer instrumento diseñado para tales fines.

Por lo antes mencionado, este nuevo modelo propuesto a la comunidad científica y empresas prestadoras del servicio de agua potable, fue posible gracias al análisis de las

declaraciones y acuerdos internacionales durante un periodo de 68 años, por lo que su concepción se vincula directamente con lo adoptado en la Cumbre de la Tierra de Río de Janeiro (1992), donde se planteó en el marco de acuerdo, que el agua es parte integrante y aseguradora del Desarrollo Sostenible, por lo que pretende contribuir a que se trascienda y se redimensione la visión de que sólo el acceso al agua potable es medido a través de la cobertura de agua potable y saneamiento.

En este sentido, se espera que el modelo propuesto sea una referencia útil de gestión del servicio de agua potable para el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y los Objetivos del Milenio (ODM); que en el caso de Venezuela, resulta innovador y consonó con las políticas, planes y programas de desarrollo de la nación en torno al recurso hídrico; ya que podrá contar con un instrumento técnico inicial y mejorable continuamente, que le permita a la Autoridad Nacional de las Aguas, realizar la evaluación de la sostenibilidad y desempeño ambiental de las empresas prestadoras del servicio de agua potable, como usuarios del recurso agua.

En cuanto a las líneas futuras de investigación, se considera de interés:

- Que las empresas prestadoras del servicio de agua potable, desarrollen un **sistema de información (SIAP)**, automatizado que permita el registro continuo de los datos primarios, parámetros y variables de interés para el **sistema de indicadores para la evaluación del desempeño y sostenibilidad (SIEDSA) de la prestación del servicio de agua potable**, ya que se evidencia que sólo las áreas comerciales y administrativas cuentan con base de datos automatizada, sin embargo, aún existen técnicas en las otras áreas que los registros aún son de forma manual que afectan la calidad de los datos aportados por errores involuntarios.
- Desarrollar la evaluación del ciclo de vida en los procesos de gestión del agua potable, con el fin de incorporar otros indicadores de gestión y estratégico de interés, que permitan conocer al detalle, la condición e impacto ambiental que provocan debido al uso de sustancias químicas y generación de lodos y desechos en el proceso de potabilización.
- Desarrollar un programa de capacitación en el área de estadística, para el personal que asumirá la responsabilidad del sistema de información (SIAP) y sistema de indicadores para la evaluación del desempeño y sostenibilidad (SIEDSA) de la prestación del servicio de agua potable.
- Dar inicio al proceso de diseño del sistema de control de calidad y sistema de gestión ambiental, ya que la Empresa objeto de estudio, cuenta con manuales de organización (normas y procedimientos).

- Las empresas prestadoras de servicio de agua potable, deben contar o realizar el diagnóstico detallado de la **eficiencia total** (eficiencia física, hidráulica, energética), ya que a nivel general se evidencia en la empresa objeto de estudio presenta fuerte debilidad en los procesos de medición que permita conocer a detalle el proceso de captar, conducir, regularizar, potabilizar y distribuir el agua, desde la fuente natural hasta los usuarios y suscriptores; esto no permitió incorporar indicadores cuantitativos estratégicos de interés, por lo que se dificultó demostrar el grado de eficiencia total y calidad del servicio que se presta a través del sistema de abastecimiento de agua potable objeto del presente estudio,

Esta recomendación se realiza debido a que la desatención del sistema de acueducto cada día se incrementa, y las desmejoras, influyen en la gobernabilidad del agua potable, ocasionando servicios discontinuos del agua potable, bajas presiones, niveles de fugas que pueden llegar hasta alcanzar el 50% del volumen suministrado, agua no potable por falta de mantenimiento preventivo y correctivo de la infraestructura hidráulica y otros activos, daños a equipos de bombeo, bajas a nula inversiones de rehabilitación y ampliación del sistema de acueducto administrado, usos clandestinos, baja cobertura de micro medición, usos mal clasificados e identificados, cartera de suscriptores vencida importante, esquemas tarifarios lejos de la realidad, altos consumos de materiales y equipos, baja recaudación de la facturación del servicio, falta de implementar sistemas de información geográfica para el catastro de redes y usuarios, falta de apoyo al programa de medición de caudales y calidad de agua, entre otras que influyen en la operatividad del sistema de abastecimiento y el resquebrajamiento financiero e institucional de la empresa del servicio de agua potable en ámbitos urbanos.

- Como línea futura de investigación, se propone partir de la metodología propuesta para incorporar en la evaluación del desempeño y sostenibilidad el ciclo urbano del agua para determinar la huella hídrica de las empresas prestadoras del servicio de agua potable y saneamiento, esto se sugiere a pesar que aún en los países de Latinoamérica aún existen serios problemas en el sector saneamiento, por lo que representa un gran desafío dar los primeros pasos.



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



CAPÍTULO V

Validación de la propuesta metodológica para la evaluación del desempeño y la sostenibilidad de la gestión del agua potable.

Caso de estudio:
Aguas de Mérida C.A., Venezuela.

Desarrollo de una metodología para la evaluación del desempeño y la sostenibilidad ambiental en la gestión del agua potable. Caso de Estudio: Aguas de Mérida C.A. (Venezuela).

CAPITULO V

Validación de la propuesta metodológica para la evaluación del desempeño y la sostenibilidad de la gestión del agua potable. Caso de estudio: Aguas de Mérida C.A., Venezuela

5.1. Consideraciones generales del capítulo 5

El caso de estudio que se desarrolla en el presente capítulo pretende contrastar la metodología expuesta en el capítulo precedente, con el fin de validarla.

La metodología ha sido diseñada con la intención de ofrecer una herramienta útil y flexible para el uso de las empresas prestadoras del servicio de agua potable, que facilite a los responsables de la planificación y gestión de los procesos del agua potable, evaluar su nivel de desempeño y sostenibilidad (DSA) de la prestación del servicio de agua potable. En atención a ello, surgió la siguiente interrogante:

¿La aplicación de la metodología le permitirá a la empresa prestadora del servicio de agua potable y a la autoridad nacional de aguas conocer la situación inicial y evolución del desempeño y la sostenibilidad?

5.2. Hipótesis y objetivos

5.2.1. Hipótesis

***HI:** La aplicación de la metodología al caso de estudio: Aguas de Mérida C.A. (Venezuela), permite conocer la situación actual y los factores que influyen en el desempeño y la sostenibilidad de la empresa prestadora del servicio de agua potable en ámbitos urbanos para la toma de decisiones oportunas que correspondan y el monitoreo de su desempeño ambiental.*

5.2.2. Objetivo general

- Validar metodología propuesta para la evaluación del desempeño y la sostenibilidad en las empresas prestadoras del servicio de agua potable en ámbitos urbanos, mediante un caso de estudio.

5.2.2.1 Objetivos específicos

- A. Desarrollar marco de referencia del caso de estudio
- B. Realizar la evaluación del desempeño y sostenibilidad (EDSA) de una empresa prestadora del servicio de agua potable, aplicando propuesta metodológica formulada en el capítulo IV de la presente tesis doctoral

5.3. Materiales y métodos

El presente capítulo se sustenta en la metodología de evaluación del desempeño y sostenibilidad desarrollada en los capítulos 2, 3 y 4, que se sistematiza siguiendo el procedimiento metodológico planteado por el Observatorio de la Sostenibilidad de España (OSE) en el año 2008; Quiroga (2009), Benavides (2010), Rojas (2010) y Sandoval (2011); por lo que se estructuró de la siguiente manera:

1. Marco de Referencia del Caso de Estudio
 - A. Contexto institucional Aguas de Mérida C.A.
 - B. Contexto operativo del sistema de acueducto de Mérida.
 - C. Contexto ambiental con énfasis en la fuente abastecedora de agua «subcuenca hidrográfica del río Mucujún», debido a que la propuesta metodológica incluye en el sistema de indicadores aspectos ambientales, por lo que trasciende a la concepción de iniciar desde la captación hasta la distribución.
2. Evaluación del desempeño y sostenibilidad de la empresa Aguas de Mérida C.A.

5.4. Resultados y discusión de resultados del capítulo 5

5.4.1. Marco de referencia del caso de estudio

A. Contexto institucional de la empresa prestadora del servicio de agua potable: Aguas de Mérida C.A.

El marco institucional del caso de estudio, está referido a la empresa descentralizada Aguas de Mérida C.A., creada el 27 de Julio del año 1998 por resolución de la Asamblea Legislativa del estado Mérida, Venezuela y Acuerdo de Cámara de los 22 municipios que decidieron agrupar y organizar este servicio con un capital accionario de 40% de acciones de la Gobernación del estado Mérida y 60% de acciones distribuidas en las Alcaldías de acuerdo a su población, distribuidos de la siguiente manera: 1. Libertador (10%), 2. Alberto Adriani (5%), 3. Resto de municipios de acuerdo al número de habitantes: (45%) Campo Elías, Tovar, Sucre, Tulio Febres Cordero, Caracciolo Parra y Olmedo, Obispo Ramos de Lora, Miranda, Rivas Dávila, Rangel, Arzobispo Chacón, Julio César Salas, Santos Marquina, Andrés Bello, Guaraque, Pueblo Llano, Cardenal Quintero, Justo Briceño, Aricagua, Padre Noguera y Antonio Pinto Salinas. (Aguas de Mérida C.A., 2004a).

Es importante resaltar que el municipio Campo Elías desde el año 1994, cuenta con la empresa hidrológica descentralizada al municipio “Aguas de Ejido C.A.”, cuyos accionistas mayoritario es la Alcaldía del municipio Campo Elías (60%) y la Gobernación del estado Mérida (40%), por tal razón fue el único municipio de los 23 del estado Mérida que no está incluido en el ámbito de responsabilidad de la empresa regional Aguas de Mérida C.A.

En este contexto, la empresa regional en estudio, es el resultado del proceso de modernización y de reestructuración del sector agua potable y saneamiento en Venezuela, la cual funciona desde el punto de vista administrativo y legal como una compañía anónima, estando encargada desde su fundación en el año 1998, de administrar, operar, mantener, ampliar y rehabilitar los sistemas de distribución de agua potable y los sistemas de recolección y disposición de las aguas servidas en el estado Mérida, Venezuela.

Sin embargo, ante la dinámica política del Estado Venezolano, a partir del año 2004 se inicia la transformación institucional, con un nuevo horizonte previsto en el proceso de reorganización iniciado a finales del año 2001, sustentado en el modelo conceptual de procesos basado en un enfoque sistémico integral adecuado al marco legal que establece la Ley Orgánica para la prestación de los servicios de agua potable y de saneamiento vigente. En esta transformación del sector en el estado Mérida, según informe de Aguas de Mérida C.A. (2004b), se pretende alcanzar un modelo de gestión efectivo, que contribuya al fortalecimiento de la prestación de los servicios en los municipios, propicie la participación ciudadana y garantice la sustentabilidad financiera de la empresa. En fin, que Aguas de Mérida sea verdaderamente, una respuesta social para la comunidad y establece: «La sociedad tendrá como objeto social principal, garantizar la prestación material, directa, continua, eficaz y con regularidad del servicio de abastecimiento de agua potable y de recolección, tratamiento y disposición de las aguas residuales en el estado Mérida, con plena autonomía de gestión administrativa y técnica» [...] y para lograrlo establece lo siguiente:

A.1. Competencias generales

- Planificar y administrar los servicios.
- Elaborar planes, proyectos y programas de supervisión, control, contingencia e inversión necesaria para la mejor prestación de los servicios de abastecimiento de agua potable y de saneamiento.
- Ejecutar las operaciones y el mantenimiento necesario a la infraestructura instalada que conforman los sistemas de acueductos y cloacas que administra.
- Ejecutar y supervisar las obras, sistemas, instalaciones y equipos con sujeción a las Leyes, Normas técnicas y sanitarias que regulan la prestación del servicio.
- Percibir los ingresos por concepto de tarifas por la prestación de servicios y establecer los mecanismos de recuperación de las inversiones efectuadas, con el fin de ampliar los servicios de agua potable y de saneamiento.
- Dentro de su capacidad financiera, colaborar con el desarrollo de programas de protección y saneamiento de las fuentes abastecedoras y cuencas receptoras.
- Sobre la base de las leyes y contratos de delegación, establecer un sistema tarifario que le procure los recursos necesarios para el cumplimiento de su objetivo.
- En general, ejecutar las actividades necesarias y complementarias, financieras, jurídicas y convenientes para su desarrollo e incremento patrimonial.

- Cumplir con lo establecido en la Ley Orgánica para la prestación de los servicios de abastecimiento de agua potable y de saneamiento y demás leyes que rigen el accionar de esta empresa.
- Suscribir convenios con las autoridades competentes para el uso de las aguas.

A.2. Visión

Aguas de Mérida, C.A., aspira ser una empresa hidrológica moderna y eficiente, líder en el país y reconocida en el ámbito internacional, en continuo crecimiento y desarrollo, con capacidad técnica y financiera, orientada a satisfacer las necesidades del servicio a toda la población del estado Mérida, promoviendo el equilibrio ambiental, la participación protagónica de las comunidades y el compromiso de las municipalidades.

A.3. Misión

Aguas de Mérida, C.A., garantiza de manera efectiva y oportuna, la administración de la prestación de los servicios públicos de agua potable, recolección, tratamiento y disposición de aguas servidas, preserva los recursos hídricos, protege el ambiente y contribuye a elevar la calidad de vida de la población del estado Mérida.

A.4. Objetivo general

Garantizar de manera efectiva y oportuna, la administración de la prestación de los servicios públicos de abastecimiento de agua potable, recolección, tratamiento y disposición de aguas servidas a la población del estado Mérida, con la participación protagónica de las comunidades y municipios, preservando los recursos hídricos y protegiendo el ambiente.

A.5. Políticas

- Diseñar e implementar las líneas de acción en el marco de la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela, Ley Orgánica para la Prestación de los Servicios de Agua Potable y de Saneamiento, Ley Orgánica de Planificación, Ley de los Consejos Locales de Planificación Pública, Ley Orgánica de Régimen Municipal, Contratos de Delegación y otras leyes vinculadas con la prestación de los servicios de agua potable y saneamiento, enmarcadas dentro de las líneas generales de Plan de Desarrollo Económico y Social de la Nación.
- Promover modelos de gestión (cooperativas, mesas técnicas de agua, unidades comunitarias de gestión, entre otros) que estimulen la participación activa de las municipalidades y comunidades organizadas, en la prestación de los servicios de agua potable y recolección, tratamiento y disposición de aguas residuales.

- Incorporar, dentro de un concepto integral, la condición de servicio público de carácter social, a través del principio de equidad, dentro de una concepción de gestión social, que logre aumento en la cobertura del servicio, bajo un enfoque sustentable y sostenible.
- Incorporar las comunidades organizadas en la planificación, ejecución y control social de las inversiones del sector agua potable y saneamiento, a través de los consejos locales de planificación y políticas públicas, consejos comunales, comités de mesas técnicas de agua, entre otros.
- Establecer un equilibrio financiero, entre costos de producción de los servicios agua potable y saneamiento y los ingresos producidos por los mismos, fortaleciendo su autosuficiencia financiera.
- Promover la eficiencia en la gestión de Aguas de Mérida C.A., como empresa prestadora de los servicios de agua potable y saneamiento, a través del fortalecimiento organizacional, orientado en lo interno a capacitar y actualizar el talento humano, que conlleven a la optimización de los procesos e implementación nuevas tecnologías.
- Promover la investigación y adecuación de tecnologías alternativas en la prestación de los servicios de agua potable y saneamiento, que proporcionen soluciones más económicas, de mayor rendimiento e impacto sobre la gestión.

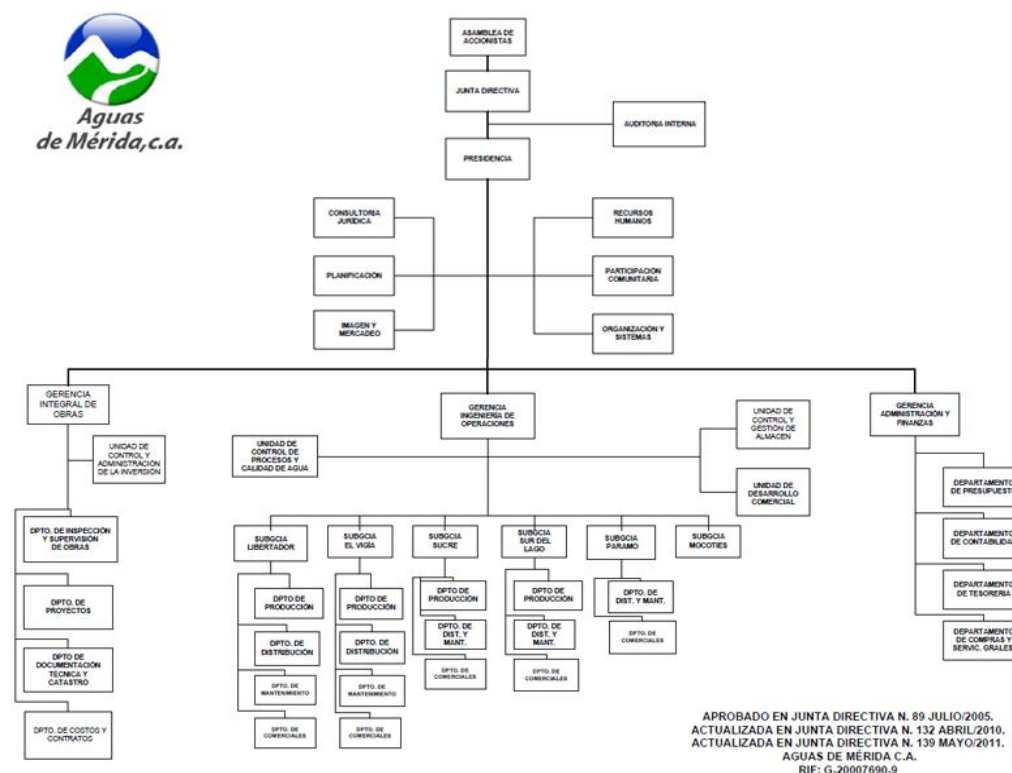
A.6. Estructura organizativa

En cuanto a la organización funcional, Aguas de Mérida C.A. cuenta con los manuales de organización, así como de normas y procedimientos que rigen el funcionamiento de cada una de sus áreas (Aguas de Mérida C.A., 2009a), los cuales fueron aprobados según Gaceta Oficial N° 2116 de fecha 22 de Junio del año 2010. Por tanto, la organización cuenta con un nivel jerárquico que se describe según sus estatutos vigentes, a continuación:

- **Asamblea de accionistas.** Es el órgano de mayor jerarquía de la empresa, representa a la universalidad de los accionistas, siendo sus decisiones de obligatorio cumplimiento para todos, aún para los que no hayan concurrido a ella.
- **Comisario o comisaria.** Designado por la asamblea de accionistas, siendo el encargado de revisar, fiscalizar y evaluar la gestión administrativa y operaciones económico-financieras de la empresa.

- **Junta directiva.** Está integrada por nueve (9) miembros principales, ocho (8) directores o directoras principales elegidos de la forma siguiente: tres (3) en representación de la Gobernación del estado Mérida; tres (3) en representación de los municipios; uno (1) en representación del municipio Libertador; un (1) Director (a) laboral nombrado según lo establecido en la Ley Orgánica del Trabajo; y un (1) Presidente o Presidenta, que serán elegidos por la asamblea de accionistas. Cada director (a) tendrán su respectivo suplente, nombrados de acuerdo a las representaciones aquí establecidas.
- **Unidad de auditoría interna.** Es el órgano encargado de ejercer el control, verificación y fiscalización de la actividad administrativa, económica y financiera de la empresa y del sistema de control interno aplicado por la administración activa de la empresa.
- **Secretario (a).** Es designado por la junta directiva, quien asistirá a las reuniones de junta directiva, con derecho a voz, llevará los libros de Actas de Asamblea de Accionistas y de Junta Directiva y dará fe de la autenticidad del contenido y firmas estampadas al pie de las mismas. Estas mismas funciones las ejercerá en la Asamblea de Accionistas.
- **Presidente (a).** Es el ejecutivo(a) de la empresa que velará por el cumplimiento de los estatutos, leyes, reglamentos internos, resoluciones de la asamblea de accionistas y junta directiva, así como reglamentos locales, regionales y nacionales que sean aplicables a la empresa.
- **Unidades de staff.** Constituyen las áreas de apoyo, que brindan asesoría a la Presidencia, Gerencias y Subgerencias operativas-comerciales de la empresa, las cuales se mencionan: Consultoría jurídica, recursos humanos, imagen y mercadeo, organización y sistemas, participación comunitaria y planificación.
- **Nivel gerencial.** Conformado por tres gerencias: Gerencia ingeniería de operaciones, gerencia de administración y finanzas y gerencia integral de obras; responsables de la coordinación e implementación de políticas, estrategias, normas en materia de inversión en infraestructura hidráulica, así como el seguimiento, control y evaluación de los procesos administrativos, presupuestarios, de comercialización y operacionales de la organización.
- **Nivel operativo.** Responsables de potabilizar, operar, mantener y comercializar los sistemas administrados por la empresa. Geográficamente los sistemas están ubicados en seis (6) subgerencias: Libertador, El Vigía, Páramo, Mocoties-Pueblos del Sur, Sur del Lago y Sucre.

Los niveles jerárquicos de la organización en estudio descritos anteriormente, se presentan en el siguiente organigrama vigente para el período de la investigación.

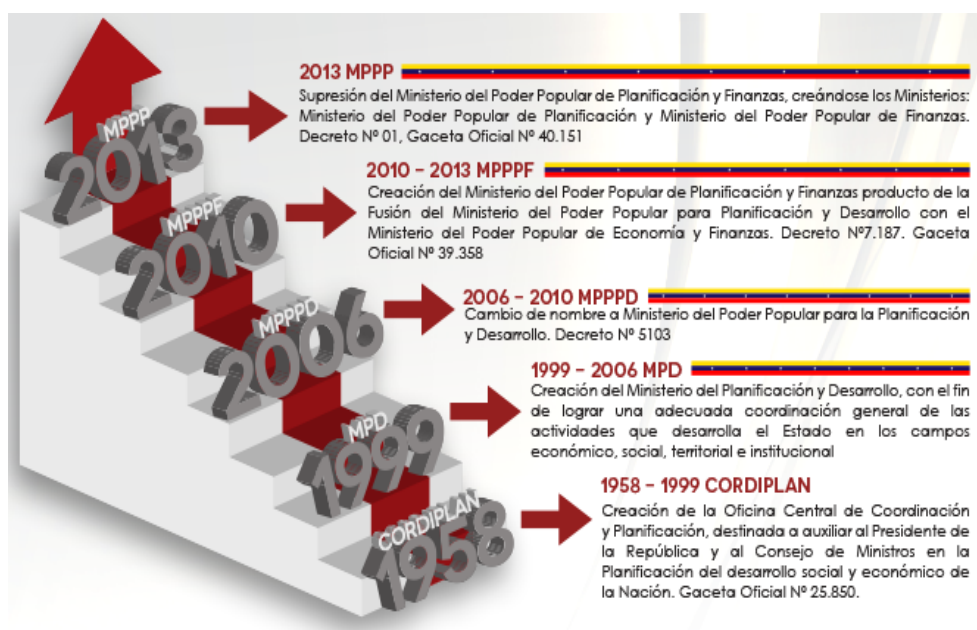


Fuente: Aguas de Mérida C.A. (2005)

Imagen 5.1. Estructura organizativa de Aguas de Mérida C.A.

A.7. Planificación y control de gestión

Los procesos de planificación de Aguas de Mérida C.A. como ente descentralizado, se rige por las pautas establecidas por el Estado Venezolano a través del Ministerio del Poder Popular para la Planificación [MPPP] denominado así hasta el periodo de evaluación establecido en la investigación, ya que presenta gran dinámica de transformación institucional durante el período 1958 – 2013 (imagen 5.2).



Fuente: Ministerio del Poder Popular para la Planificación [MPPP], (2015)

Imagen 5.2. Evolución del ente rector de la planificación en Venezuela

Por tanto, es de interés resaltar que en Venezuela la formulación presupuestaria está inmerso en la normativa legal vigente, que las empresas hidrológicas en el país deben cumplir, por lo que la planificación se efectúa a través del Plan Operativo Anual (POA) – Presupuesto (MPPP, 2014); regidos por la Ley Orgánica de la Administración Pública, Ley Orgánica de la Administración Financiera del Sector Público, la Ley Orgánica de Planificación Pública y Popular, la cual establecen:

Los planes operativos, son aquellos formulados por los órganos y entes del Poder Público y las instancias de participación popular, sujetos a la presente Ley, con la finalidad de concretar los proyectos, recursos, objetivos y metas, trazados en los planes estratégicos. Dichos planes tendrán vigencia durante el ejercicio fiscal, para el cual fueron formulados. (Artículo 52, Ley Orgánica de Planificación Pública y Popular)

Los Presupuestos [...] se vincularán con los planes nacionales, regionales, estatales y municipales, elaborados en el marco de las líneas generales del plan de desarrollo económico y social de la nación [...] y contendrá las políticas, objetivos estratégicos, productos e indicadores incluidos en el plan operativo anual (POA). (Artículo 7, Ley Orgánica de la Administración Financiera del Sector Público)

El funcionamiento de los órganos y entes de la Administración Pública, se sujetará a las políticas, estrategias, metas y objetivos que se establezcan en los planes estratégicos y compromisos de gestión. Igualmente, comprenderá el seguimiento de las actividades, así como la evaluación y control del desempeño institucional y de los resultados alcanzados. (Artículo 18, Ley Orgánica de la Administración Pública)

En este contexto, la empresa Aguas de Mérida C.A., cuenta con un Plan Operativo Anual Institucional (POAI), como instrumento de planificación y gestión, que orienta los procesos de trabajo, convirtiéndolos en propósitos institucionales con objetivos y metas evaluables durante cada ejercicio fiscal, contribuyendo al fortalecimiento institucional y elevar el ordenamiento, la calidad y la transparencia del gasto. Para ello, cuenta con indicadores y medios de verificación que son llevados en las 23 áreas que integran la institución cuyo control y seguimiento es mensual con reportes consolidados por trimestre.



Para la vinculación POA – Presupuesto, Aguas de Mérida C.A. de acuerdo a la legislación vigente contempla:

1. Elaborar el ante-proyecto de POA -Presupuesto de conformidad con los objetivos y metas establecidos para la gestión del agua potable, con la participación de las 23 áreas de la empresa, que debe ser aprobado en Junta Directiva.



2. Registrar los proyectos y acciones centralizadas en el sistema de información sobre los proyectos públicos que a tales efectos establezca el órgano rector de la planificación pública. **En este ítems Aguas de Mérida C.A. consigna solicitud de recursos para proyectos ante los entes nacionales HIDROVEN C.A. y Ministerio de Ecosocialismo y Aguas, a nivel regional a la Gobernación del estado Mérida.**

3. Ajustar los planes y proyectos formulados con base a la cuota asignada por el órgano con competencia en materia de presupuesto. **En el caso específico de este ente descentralizado es producto de la proyección de ingresos propios por recaudación del servicio de agua potable y lo que sea asignado por transferencia de recursos para inversión en obras de entes nacionales y la Gobernación del estado Mérida.**

4. Verificar que los planes y proyectos se ajusten al logro de sus objetivos y metas y a la posible modificación de los recursos presupuestarios previamente aprobados. Dicha aprobación la realiza la Junta Directiva – Asamblea de Accionistas de la empresa.



Un ejemplo de lo antes señalado, se presenta en un extracto del plan operativo anual (POA) de la subgerencia Libertador correspondiente al período Enero – Octubre del año 2015, quien tiene la responsabilidad directa del acueducto urbano de la ciudad de Mérida, para lo cual se muestran los ítems relevantes con el fin de dar a conocer la matriz de planificación y control de la gestión (imagen 5.3).

Desarrollo de una metodología para la evaluación del desempeño y la sostenibilidad ambiental en la gestión del agua potable. Caso de Estudio: Aguas de Mérida C.A. (Venezuela)

| FORMULACIÓN DEL PLAN OPERATIVO Y PROYECTO DE PRESUPUESTO | | | | | | | |
|---|---|--|---|---|----------------------|---|---------------------------------------|
| ANEXO I-1: <<FORMULARIO PARA LA DEFINICIÓN Y EJECUCIÓN DEL PLAN OPERATIVO ANUAL>> | | | | | | | |
| GRANDES OBJETIVOS HISTÓRICOS DEL PLAN DE LA PATRIA 2013-2019: | | II. CONTINUAR CONSTRUYENDO EL SOCIALISMO BOLIVARIANO DEL SIGLO XXI EN VENEZUELA, COMO ALTERNATIVA AL MODELO SALVAJE DEL CAPITALISMO Y CON ELLO ASEGURAR LA "MAYOR SUMA DE SEGURIDAD SOCIAL, MAYOR SUMA DE ESTABILIDAD POLÍTICA Y LA MAYOR SUMA DE FELICIDAD", PARA NUESTRO PUEBLO. III. CONVERTIR A VENEZUELA EN UN PAÍS POTENCIA EN LO SOCIAL, LO ECONÓMICO Y LO POLÍTICO DENTRO DE LA GRAN POTENCIA NACIENTE DE AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE Y CONTRIBUIR CON LA PRESERVACIÓN DE LA VIDA EN EL PLANETA Y LA SALVACIÓN DE LA ESPECIE HUMANA. | | | | | |
| LÍNEA GENERAL DEL PLAN SOCIALISTA DEL ESTADO MÉRIDA 2013-2016: META ESTRATÉGICA DE DESARROLLO: | | INVERSIÓN PÚBLICA EN DERECHOS SOCIALES. CONSOLIDAR UN SISTEMA DE GESTIÓN, PROTECCIÓN Y CONSERVACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE QUE CONTRIBUYA E IMPULSE EL MODELO ECONÓMICO PRODUCTIVO SOCIALISTA EN LOS EJES DE DESARROLLO TERRITORIAL DEL ESTADO. CONSOLIDAR UNA INFRAESTRUCTURA SOCIAL QUE GARANTICE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS REQUERIDOS POR EL ESTADO Y LOS DERECHOS SOCIALES DE LA POBLACIÓN CON ÉNFASIS EN LA VIALIDAD Y TRANSPORTE, SALUD, EDUCACIÓN, CULTURA, DEPORTE, RECREACIÓN, VIVIENDA, SEGURIDAD, ALIMENTACIÓN, SERVICIOS PÚBLICOS Y COMUNICACIÓN. | | | | | |
| Subgerencia / Unidad o Departamento: Sub-Gerencia Libertador | | | | | | | |
| PLAN ESTRATÉGICO DE AGUAS DE MÉRIDA 2015-2019 | | META/PRODUCTO | ACTIVIDADES PARA ALCANZAR EL PRODUCTO | INDICADORES DE GESTIÓN | PATRON DE REFERENCIA | MEDIOS DE VERIFICACIÓN | PROGRAMACION Y EJECUCION FISICA ANUAL |
| OBJETIVO ESTRATÉGICO | ESTRATEGIA | | | | | | Unidad de Medida |
| O6) Uso Eficiente del Agua a partir de la Planificación Operativa del Servicio de Agua Potable y Saneamiento. | obj 6.E7 Formular, implementar y desarrollar el Programa de Control de Calidad de Agua Potable. | 44.110.871 m3 de agua potable producida de la fuente de abastecimiento Mucujún, Albarregas, Pedregosa, Carvajal y La Fria. | Supervisión, Operación y Mantenimiento de Diques, líneas de aducción y Planta Potabilizadora los 365 días del año. | EFICIENCIA EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN. M3 DE AGUA PRODUCIDA x M3 DE AGUA PROGRAMADA 100 | 100% | Resumen de producción de agua (PS 6206) | M3 |
| | | 31.505.811 m3 de agua potable producida de la fuente de abastecimiento Rio Mucujún (1100 L/S) | Eficiencia en la coordinación y ejecución de las actividades inherentes al proceso de potabilización y/o desinfección del agua en los distintos sistemas | M3 DE AGUA POTABLE PRODUCIDA x M3 DE AGUA POTABLE PROGRAMADA 100 | 100% | Resumen de producción de agua PS 6206 | M3 |
| | | 8.540.803 m3 de agua potable producida de la fuente de abastecimiento Rio Albarregas (300 L/S) | Eficiencia en la coordinación y ejecución de las actividades inherentes al proceso de potabilización y/o desinfección del agua en los distintos sistemas | M3 DE AGUA POTABLE PRODUCIDA x M3 DE AGUA POTABLE PROGRAMADA 100 | 100% | Resumen de producción de agua PS 6207 | M3 |
| | | 2.509.056 m3 de agua potable producida en el acueducto La Fria (80 L/S) | Eficiencia en la coordinación y ejecución de las actividades inherentes al proceso de potabilización y/o desinfección del agua en los distintos sistemas | M3 DE AGUA POTABLE PRODUCIDA x M3 DE AGUA POTABLE PROGRAMADA 100 | 100% | Resumen de producción de agua PS 6208 | M3 |
| | | 1.244.260 m3 de agua potable producida en el acueducto La Pedregosa (40 L/S) | Supervisión, Operación y Mantenimiento de Diques, líneas de aducción y Planta Potabilizadora los 365 días del año. | EFICIENCIA EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN. M3 DE AGUA PRODUCIDA x M3 DE AGUA PROGRAMADA 100 | 100% | Resumen de producción de agua (PS 6206) | M3 |
| | | 311.040 m3 de agua potable producida en el acueducto Carvajal (10 L/S) | Supervisión, Operación y Mantenimiento de Diques, líneas de aducción y Planta Potabilizadora los 365 días del año. | EFICIENCIA EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN. M3 DE AGUA PRODUCIDA x M3 DE AGUA PROGRAMADA 100 | 100% | Resumen de producción de agua (PS 6206) | M3 |
| | | 8760 horas/año de servicio de agua potable suministradas a la población dentro del ámbito de responsabilidad de la empresa (24 h/día) | 1.- Verificar estatus de válvulas e hidrantes. 2.- Realizar, ejecución y supervisión programas de racionamientos. 3.- Formulación, ejecución y supervisión del plan de mantenimiento preventivo de equipos, vehículos e instalaciones de los componentes de estanque, red distribución y estaciones de bombeo. 4.- Formulación, ejecución y supervisión del plan de monitoreo de presiones en las diferentes zonas de presión. | EFICIENCIA DEL SERVICIO Horas/ mes de Servicio efectivo x 100 Horas/mes de servicio Programadas | 100% | *Reportes de Mantenimiento y Distribución | Horas /mes de servicio |

Fuente:Aguas de Mérida C.A. (2015e)

Imagen 5.3. Ejemplo POA – subgerencia Libertador “acueducto de Mérida”

Capítulo V. Validación de la propuesta metodológica para la evaluación del desempeño y la sostenibilidad en la gestión del agua potable. Caso de Estudio: Aguas de Mérida C.A. (Venezuela.)

| FORMULACIÓN DEL PLAN OPERATIVO Y PROYECTO DE PRESUPUESTO | | | | | | | | | | | | |
|---|------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|--------------------|--------------------|
| ANEXO I-1: <<FORMULARIO PARA LA DEFINICIÓN Y EJECUCIÓN DEL PLAN OPERATIVO ANUAL>> | | | | | | | | | | | | |
| Subgerencia / Unidad o Departamento: Sub-Gerencia Libertador | | | | | | | | | | | | |
| META/PRODUCTO | EJECUCION FISICA | | | | | | | | | | TOTAL DE PRODUCTOS | % EJECUCIÓN FISICA |
| | I | | | II | | | III | | | IV | | |
| | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | | |
| 31.505.811 m3 de agua potable producida de la fuente de abastecimiento Rio Mucujún (1100 L/S) | 2.678.236 | 2.415.104 | 2.411.436 | 2.580.436 | 2.674.319 | 2.645.561 | 2.487.780 | 2.854.909 | 2.637.758 | 2.764.295 | 31.505.812 | 89% |
| | 2993563 | 2614790,8 | 2.862.433 | 2803059 | 2807360 | 2994567 | 2972920 | 2746862 | 2562415,8 | 2669042,4 | 28027033,14 | |
| 8.540.803 m3 de agua potable producida de la fuente de abastecimiento Rio Albarregas (300 L/S) | 726.034 | 654.702 | 653.708 | 699.522 | 724.972 | 717.176 | 674.404 | 773.927 | 715.061 | 749.363 | 8.540.803 | 86% |
| | 657.169 | 656.365 | 776.736 | 725760 | 766022 | 741312 | 749952 | 774372 | 718891,2 | 742422,24 | 7309001,44 | |
| 1.244.260 m3 de agua potable producida en el acueducto La Pedregosa (40 L/S) | 103.680,00 | 103.680,00 | 103.680,00 | 103.680,00 | 103.680,00 | 103.680,00 | 103.680,00 | 103.680,00 | 103.680,00 | 103.680,00 | 1.244.160,00 | 83% |
| | 103.688,33 | 103.688,33 | 103.688,33 | 103.688,33 | 103688 | 103689 | 103689 | 103690 | 103690,33 | 103690,33 | 1.036.889,98 | |
| 311.040 m3 de agua potable producida en el acueducto Carvajal (10 L/S) | 25.920,00 | 25.920,00 | 25.920,00 | 25.920,00 | 25.920,00 | 25.920,00 | 25.920,00 | 25.920,00 | 25.920,00 | 25.920,00 | 311.040,00 | 83% |
| | 25.920,00 | 25.920,00 | 25.920,00 | 25.920,00 | 25920 | 25921 | 25920 | 25921 | 25920 | 25920 | 259.202,00 | |
| 8760 horas/año de servicio de agua potable suministradas a la población dentro del ámbito de responsabilidad de la empresa (24 h/día) | 744 | 672 | 744 | 720 | 744 | 720 | 744 | 744 | 720 | 744 | 8760 | 82% |
| | 738 | 665 | 735 | 708 | 738 | 715 | 739 | 740 | 702 | 728 | 7208 | |

Fuente: Aguas de Mérida C.A. (2015e)

Imagen 5.4. Seguimiento de POA – subgerencia Libertador “acueducto de Mérida”

A.7.1. Planificación estratégica

A partir del año 2010 enmarcado en procesos de transformación institucional en el marco del desarrollo sostenible, la organización emplea la planificación estratégica en busca de fortalecer la gestión del agua potable y saneamiento. Es por ello, que en el año 2015, es la primera hidrológica descentralizada en Venezuela, que cuenta con un plan estratégico para el período 2015 – 2019, que persigue los siguientes objetivos:

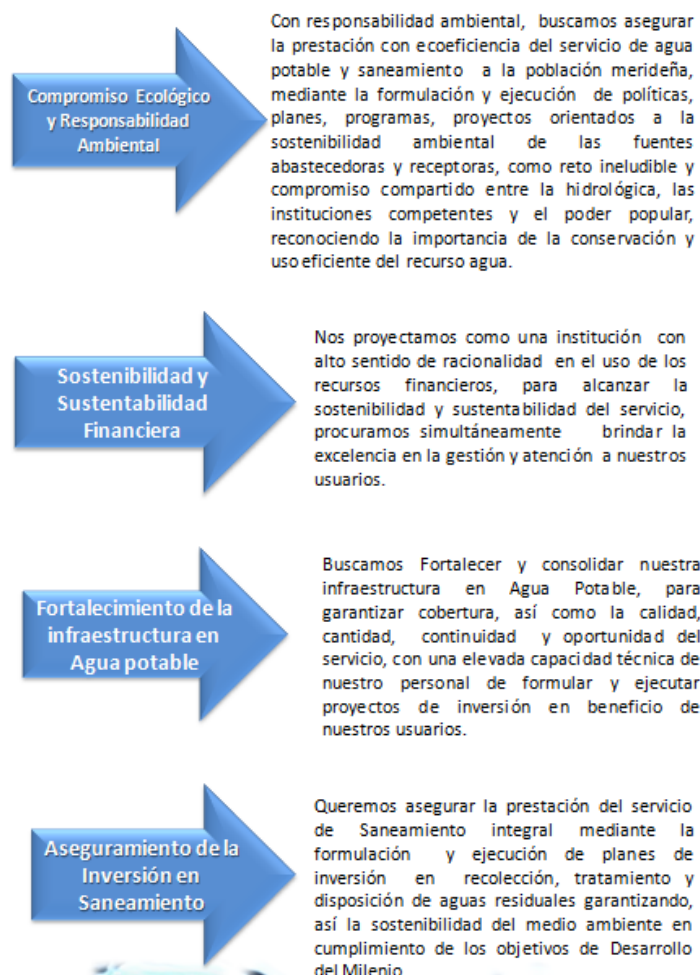
- 1) Talento humano altamente capacitado, motivado bajo el principio de justicia e igualdad social, comprometido con la prestación eficiente del servicio de agua potable y saneamiento en el estado.
- 2) Gestión gerencial que estimule y desarrolle la prestación oportuna y eficiente del servicio de agua potable y saneamiento en el estado
- 3) Participación del poder popular como instancia organizada, que bajo el principio de inclusión y corresponsabilidad social, procuren la sostenibilidad y sustentabilidad de sus sistemas de agua potable y saneamiento.
- 4) Gestión financiera sostenible y sustentable mediante una retribución económica justa por la contraprestación del servicio, que permita cubrir los gastos que se derivan del proceso productivo del agua potable suministrada a la población merideña.
- 5) Gestión ambiental implementada en cuencas abastecedoras y receptoras de los servicios de agua potable y saneamiento.
- 6) Uso eficiente del agua a partir de la planificación operativa del servicio de agua potable y saneamiento.
- 7) Vida útil restituida de los sistemas de abastecimiento de agua potable.
- 8) Servicio de saneamiento integral que garantice su ejecución efectiva

Para lograrlo, Aguas de Mérida C.A. en el año 2015, incorporó entre sus políticas institucionales lo siguiente:



Buscamos que la participación de nuestras comunidades en la prestación de los servicios de Agua Potable y Saneamiento, se convierta en un eje estratégico y transversal que añada valor a la gestión de la hidrológica. No bastan los conocimientos técnicos si no van acompañados de los saberes populares de nuestras comunidades, esto implica incorporar sus opiniones, sugerencias y conocimientos.

De esta manera, el poder popular se convierte en el actor estratégico dentro de la gestión de la hidrológica, dando un paso adelante en la planificación de la participación social, como línea base en el proceso de cambios que conlleven a la mejora ostensible de los servicios de AP y S en el Estado.



Esto implica un proceso de mejora dinámico (ver anexo 5.D) que busca incorporar como cuarto pilar de la prestación del servicio de agua potable y saneamiento la dimensión ambiental, lo que responde a una de las interrogantes planteadas, ya que la gestión hídrica urbana se halla actualmente en el umbral de una transformación como respuesta a las demandas de agua urbanas que están creciendo rápidamente y a la necesidad de lograr que los sistemas hídricos urbanos tengan mayor capacidad de adaptarse al cambio climático (Bahri, 2012).

B. Contexto operativo

B.1. Generalidades

Según Aguas de Mérida C.A. (2009b), la población merideña obtenía el agua a principios de los años 1800 de pozos y manantiales, situación que fue evolucionando en el tiempo, donde se destaca lo siguiente:

- En el año 1804, Don Ignacio Rodríguez Picón, estableció el servicio de agua en la ciudad de Mérida, a través de acequias. En ese tiempo, se construyó una pila tallada en piedra en la Plaza Mayor, que funcionó hasta que el terremoto de 1812.
- En el año 1875, se entregaron a la compañía Dubai & CIA por orden del Ministerio de Obras Públicas (MOP), la adquisición de 200 tubos de hierro necesarios para el “enconductado” de la ciudad.
- Hasta finales de la década, todas esas decisiones fueron soluciones parciales hasta que en inicios del año 1900, el presidente del Estado, Esteban Chalbaud Cardona, declaró «que el agua de que se surte esta ciudad no reúne las condiciones de pureza» y decretó el 1 de Febrero del año 1904, la construcción de un acueducto derivado del río Albarregas y en el año 1905, José Ignacio Lares, ratificó la decisión, emitiendo un decreto para construir el acueducto de la ciudad. Dos años más tarde, el 23 de Mayo del año 1907, el acueducto fue inaugurado.
- El 11 de Agosto de 1931, el general José Dávila, Presidente del Estado y la Sociedad Otto Schmidli & Max Krauss, suscribieron un contrato para la construcción de las obras de ampliación del acueducto.
- En el año 1939 el Ministerio de Obras Públicas [MOP] y el Ministerio de Sanidad y Asistencia Social [MSAS], designaron una comisión para inspeccionar el funcionamiento del acueducto proveniente del río Albarregas. En ese informe se hacía referencia al mal mantenimiento del sistema de acueducto y se evidenció problemas de contaminación del agua de consumo con altos índices de estreptococos. Por ello, se decidió reformar el sistema de acueducto y construir una planta de tratamiento del agua.
- Durante el período de 1940 a 1948, se construyó la planta de potabilización “Dr. Eduardo Jáuregui” y se otorgó la operación y administración del acueducto al Instituto Nacional de Obras Sanitarias [INOS]. Esta planta de potabilización contó con un plan de mantenimiento y rehabilitación en el año 1989.
- Entre los años 1959 y 1973 continuaron las inversiones del Estado Venezolano para la construcción y ampliaciones del acueducto de la ciudad de Mérida, siendo una de sus obras más destacadas la construcción de la segunda planta de potabili-

zación “Dr. Enrique Bourgöin” en el año 1973 y la construcción de cinco estanques de almacenamiento en diversas zonas de la ciudad.

- En el año 1989, el Ejecutivo Nacional, decidió impulsar un proceso de modernización en la gestión del sector; para liderizar este proceso se creó Hidroandes en el año 1991, tomando en cuenta que para la fecha la situación en que se encontraban estos sistemas era de un franco deterioro, por la falta de inversiones evidenciado en que la mayoría de las unidades de producción (tomas, captaciones y plantas de tratamiento) necesitaban ser sometidas a procesos de rehabilitación, para luego ser atendidos eficientemente a través de programas de mantenimiento preventivo.
- En la década de los años 90, se reimpulsa el sector hacia una modernización y se elabora el plan maestro de agua potable para la ciudad de Mérida en el año 1997 y 1998, con el fin de realizar diagnóstico y planes de inversión para optimizar el sistema de acueducto urbano, logrando la ejecución de obras durante el periodo 2000-2005 con recursos financieros provenientes del ejecutivo nacional, entre la que se destacan la construcción de dos nuevos estanques (Los Corrales y Los Curos), la rehabilitación de dos estanques de almacenamiento (La Vuelta y El Pedregal); la ampliación de las redes de distribución de más de 25 sectores de la ciudad, entre otros el Barrio Andrés Eloy – La Milagrosa, Los Curos, La Sabana, El Campito, Zumba, La Mara, El Carrizal; la construcción y rehabilitación de las estaciones de bombeo Los Chorros, San Pedro y Los Curos; la optimización de las plantas potabilizadoras “Dr. Eduardo Jáuregui” y “Dr. Enrique Bourgöin”; la sectorización de la red de distribución; así como la colocación y sustitución de 252 válvulas y 107 hidrantes.

Sin embargo, con este notable esfuerzo de las autoridades de la empresa en el período 2000- 2005, la mayoría de los sistemas que administra Aguas de Mérida C.A., han llegado al final del periodo de diseño y por ende el deterioro de la infraestructura hidráulica que afecta la prestación del servicio de agua potable a la población merideña y aunado a ello la creciente problemática ambiental de las cuencas hidrográficas abastecedoras de agua y la limitada disponibilidad de recursos financieros para inversión en todos los componentes de los sistemas de acueductos administrados en rehabilitación, ampliación y/o ejecución de nuevas infraestructuras hidráulicas que permitan el uso eficiente del recurso hídrico en todo los procesos de la gestión del agua potable.

Esto debido a que durante estos años, las inversiones nacionales por parte del Estado Venezolano se han priorizado en un 95 % aproximadamente hacia el apoyo de acueductos no administrado por la empresa Aguas de Mérida C.A., para cumplir con la deuda social con comunidades periurbanas y rurales que no contaban con acceso al servicio de agua potable u los sistemas de acueductos rurales que datan de los años 60 presentaban franco deterioro, lo que representa desmejora de los

servicios en las principales ciudades del estado Mérida y en atención a ello y buscando propuestas de solución para mejorar el desempeño, sustentabilidad y sostenibilidad de la empresa surge el **plan estratégico 2015 -2019**, que se encuentra aprobado por la Junta Directiva de la organización y sus objetivos estratégicos están incluidos en el plan operativo anual, esto permite que este vinculado a la ejecución presupuestaria con ingresos propios por facturación del servicio de agua, sin embargo, su ejecución se está viendo afectada por la fuerte recesión del país y en los últimos años (2001 – 2015) del presupuesto total de la empresa se destina de un 48% a 54% en gastos de personal.

Ante este preámbulo, en esta sección, se hará énfasis en uno de los 21 acueductos administrados de la empresa Aguas de Mérida C.A. debido a la información básica confiable disponible para la investigación. En este caso se hará referencia brevemente características relevantes al Acueducto Metropolitano de la ciudad de Mérida que data alrededor de 50 años, que son similares en las condiciones actuales de deterioro y los aspectos relevantes de gestión al cierre del año 2015.

Además es oportuno indicar, que en vista de que no se cuenta con datos expresados en una serie de tiempo de información referida a la eficiencia física- hidráulica – energética del acueducto metropolitano de Mérida, que permitan confiabilidad alta e incorporar indicadores estratégicos robustos estadísticamente, lo que representa una gran limitante para las empresas de servicio de agua potable que operan en países en desarrollo; por tanto, el *sistema propuesto de evaluación de desempeño y sostenibilidad (SEDSA) para la gestión del agua potable en ámbitos urbanos*, resulta flexible para dar los primeros pasos a la evaluación del desempeño y sostenibilidad con el fin de lograr una gestión del agua potable ecoeficiente, ya que permite la incorporación o eliminación de indicadores estratégicos cuali-cuantitativos en el proceso de agregación por criterio y sub-criterio ambiental, social y económico de la prestación del servicio de agua potable, a medida de su implementación, ya que es dinámico, y puede fortalecerse anualmente durante la evaluación del desempeño y sostenibilidad.

Por tanto, esto obliga al prestador del servicio de agua potable a incrementar las acciones de instrumentación, medición, registro, control y seguimiento del comportamiento del sistema de acueducto en su condición física – hidráulica – energética y su interrelación con la sostenibilidad de la cuenca hidrográfica abastecedora, ya que se verá influenciada todos sus procesos por la disponibilidad y calidad del agua cruda (recurso hídrico) a ser transformada en agua potable para abastecer a las poblaciones ubicadas en ámbitos urbanos.

Todo lo antes expuesto, se presentó con el fin de orientar al lector con respecto a los resultados que se obtengan en la sección siguiente del desempeño y sostenibilidad de la empresa Aguas de Mérida C.A.

B.2. Acueducto metropolitano de Mérida

El municipio Libertador donde se ubica el área de estudio, cuenta con una cobertura del acceso al agua potable de un **86%** con una población servida de 234.010 habitantes para el año 2015 (Aguas de Mérida C.A., 2015c). Además, se estima que aproximadamente un 80% del área urbana de la ciudad de Mérida, se abastece del subsistema de producción “Mucujún” (187.208 habitantes).

Es importante resaltar, que estos registros corresponden al ámbito de responsabilidad de la hidrológica, ya que parte de la población ubicadas en áreas periurbanas y rurales del estado Mérida, se abastece de acueductos rurales, y en la mayoría de los municipios, cuya administración antiguamente le correspondía a la Dirección de Malariología y Saneamiento Ambiental adscrita al Ministerio de Salud, y actualmente la responsabilidad le corresponde al gobierno local (Alcaldías) y en otras a las comunidades organizadas en consejo comunal y mesas técnicas de agua.

B.2.1. Sistema de suministro (captación)

El sistema de suministro de agua para la ciudad de Mérida, está conformado por la captación de los ríos Mucujún y Albarregas, junto con las quebradas La Cuesta (en épocas críticas de estiaje), Carvajal (Pozo Azul) y río La Pedregosa. Este sistema se caracteriza a nivel general por lo siguiente:

- La captación del río Albarregas (capacidad de 350 l/s), alimenta a la planta de potabilización Dr. Eduardo Jáuregui (denominada planta vieja), ubicada al noreste de la ciudad de Mérida en el sector Hoyada de Milla, desde donde se abastece principalmente al sector más viejo de la ciudad específicamente la zona ubicada entre los ríos Albarregas y Chama.
- La quebrada o río La Pedregosa, es captada (hasta 100 l/s de los que se usan 50 l/s), en un punto alto de la cuenca y desde allí se abastece directamente al sector conocido como Pedregosa Alta, ubicado al norte de la Avenida Los Próceres al suroeste de la ciudad.
- La captación de la quebrada Carvajal, ubicada en el sector Pozo Azul – Los Curos parte alta, se aprovechan 50 l/s que en época de estiaje se reduce hasta 6,1 l/s, con ello se logra abastecer parcialmente al sector Los Curos Parte Alta – Media que cuenta con una población estimada de 23 mil habitantes.
- El agua captada (aprovechada) de los ríos Mucujún (1100 l/s), quebrada La Cuesta (200 l/s en épocas críticas de estiaje), es llevada a la planta de potabilización Enrique Bourgoïn (denominada planta nueva), ubicada al noreste de la ciudad de Mérida.

da en el sector El Vallecito, constituyendo la fuente principal del acueducto urbano que abastece al 80% de la ciudad de Mérida.

Desde hace tiempo se le ha dado gran importancia a la vocación hídrica de la cuenca para suministrar agua potable a Mérida. De hecho, éste es un uso actual que se inició en 1973 y a partir de 1986 se consagra el derecho legal de agua para consumo humano, comprometiendo un caudal de 900 l/s para abastecer el área metropolitana de Mérida, lo cual subraya la significación de este uso (Silva, 1988 citado por Aguas de Mérida C.A., 2013c).

Es por ello y por ser la principal fuente de abastecimiento del acueducto de la principal ciudad del estado, la empresa Aguas de Mérida C.A. realizó un estudio de rendimiento hídrico, cuyos resultados indican que la productividad de la subcuenca del río Mucujún es moderada, es decir, que por cada km^2 se produce **23,72 l/s**; además señala que el escurrimiento superficial anual es bueno, en términos de eficiencia, es decir, que el 59% de la precipitación es escurrida anualmente (Aguas de Mérida C.A., 2013c).

Adicionalmente, es importante resaltar que el operador de agua cuenta con estudios hidrológicos para las fuentes abastecedoras de los principales sistemas de acueducto del estado Mérida, el cual reporta que la subcuenca del río Mucujún presenta unos flujos mínimos instantáneos (m^3/s) que oscilan entre 0,394 y 1,023 para probabilidades de 4 al 50% como se detalla a continuación:

Tabla 5.1. Flujos mínimos instantáneos m^3/s del río Mucujún

| Fuente abastecedora | Área (km^2) | Precipitación media (mm) | Flujos mínimos instantáneos según probabilidades | | | |
|---------------------|------------------------|--------------------------|--|-------|-------|-------|
| | | | 4% | 5% | 10% | 50% |
| río Mucujún | 195 | 1.269,80 | 0,394 | 0,418 | 0,510 | 1,023 |

Fuente: Tahal Consulting Engineers [TAHAL] (1998); Aguas de Mérida C.A. (2013d)

Es importante resaltar que Aguas de Mérida C.A. desde el año 1995 cuenta con el programa de medición de caudales de las fuentes abastecedoras de agua de los acueductos administrados y no administrados, con su respectiva base de datos y automatizada en un sistema de información geográfica (SIG), que está bajo la responsabilidad del departamento de proyectos (planificador de hidrología y ambiente), en apoyo al monitoreo de caudales en el proceso de producción del agua potable, el cuál presenta fuerte debilidad por la inexistencia de macro medición. Por tanto, la producción de agua para el acueducto urbano de Mérida, se estima en $97.459 \text{ m}^3/\text{día}$ (tabla 5.2).

Tabla 5.2. Producción de agua estimada del acueducto de Mérida

| Sistema | m³/ día | l/s |
|---|---------------------------|--------------|
| Planta de potabilización Eduardo Jáuregui | 24192 | 280 |
| Planta de potabilización Enrique Bourgöin | 69120 | 800 |
| La Pedregosa | 2851 | 33 |
| Pozo Azul | 1296 | 15 |
| Total | 97.459 | 1.128 |

Fuente: Tahal Consulting Engineers [TAHAL] (1998); Aguas de Mérida C.A. (2013d)

B.2.2. Línea de conducción

Como líneas de conducción se consideran las tuberías que transportan el agua desde las tomas (captación) de agua cruda hasta las plantas de potabilización. Donde se han detectado conexiones ilegales en el sector El Vallecito, que han sido desincorporadas por la empresa prestadora del servicio de agua potable en conjunto con actuación de la Fiscalía Agraria y Ambiental adscrita del Ministerio Público. Estas se agrupan de la siguiente manera:

- *Aducción Albarregas.* Está constituida por tubería de acero de diámetro de 250 mm (longitud 429 metros) y 300 mm (longitud 664 metros), siendo el desnivel topográfico entre sus extremos de 91 metros en una longitud de 1.095 metros. La capacidad máxima actual de esta tubería es de 330 l/s. La capacidad teórica es de 452 l/s.
- *Conducción La Pedregosa.* Esta conducción permite la alimentación por gravedad del sector La Pedregosa Alta. Es una tubería de 250 mm de diámetro con una longitud de 120 metros y de 200 mm con una longitud de 180 metros, de hierro fundido. La capacidad teórica es de 120 l/s y actualmente funciona con 100 l/s.
- *Conducción Pozo Azul (quebrada Carvajal).* Esta conducción alimenta por gravedad al sector Los Curos. Es una tubería de hierro fundido con un diámetro de 150 mm con una longitud de 2.250 metros y un desnivel de 329 metros hasta la entrada del estanque de almacenamiento. La capacidad de conducción de esta tubería supera los 60 l/s que como máximo se capta en la toma.
- *Conducción captación Mucujún –planta de potabilización Enrique Bourgöin.* Esta conducción, consiste en una tubería de 900 mm de acero de unos 2.080 metros de longitud con un desnivel entre la cámara de captación y la planta de potabilización es de 82 metros. El caudal máximo que conduce la tubería actualmente, no es mayor a 1.400 l/s. Su capacidad teórica es de 3.314 l/s superior a los requerimientos actuales.

- **Conducción captación La Cuesta – aducción Mucujún:** La tubería que conduce el agua captada en la toma La Cuesta, es una tubería acero de 3.885 metros de longitud, con diámetros que varían desde 600 mm a 400 mm. La diferencia de cotas entre los extremos de la tubería es de 311,55 metros. El diseño prevé la conducción de hasta 300 l/s mientras que la capacidad máxima actualmente es de 200 l/s.

B.2.3. Planta de potabilización Dr. Enrique Bourgoïn

La planta potabilizadora Dr. Enrique Bourgoïn, tiene como fuentes de alimentación el río Mucujún y la quebrada La Cuesta (fuente auxiliar en épocas críticas de estiaje); se encuentra ubicada en las fueras de la ciudad de Mérida cerca de la vía Mérida – Tabay, en el sector conocido como El Vallecito, a una cota de 1812 m.s.n.m. al nivel de la losa superior del estanque de agua filtrada.

La planta de potabilización fue construida en el año 1973 por el Instituto Nacional de Obras Sanitarias (INOS) con rehabilitaciones hasta el año 2002, por tanto, ya han transcurrido 15 años que no se realizan inversiones mayores de rehabilitación, mantenimiento y ampliación del sistema de potabilización, el cual se evidencia en deterioro continuo.

Sin embargo, se resalta que se adapta y ajustan los procesos de tratamiento a la condición del agua cruda captada:

- Modalidad filtración directa para los casos, épocas o períodos del año en que la calidad del agua cruda lo permita quedando el diagrama de flujo de la planta de la siguiente manera: **aducción → mezcla rápida hidráulica (Parshall) → By-pass → filtros → tanque de almacenamiento.**
- Cuando la calidad del agua cruda no permita operar en filtración directa, se opera bajo la modalidad convencional completa según el siguiente diagrama de flujo: **aducción → mezcla rápida hidráulica (Parshall) → mezcla lenta mecánica → sedimentadores de alta rata → filtros → tanque de almacenamiento.**

Durante estos procesos de tratamiento del agua cruda proveniente del río Mucujún, no se cuantifica la cantidad de lodos y desechos generados por el sistema de potabilización (filtros, floculadores y sedimentadores) y son vertidos sin depuración al río Mucujún.

En cuanto al consumo de agua en los procesos de potabilización, la empresa reporta el porcentaje de agua que se pierde en el sistema de potabilización, fluctúa entre 5,64 a 2,04 % al relacionar el volumen de agua a la entrada del proceso de potabilización en m³ y el volumen de agua potable producida en m³ durante el período de operaciones 2004 – 2015 y la meta programada es no superar el 10% por lo que aún existe eficiencia física e hidráulica en el proceso (Aguas de Mérida C.A., 2012a).

Por tanto y a pesar del deterioro de la infraestructura y equipos, Aguas de Mérida realiza un gran esfuerzo humano y financiero, para garantizar el tratamiento del agua cruda y transformarla en agua potable; esto se refleja en los resultados de encuestas aleatorias realizadas en taquilla de pago y atención al ciudadano de una muestra estadísticamente representativa del total de suscriptores del período evaluado 2008 - 2015, asociada al 95% de intervalo de confianza, muestran como resultado un **85 a 97 % de satisfacción por parte de los suscriptores con la calidad del agua** (físicoquímica y bacteriológica); esto se ve soportado en los registros y reportes del operador de agua que reflejan al culminar el proceso de tratamiento para lograr obtener agua potable, el cumplimiento con las normas de calidad de agua vigentes en el país. **Sin embargo, este cumplimiento siempre dependerá de:**

- La adquisición oportuna de insumos, que permitan la continuidad del proceso de potabilización.
- La operatividad de equipos.
- La disponibilidad de reactivos químicos a ser usados en el laboratorio para determinar la condición del agua cruda captada, con el fin de ajustar continuamente los esquemas de dosificaciones de sustancias químicas, debido a los incrementos de los coliformes totales (parámetro bacteriológico) y turbidez – color (parámetros físico químicos) producto de procesos de intervención antrópica en la cuenca abastecedora, el cual se asocia además que dichos asentamientos poblacionales vierten directamente las aguas residuales sin o escaso tratamiento de aguas servidas antes de la captación. Esta situación cada día se viene agudizando porque existe un bajo a moderado control legal y regulación efectiva de explotación de otros recursos y uso de suelo en la fuente abastecedora río Mucujún, por las Autoridades Ambientales competentes. Además de afectar la calidad de agua, esto llegará a **afectar la continuidad del servicio debido a que:**
 - a) La producción de agua potable, está sujeta a factores externos de carácter ambiental como son crecidas torrenciales de las fuentes abastecedoras con grandes aportes de sedimentos, que interrumpen la entrada de agua cruda en los diques toma (captación) de las distintas fuentes.
 - b) la variabilidad climática influye directamente en la variabilidad de caudales en los períodos de sequías. **Esto afecta la producción de agua potable requerida para cubrir la demanda de la ciudad de Mérida, por lo que se extrae alrededor del 86% de caudal disponible para el abastecimiento en épocas de sequía.**

Las condiciones descritas siempre influirán en las fluctuaciones de los m³ producidos con respecto a lo programado, ya que estas condiciones naturales no son controladas por el ser humano.

B.2.4. Sistema de distribución y almacenamiento

- La red de distribución está constituida por más de 250 km de tuberías (que no está registrada en un catastro de redes automatizada), cuyos diámetros varían entre 50 y 300 mm, con una edad que alcanza hasta más de 50 años de instalación para un 30 % de la misma (Aguas de Mérida C.A., 2015d). El material que constituye estas tuberías, se especifica según orden cronológico de instalación: hierro fundido (HF), hierro fundido dúctil (HD), polietileno de alta densidad (PEAD) y polivinil- cloruro (PVC).

En la actualidad, según reportes de Aguas de Mérida C.A. en el año 2005, las redes de distribución que tienen tuberías más antiguas de hierro fundido y galvanizado, presentan problemas de corrosión, que causan fallas estructurales y de reducción de capacidad de conducción por incrustaciones y originan fugas y problemas locales de servicio. En zonas de altas presiones, se presentan problemas de fugas en tuberías (PEAD, PVC) de menor edad y las antiguas de asbesto cemento.

- Existe en el sistema una gran variedad de válvulas reductoras de presión, la que en las épocas de déficit de agua, es común, que se maniobren para que funcionen de manera directa.
- La red de distribución se encuentra dividida en zonas de presión definidos por válvulas reductoras y la existencia de doce estanques de almacenamiento con una capacidad de almacenamiento de 19.000 m³ aproximadamente, que presentan problemas por falta de rehabilitación y mantenimiento.

Tabla 5.3. Zonas de presión de la red de distribución

| Zona de Presión | Estanque | Sectores abastecidos |
|-----------------|-------------------|---|
| 1 | La Vuelta de Lola | Hoyada de Milla, Santa María, La Milagrosa, Santa Ana, Av. Las Américas hasta la Plaza de Toros, Bolívar y la Vuelta |
| 2 | Los Chorros | Los Chorros de Milla, La Milagrosa Alta, Santa Ana Norte, Av. Carnevalli. |
| 3 | Milla | Casco Central, Belén, Paseo La Feria |
| 4 | El Deposito | Av. Los Próceres, El Campito, Sucre, El Llanito, Los Sauzales, Av. Las Américas desde Cardenal Quintero al Terminal, San José de las Flores |
| 5 | Don Tulio | Av. Urdaneta, Av. 16 de Septiembre, Av. Andrés Bello desde Pie del Llano hasta La Mara, Campo Claro, Zumba, |
| 6 | San José | Mocoties, Humboldt, Belensate, Pedregosa Baja, La Mata y La Linda. |
| 7 | Los Curos | Los Curos |
| 8 | La Pedregosa | La Pedregosa Alta, El Pedregal, La Gran Parada. |

Fuente: Tahal Consulting Engineers [TAHAL] (1998); Aguas de Mérida C.A. (2015d)

- Al relacionar el volumen de agua captada en fuente en m³ y el volumen de agua en m³ a la entrada de la red de distribución, se cuenta con una eficiencia física e hidráulica que oscila entre 88,76 a 84,43 %.
- Según estudios realizados por Tahal Consulting Engineers [TAHAL] (1998) en el marco del plan maestro de agua potable de la ciudad de Mérida, cuenta con una dotación bruta de 531 lppd y según registros del período 2001 -2015 de Aguas de Mérida este fluctúa entre 866 a 211 lppd con tendencia en el año 2015 a la disminución, esto se vincula al plan de marketing publicitario que lleva la empresa por diversos medios de comunicación, entre ellas las campaña de uso eficiente del agua y el plan fugas cero.

Es de resaltar, que en vista de la debilidad en la eficiencia hidráulica (sectorización parcial, macro medición inexistente y 28% de micro medición en la ciudad de Mérida), el volumen promedio facturado por habitante oscila entre 300 y 191 lppd, con tendencia de un 66 a 57 % del **agua no facturada** por lo que está incumpliendo con la meta programada < 25%, e influye directamente en la autogestión por ingresos propios por recaudación del servicio de agua prestado por la empresa.

- Para garantizar la continuidad del servicio de agua potable en el acueducto urbano de la ciudad de Mérida, en el plan operativo anual, se programa un servicio de agua potable de 8760 horas/año para el suministro del vital líquido a la población dentro del ámbito de responsabilidad de la empresa (24 h/día), logrando hasta el mes de octubre del año 2015 una continuidad de 7.208 horas durante 10 meses, lo que representa un 82% de cumplimiento de lo programado, **esto se refleja en los resultados de encuestas realizadas a suscriptores de forma aleatoria y mensuales en las taquillas de pago principales que muestran un 45 a 55 % de satisfacción por parte de los suscriptores en la continuidad del servicio**, este comportamiento va depender de lo siguiente:
 - a) Contar con el stock de materiales requeridos.
 - b) Contar con vehículos operativo.
 - c) Contar con equipos y herramientas en óptimas condiciones de operatividad.
 - d) Contar con la operatividad de la planta de potabilización (equipos de potabilización operativos).
 - e) Tipos de fallas: a)corte no programado producto de acciones de terceros , b) corte por fuerza mayor, c)corte no programado, d) corte programado por reparación y/o mantenimiento.

Esto influye además en los días de respuesta efectiva (capacidad de respuesta) a los reclamos por parte de los suscriptores (densidad de reclamos) que oscilan entre 5614 y 9500 reclamos técnicos recibidos durante el período 2004 – 2015, con tendencia al incremento debido al continuo deterioro de la infraestructura hidráulica en el tiempo, sin embargo, la empresa realiza grandes esfuerzos a pesar de las limitaciones financieras y operativas presentando una efectividad de atención de reclamos operativos entre 90 y 98%.

- La variación horaria de la demanda se sitúa entre 0,8 y 1,2 del consumo promedio debido a que se registran altos consumos, y pérdidas en las redes y dentro de los domicilios. La influencia de las pérdidas de agua a nivel de red se puede estimar como media – baja con una marcada influencia en los sectores más antiguos de la red. Y estiman las pérdidas físicas entre 15 – 20% y a pesar de ello aún son muy pocas las medidas de control para reducción de pérdidas de agua en el sistema de acueducto debido a limitaciones financieras. Es por ello, que Tahal Consulting Engineers [TAHAL], estima el agua no contabilizada y las fugas de la siguiente manera:

Tabla 5.4. Estimaciones de agua no contabilizada y fugas

| Descripción | Litros/ seg | % |
|--------------------------------------|-------------|-----|
| Producción promedio | 1228 | 100 |
| Facturación medida | 194 | 16 |
| Facturación estimada | 444 | 36 |
| Facturación total | 638 | 52 |
| Agua no contabilizada | 590 | 48 |
| Consumo estimado en exceso no medido | 266 | 22 |
| Otros pérdidas | 86 | 7 |
| Fugas | 238 | 19 |

Fuente: Tahal Consulting Engineers [TAHAL], (1998)

- En cuanto al déficit de agua, la empresa cuenta con un balance de agua proyectado con la opción de que en el sistema de acueducto sin mejoras en la medición y pérdidas físicas, que indica lo siguiente:

Tabla 5.5. Balance de agua

| Descripción | 1998 | 1999 | 2000 | 2005 | 2010 | 2015 | 2020 |
|--|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|
| Demanda máxima diaria | 1446 | 1500 | 1570 | 1862 | 2104 | 2230 | 2355 |
| Demanda promedio | 1205 | 1250 | 1308 | 1552 | 1754 | 1858 | 1963 |
| Caudal mínimo disponible de las fuentes actuales | 899 | 899 | 899 | 899 | 899 | 899 | 899 |
| Déficit promedio | (306) | (351) | (409) | (653) | (855) | (959) | (1064) |
| Déficit máximo | (547) | (601) | (671) | (963) | (1205) | (1331) | (1456) |

Fuente: Tahal Consulting Engineers [TAHAL], (1998)

B.2.5. Equipos electromecánicos

El sistema cuenta con dos estaciones de bombeo: Los Chorros y La Vuelta, ambas en la actualidad presentan fallas, que ameritan sustitución de bombas, no existe un registro específico del consumo eléctrico, ya que esta subsidiada por la empresa nacional prestadora del servicio eléctrico CORPOELEC. Actualmente no se cuenta con un diagnóstico de eficiencia energética sólo informes técnicos (ver imagen 2.8, capítulo 2).

B.2.6. Otros aspectos de operación y mantenimiento

- *Catastro de Redes.* Existe un catastro de redes de distribución plasmados en planos con buenos detalles y no actualizado.
- El sistema no cuenta con macro medición y lo realiza de forma no permanente con equipos portátiles para la medición de caudales y presiones.
- El mantenimiento de redes se realiza de forma correctiva en sitios donde las fugas son visibles, sin embargo, su reparación no es inmediata ya que debe esperar tiempos prolongados en la atención, debido a las limitadas condiciones de operatividad en cuanto a materiales, equipos, herramientas y vehículos.
- Las válvulas y sistemas de bombeo reciben mantenimientos preventivos con poca frecuencia.
- Existe baja cobertura de micro medición y lo existente actualmente presenta problemas por hurtos continuos de medidores y accesorios.
- Existe un centro de control de operaciones automatizado que no está actualizado y no ha recibido el mantenimiento requerido por falta de recursos financieros.
- Se realiza detección de fugas no visibles a nivel domiciliario como un servicio que se presta al suscriptor y en la redes de distribución de forma eventual cuando se amerita por problema de servicio en un sector sin causa aparente.

B.2.7. Indicadores de gestión de la empresa Aguas de Mérida C.A.

La empresa Aguas de Mérida C.A., cuenta con una base de datos del período 2000-2015, que permitió conocer y evaluar tendencias administrativas, comerciales, operativas, producción de agua, calidad de agua, proyectos, catastro, control de obras, planificación, recursos humanos, costos, contratos, comunitaria y ambiental, que involucran el proceso de gestión del agua potable. Esta actividad implicó una compilación, revisión y análisis de dichos datos minuciosa, sin embargo, en esta sección, sólo se describen de forma sencilla algunos aspectos relevantes de la misma que son presentadas de

forma común en el proceso de rendición de cuentas, esto debido al compromiso de resguardo y confidencialidad de datos internos.

▪ **Gestión comercial**

El área comercial de la empresa Aguas de Mérida C.A., diseña e implementa las políticas de comercialización en el estado Mérida, dirigidas a cada una de las subgerencias Libertador, El Vigía, Páramo, Sucre y Sur del Lago, a través de la planificación, diseño, implementación y control de estrategias que permitan ofrecer calidad en el servicio de atención al cliente, captación de nuevos usuarios, concienciación del uso y valor del recurso agua, conjuntamente con las diferentes gerencias de la organización.

Para lograrlo, las oficinas comerciales cuentan con los avances tecnológicos y el equipo humano capacitado, motivado y comprometido en generar los recursos necesarios para alcanzar el autofinanciamiento de la empresa. Con este fiel propósito la empresa formula políticas comerciales que incrementen el índice de cobrabilidad y disminuyan los valores de agua no contabilizada (ANC).

Por tanto, a través de la implementación de un régimen tarifario acorde con las condiciones socioeconómicas del estado Mérida, el diseño de un plan de micro medición y la adecuación de la plataforma tecnológica del sistema comercial; el operador de agua busca a largo plazo el equilibrio entre los costos y los ingresos de la empresa.

Con respecto a ello, la empresa ha logrado avanzar de forma lenta debido a las limitaciones financieras y por el subsidio de las tarifas por servicio de agua potable a nivel nacional. Esto trae como consecuencia que el precio medio de venta del m³ de agua potable (Bs/m³) esté por debajo de los costos que implica la gestión del agua potable y según registros históricos durante el período 2001 -2015 ha variado de 0,14 Bs/m³ a 6,05 Bs/m³, que representa en el mes de diciembre del año 2017 con referencia al dólar oficial SIMADI (3345 bs/\$), que el precio medio de venta del agua potable es de 0,0018 \$/m³. Esto denota que el valor de la tarifa ha perdido valor en el tiempo, y por tanto, afecta la suficiencia financiera y la eficiencia económica de la entidad prestadora del servicio.

Ante esta situación se solicitan recursos financieros para inversiones ante entes nacionales y regionales y para el funcionamiento de la empresa, sólo se realizan ajustes anuales que son aprobados por Junta Directiva, que son aceptados por el suscriptor en un 65 a 97 % según resultados de encuestas aleatorias de una muestra estadísticamente representativa del total de suscriptores del período evaluado 2001 - 2015, asociada al 95% de intervalo de confianza que son realizadas en taquilla de pago y atención al ciudadano.

Lo antes expuesto, refleja que la empresa Aguas de Mérida C.A., aún no puede lograr la autogestión por recursos propios y cumplir con eficiencia y eficacia los procesos que implica la gestión del agua potable en ámbitos urbanos, sin embargo, tras grandes esfuerzos administrativos y presupuestarios para garantizar la operatividad y sostenibilidad del acueducto urbano durante el período 2000-2015, el operador de agua tarda en pagar a sus proveedores y contratistas sus deudas en un periodo comprendido de 8 a 61 días aproximadamente.

a) Suscriptores

Durante el año 2015 la gestión comercial cuenta con un registro de **73.814 suscriptores al 31/12/2015**, de acuerdo a la siguiente distribución:

Tabla 5.6. Registro de suscriptores de la empresa Aguas de Mérida C.A.

| Oficina Comercial | Unifamiliar | Multifamiliar | Comercial | Industrial | Oficial | Total Usos y Clientes |
|-------------------|---------------|---------------|--------------|------------|------------|-----------------------|
| Libertador | 27.209 | 968 | 3.229 | 231 | 520 | 32.157 |
| El Vigía | 22.577 | 80 | 1.432 | 67 | 185 | 24.341 |
| Sur del Lago | 5.025 | 44 | 343 | 0 | 64 | 5.476 |
| Páramo | 2.502 | 0 | 125 | 0 | 59 | 2.686 |
| Sucre | 8.807 | 38 | 240 | 6 | 63 | 9.154 |
| Totales | 66.120 | 1.130 | 5.369 | 304 | 891 | 73.814 |

Fuente: Aguas de Mérida C.A. (2015c)

b) Recaudación

Al comparar el servicio de agua potable facturado a los suscriptores durante el año 2015 (facturación real) vs la recaudación de la facturación de ese año (tabla 5.7), el cumplimiento de la recaudación fue de un **81,03%**. Sin embargo, esta fue considerada baja, justificada por la disminución en la recaudación de la facturación a dependencias oficiales (organismos públicos nacionales, estatales y municipales).

Tabla 5.7. Meta de facturación vs facturación real de la empresa Aguas de Mérida C.A.

| SUBGERENCIA | META FACTURACIÓN (EN Bs.) | FACTURACIÓN REAL (EN Bs.) | % |
|--------------|------------------------------|------------------------------|---------------|
| LIBERTADOR | 158.012.832,50 | 155.095.634,32 | 98,15% |
| EL VIGÍA | 50.130.540,29 | 50.880.901,84 | 101,50% |
| PÁRAMO | 4.193.703,98 | 4.322.839,85 | 103,08% |
| SUR DEL LAGO | 6.969.983,40 | 7.151.459,21 | 102,60% |
| SUCRE | 8.237.101,81 | 8.622.585,67 | 104,68% |
| TOTAL | 227.544.161,98 | 226.073.420,89 | 99,35% |

Fuente: Aguas de Mérida C.A. (2015c)

Como puede observarse en la tabla 5.8, la meta de recaudación total fue estimada en Bs. 217.712.580,69, lográndose una recaudación de Bs. 200.998.196,13, lo que representa **92,32%** de cumplimiento. Esta estimación de ingresos es proyectada por los renglones siguientes: facturación del servicio de agua potable desde los años 1999 hasta 2015, facturación del servicio de agua potable del mes, más la recaudación por otros conceptos que comprende otros servicios facturados tales como: solvencias, agua por cisterna, recolección de aguas servidas, detección de fugas, destape de tuberías domiciliarias internas, entre otros servicios.

Tabla 5.8. Meta de recaudación vs ejecutado de la empresa Aguas de Mérida C.A.

| Oficina Comercial | Meta 2015 | Ejecutado 2015 | % Cumplimiento |
|-------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------|
| Libertador | 151.971.994,38 | 141.127.651,73 | 92,86% |
| El Vigía | 49.567.100,97 | 42.646.909,58 | 86,04% |
| Páramo | 3.658.519,17 | 3.356.143,88 | 91,74% |
| Sur del Lago | 5.305.925,83 | 5.300.645,12 | 99,90% |
| Sucre | 7.209.040,34 | 8.566.845,82 | 118,83% |
| Totales | 217.712.580,69 | 200.998.196,13 | 92,32% |

Fuente: Aguas de Mérida C.A. (2015c)

c) **Otros aspectos relevantes de la gestión comercial.** Aguas de Mérida C.A. (2015c) refleja diversos avances en el fortalecimiento institucional entre los que se destacan:

c.1. La empresa cuenta con un sistema comercial integral, que facilita los procesos de gestión de forma eficiente.

c.2. La implementación del sistema de pago en línea a través de convenios con entidades bancarias y una amplia campaña de promoción al suscriptor. Esto permitió el **incremento del pago de la facturación en línea, pasando de 1999 suscriptores en el año 2014, a 3327 suscriptores al cierre del año 2015.**

c.3. Cuenta con múltiples taquillas periféricas que apoyan diariamente el proceso de recaudación a través de un sistema SIWTAP (*sistema integrado web de taquillas periféricas*).

c.4. Mantiene un proceso continuo de revisión a la **zonificación** de las rutas comerciales, que permitió unificar los ciclos de multifamiliares, ciclos comerciales y ciclos residenciales, en rutas que conforman 13 zonas geográficas y cuatro ciclos de dependencias, lo que permitió el flujo de ingreso de dinero con mayor prontitud a la empresa y un menor tiempo de horas hombre, con lo que el proceso de entrega de facturas se redujo de 25 días a 15 días.

c.5. Promueve el cambio de facturación a ciclos de uso del servicio a zonas comunes con diversos usos; esta mejora ha permitido a los lectores y notificadoros disminuir el lapso de lectura y entrega de la factura por consumo del servicio de agua potable, es importante destacar que se logró dar una correlación secuencial de cada toma de agua dentro de la zona a fin de hacer el recorrido más fluido y disminuir el tiempo en recorrer la misma. Con esta mejora se disminuyó el período de lectura y notificación a cada suscriptor pues con la anterior forma se realizaba en 25 días calendario y en las zonas comunes de logró realizar en 15 días calendario, esto a su vez permitió recaudar durante el mismo mes la factura entregada.

c.6. Estableció para la atención al suscriptor líneas de comunicación activas para la atención al usuario, a través de la línea 0-800 AGUAMERCA que comunica directamente a la ventanilla única del poder popular para Aguas de Mérida (VUPPAM), a los fines de que los suscriptores realicen de manera directa sus solicitudes, así mismo se mantuvo el despliegue de las campañas informativas y de condición de los sistemas operados por la hidrológica mediante las redes sociales del twitter, instagram y facebook. Esto con el fin de fortalecer la gobernabilidad del servicio de agua potable.

c.7. En lo que se refiere a la atención de reclamos en el área comercial cuenta con un departamento de atención al cliente, que se encarga de recibir y atender los re-

clamos de los suscriptores, por los servicios prestados de agua potable y aguas servidas. Además, presta el servicio de detección de fugas a nivel domiciliario.

Entre los reclamos de los suscriptores al año se recibe un promedio de 511 casos al año logrando para el año 2015 una efectividad en la solución de reclamos comerciales (ESRC) del **92,56%**, entre los más comunes se tienen los siguientes:

- i. Por facturación.
- ii. Por fugas internas
- iii. Por bote de agua en el medidor
- iv. Por servicio deficiente
- v. Por servicio suspendido
- vi. Por error de lectura
- vii. Por inmueble desocupado
- viii. Por cargo indebido
- ix. Por cambio de uso
- x. Por cambio de promedio
- xi. Por cambio de tarifa
- xii. Por punto disponible no conectado
- xiii. Por cambio de medidor

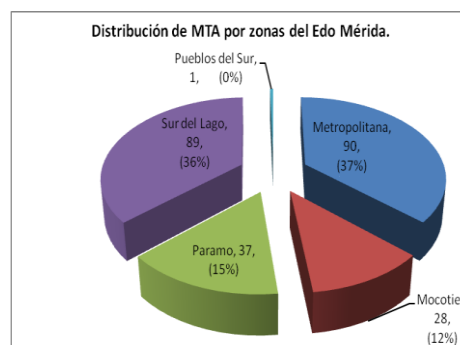
▪ **Gestión comunitaria**

Aguas de Mérida C.A. en busca de fortalecer la gobernabilidad del agua potable desde sus orígenes en la Empresa HIDROANDES C.A. ha realizado activamente labor comunitaria en los áreas rurales del estado Mérida (acueductos no administrados) y fue pionero en los años 90 la organización de las comunidades en comité de aguas, que luego en el año 2001 se denominan “mesas técnicas de agua”, esto con el fin de dar cumplimiento a lo establecido en la Ley Orgánica para la Prestación de los Servicios de Agua Potable y de Saneamiento (LOPSAPS), que estipula un «conjunto de organizaciones orientadas a garantizar la participación de la comunidad en los procesos de planificación y gestión de los servicios de agua potable y saneamiento, así como supervisión y control de su prestación».

Sin embargo, la institución continuo concentrando sus mayores esfuerzos sólo en los acueductos no administrados y durante el período 2005 – 2013 cuenta con 245 mesas técnicas de agua y 1341 voceros comunitarios y 74 proyectos comunitarios ejecutados y en ejecución con recursos del Ejecutivo Nacional con apoyo técnico de la empresa (imagen 5.5; 5.6).

Desarrollo de una metodología para la evaluación del desempeño y la sostenibilidad ambiental en la gestión del agua potable. **Caso de Estudio:** Aguas de Mérida C.A. (Venezuela)

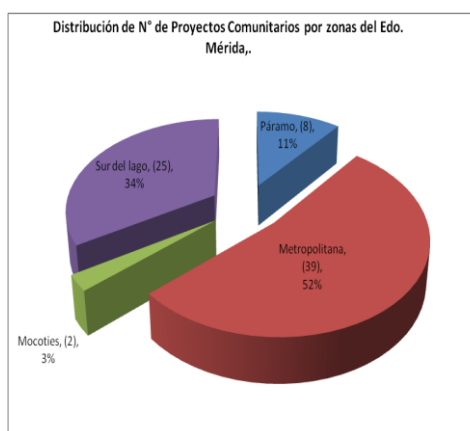
| N° | MUNICIPIO | N° MTA | N° VOCEROS |
|----|-----------------------|------------|-------------|
| 1 | LIBERTADOR | 49 | 263 |
| 2 | SUCRE | 41 | 223 |
| 3 | ANTONIO PINTO SALINAS | 11 | 60 |
| 4 | RIVAS DAVILA | 10 | 57 |
| 5 | TOVAR | 6 | 33 |
| 6 | ZEVA | 1 | 5 |
| 7 | RANGEL | 10 | 59 |
| 8 | CARDENAL QUINTERO | 9 | 47 |
| 9 | SANTOS MARQUINA | 10 | 58 |
| 10 | PUEBLO LLANO | 2 | 12 |
| 11 | MIRANDA | 6 | 33 |
| 12 | ALBERTO ADRIANI | 42 | 220 |
| 13 | JULIO CESAR SALAS | 1 | 5 |
| 14 | OBISPO RAMOS DE LORA | 17 | 99 |
| 15 | ANDRES BELLO | 9 | 46 |
| 16 | CARACIOLO PARRA | 9 | 53 |
| 17 | TULLIO FEBRES CORDERO | 11 | 63 |
| 18 | GUARAQUE | 1 | 5 |
| | TOTAL | 245 | 1341 |



Fuente: Aguas de Mérida C.A. (2015e)

Imagen 5.5. Distribución de mesas técnicas de agua en el estado Mérida

| ETAPA | N° Proyectos Comunitarios | Monto (Bs.) | N° VOLUNTARIOS POR LA COMUNIDAD |
|-------|---------------------------|----------------------|---------------------------------|
| I | 13 | 1.451.720,08 | 733 |
| II | 11 | 1.621.125,94 | 101 |
| III | 10 | 1.447.392,72 | 39 |
| IV | 20 | 4.274.239,59 | 52 |
| V | 19 | 6.436.163,00 | 111 |
| VI | 1 | 760.000,00 | 20 |
| | 74 | 15.990.641,33 | 1.056 |



Fuente: Aguas de Mérida C.A. (2015e)

Imagen 5.6. Distribución de proyectos comunitarios con mesas técnicas de agua en el estado Mérida

▪ **Gestión de proyectos**

El departamento de proyectos de Aguas de Mérida C.A., es el responsable de la formulación de Proyectos en el área de infraestructura hidráulica y su Ingeniería de Detalle del sector agua potable y saneamiento en el estado Mérida, para ello, en el manual de procedimientos de la organización establece de forma obligatoria que previa formulación del proyecto se debe elaborar un **pre diagnóstico ambiental de la Fuente Abastecedora de Agua y las características físico – naturales y socioeconómicas del sector específico donde se emplazará la obra**, esto incluye la realización continua de inspecciones técnicas, mediciones de caudal y monitoreo de calidad de agua. Los resultados obtenidos indicaran la viabilidad de la solicitud de proyecto, es importante resaltar que sólo un 5% de los proyectos formulados y actualizados corresponden a los acueductos administrados por la empresa. Por tanto, para el primer semestre del año 2015, reporta lo siguiente:

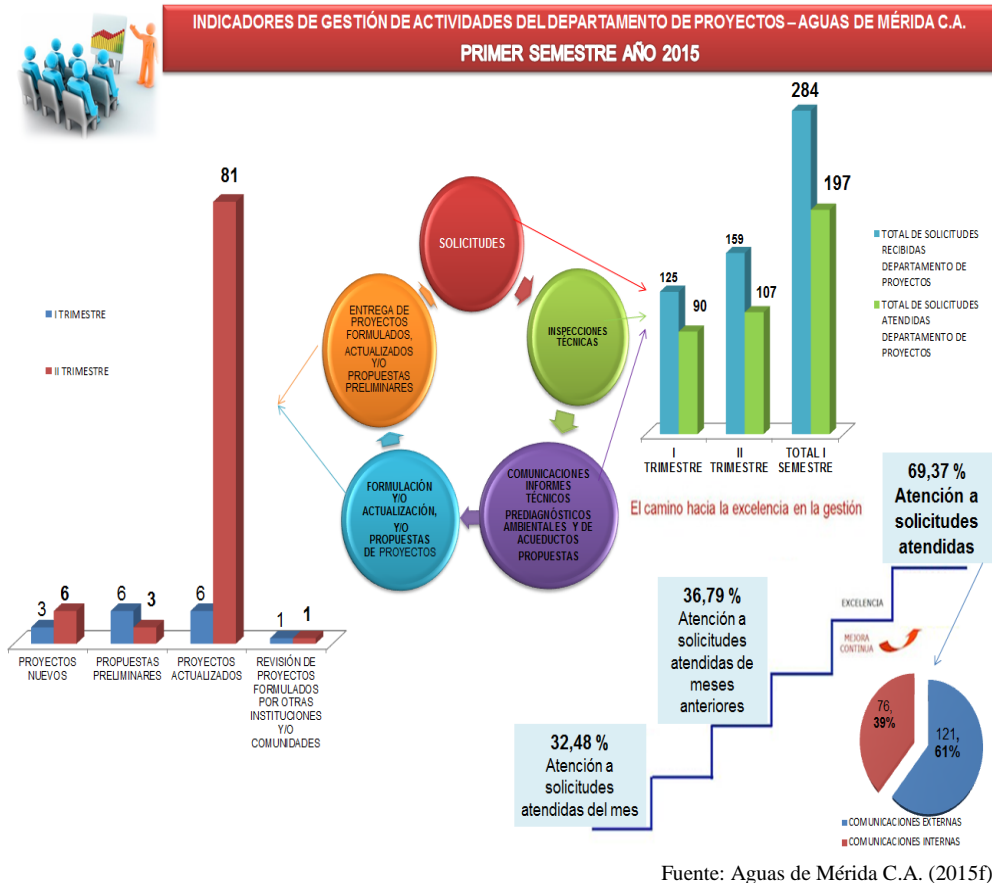


Imagen 5.7. Indicadores de gestión de proyectos de Aguas de Mérida C.A.

▪ **Talento humano**

Aguas de Mérida al cierre del año 2015, cuenta con 415 trabajadores al incorporar el Personal de Cooperativas de Comerciales, Operación y Mantenimiento, se dio cumplimiento de las Disposiciones Transitorias, Derogatorias y Final, del Capítulo X de la Ley Orgánica del Trabajo, los Trabajadores y las Trabajadoras (LOTTT), por lo que actualmente con un 95 % de profesionales desde nivel técnico Superior hasta profesionales con estudios de postgrado, lo que representa una gran fortaleza ya que aumenta la capacidad de gestión, de innovación y análisis crítico en la empresa.

a) **Capacitación**

Para el año 2015, en vista de las limitaciones financieras, se logró realizar once cursos de capacitación al personal de Aguas de Mérida, dentro del marco del Plan Estratégico de Capacitación, beneficiando a 63 trabajadores, con una inversión en el año de Bs. 261.287,83.



b) **Seguridad industrial.** Fueron constituidos siete (07) Comités de Seguridad y Salud Laboral y fueron nombrados trece (13) Delegados (as) de Prevención elegidos, de acuerdo a los lineamientos establecidos en la Ley Orgánica de Prevención, Condiciones y Medio Ambiente de Trabajo (LOPCYMAT), su reglamento parcial y la guía técnica que regula la materia, beneficiando a 216 trabajadores en los municipios Libertador, Sucre, Alberto Adriani y Obispo Ramos de Lora del estado Mérida (Aguas de Mérida C.A., 2015c).

c) **Incremento salarial.** Para el año 2015, se reporta cumplimiento a lo establecido en la cláusula número 3 política salarial, de la Convención Colectiva de Trabajo, otorgando incrementos salariales para los meses de marzo (20%) y septiembre (10%) del referido año, tal como se puede constatar en la resolución de junta directiva número R-455-JD-165 de fecha 29/01/2015. Sin embargo, aun refleja un aumento del nivel salarial por debajo del aumento en la inflación (aumento real) lo que representa un riesgo de estabilidad laboral por las migraciones del mismo a otras instituciones dentro y fuera del país en busca de mejoras salariales. A pesar de ello la empresa cuenta con la intención de garantizar un aumento del nivel salarial por encima del aumento en la inflación (aumento real), pero está sujeta a limitaciones financieras y para lograr cubrir aumentos salariales por Decreto Presidencial ha solicitado recursos financieros a la Gobernación del estado Mérida en reiteradas oportunidades ya que no puede auto gestionarse por ingresos propios por recaudación del servicio de agua potable, esto se denota en que los gastos de personal durante el período 2000 – 2015 oscilan entre 21 y 54 % del presupuesto total anual de la empresa.

▪ **Administración y finanzas**

El Presupuesto de Aguas de Mérida para el año 2015, fue aprobado por la Junta Directiva N° 164 de fecha 26 de noviembre de 2014 y publicado en Gaceta Oficial del estado Mérida, extraordinario de fecha 01 de enero del año 2015. Este fue formulado bajo varias premisas entre las que se destaca: i) la estimación de la facturación de acuerdo a la determinación de la tarifa por usos y por zona geográfica, conforme a la evaluación realizada por la Unidad de Desarrollo Comercial; ii) incremento promedio de 40% a partir de enero y 25% a partir del mes de mayo; iii) los aumentos salariales por Decreto Nacional, y iv) un % de la variación de precios por inflación (tabla 5.9).

Tabla 5.9. Presupuesto de ingresos de Aguas de Mérida C.A.

| No. | RUBROS DE INGRESOS | TOTAL DE INGRESOS | | |
|-----|--|-----------------------|-----------------------|------------|
| | | PROGRAMADO (EN Bs.) | REAL (EN Bs.) | % |
| 1 | FACTURACIÓN DEL SERVICIO | 228.794.824,67 | 226.073.420,89 | 99% |
| 2 | RECAUDACIÓN DE LA FACTURACIÓN DEL AÑO | 194.242.733,69 | 183.187.294,81 | 94% |
| 3 | RECUPERACIÓN DE CUENTAS POR COBRAR AÑOS ANTERIORES | 16.679.888,00 | 10.366.184,49 | 62% |
| 4 | INGRESOS POR OTROS CONCEPTOS | 6.789.959,00 | 7.444.705,12 | 110% |
| | TOTAL RECAUDACIÓN POR SERVICIO DE AGUA | 217.712.580,69 | 200.998.184,42 | 92% |

Fuente: Aguas de Mérida (2015c)

Y lo correspondiente a la ejecución presupuestaria de la empresa, por partidas se detalla a continuación:

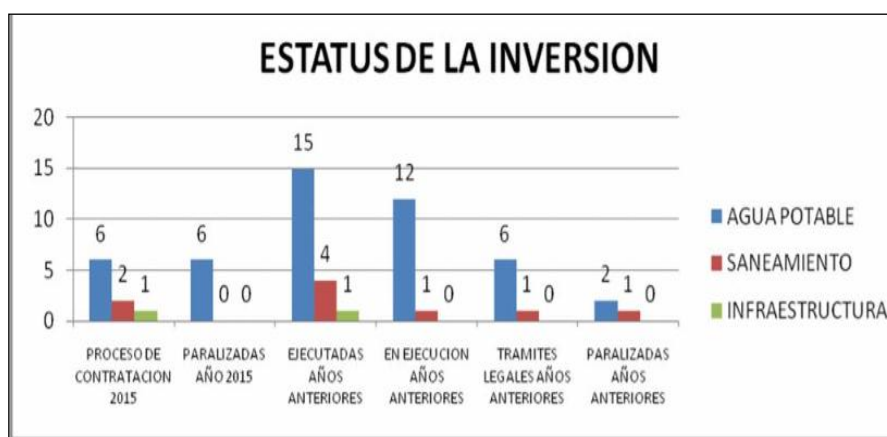
Tabla 5.10. Ejecución del presupuesto de gastos de Aguas de Mérida C.A.

| No. | CÓDIGO ÚNICO DE CUENTAS | DENOMINACIÓN DE LA PARTIDA | TOTAL DEL GASTO ACUMULADO | | | |
|-----|-------------------------|--------------------------------------|---------------------------|-----------------------|------------|-------------|
| | | | GASTO PROGRAMADO (EN Bs.) | GASTO REAL (EN Bs.) | % | % DEL TOTAL |
| 1 | 4.01 | GASTOS DE PERSONAL | 127.815.182,52 | 127.806.225,80 | 100% | 54% |
| 2 | 4.02 | MATERIALES, SUMINISTROS Y MERCANCIAS | 47.788.309,52 | 45.663.335,76 | 96% | 19% |
| 3 | 4.03 | SERVICIOS PERSONALES NO | 43.179.696,34 | 43.161.213,61 | 100% | 18% |
| 4 | 4.04 | ACTIVOS REALES | 5.630.126,21 | 4.569.655,72 | 81% | 2% |
| 5 | 4.05 | ACTIVOS FINANCIEROS | 17.872.202,98 | | | |
| 6 | 4.07 | TRANSFERENCIAS Y DONACIONES | 5.068.808,98 | 4.974.388,07 | 98% | 2% |
| 7 | 4.08 | OTROS GASTOS | 3.362.001,98 | 3.362.001,22 | 100% | 1% |
| 8 | 4.11 | DISMINUCIÓN DE PASIVOS | 24.481.946,97 | 5.849.045,10 | 24% | 2% |
| | | TOTAL | 275.198.275,50 | 235.385.865,28 | 86% | 100% |

Fuente: Aguas de Mérida (2015c)

▪ **Gestión de la inversión en infraestructura hidráulica**

Aguas de Mérida C.A., no cuenta con recursos financieros para la inversión con recursos propios provenientes de la recaudación del servicio de agua potable, por lo que realiza trámites continuos durante el año de solicitud de recursos para proyectos solicitados por las comunidades (97%) y propias del ente referida a acueductos administrados (3%), ante entes nacionales (Ministerio de Ecosocialismo y Aguas, HIDROVEN C.A., Gran Misión Barrio Nuevo Barrio Tricolor, entre otros) y regional (Gobernación del Estado Mérida). Situación que está influyendo en el franco deterioro de la eficiencia física – hidráulica y energética del sistema de acueducto urbano. A continuación se presenta un estatus de la inversión al 31/12/2015 presentado por la Gerencia Integral de Obras de Aguas de Mérida.



Fuente: Aguas de Mérida (2015c)

Imagen 5.8. Estatus de la inversión Aguas de Mérida C.A.

▪ **Otros datos de interés**

Por lo antes mencionado, y en vista de orientar al lector en las valoraciones que se asignaran en la sección siguiente en la evaluación del desempeño y sostenibilidad de la empresa Aguas de Mérida C.A, se presenta a en el anexo 5.D.1 una síntesis de algunos indicadores históricos.

C. Contexto ambiental

En la política de la empresa hidrológica Aguas de Mérida C.A, es de vital interés conocer la situación actual de la fuente abastecedora y su influencia directa en el sistema de abastecimiento de agua para ámbitos urbanos, para ello, cuenta con la herramienta técnica denominada pre - diagnóstico ambiental, utilizada como paso previo a la for-

mulación y diseño de un proyecto de acueducto, a fin de garantizar la sostenibilidad del sistema de abastecimiento para las poblaciones en el tiempo, para ello, busca interrelacionar las condiciones ambientales de la fuente abastecedora de agua (recurso hídrico en cantidad y calidad) y la gestión del agua potable (eficiencia física – hidráulica).

Lo antes expuesto, le ha permitido al operador de agua ir consolidando una base de datos creada en un sistema de información geográfica (SIG), lo que representa una fortaleza en el inicio de procesos de monitoreo de las cuencas hidrográficas que son abastecedoras de los principales acueductos administrados. En este sentido, esta información técnica fue de gran utilidad para el análisis de los indicadores cualitativos y cuantitativos incorporados en la evaluación del desempeño y facilitó al panel de expertos responder las preguntas generadoras aplicadas en la entrevista diagnóstica, logrando el cribado de información técnica del período 2000 – 2015; y así incorporar indicadores estratégicos cuali- cuantitativos en el criterio general ambiental ya descritos en el capítulo anterior.

Dicha información fue considerada un punto de inicio de un programa de monitoreo en el marco del plan estratégico de la empresa, que permite conocer la situación del desempeño de forma aproximada, hasta que se mejoren los procesos de eficiencia física- hidráulica y energética (registros continuos expresados en series de tiempo) y se puedan incorporar indicadores estratégicos cuantitativos robustos estadísticamente.

Esta situación, fue una gran limitante en esta investigación, sin embargo, al fundamentarse en un marco teórico y metodológico robustos de diversos autores, se logró consolidar un modelo de evaluación de desempeño y sostenibilidad flexible para las empresas de servicio de agua potable que operan en países en desarrollo, que permite adaptarlo a la condición del operador para determinar su condición actual y genere alarmas de actuación, a través de la incorporación o eliminación de indicadores estratégicos en el proceso de agregación por criterio y subcriterio ambiental de la prestación del servicio de agua potable.

En este contexto, se concluye que es indispensable incluir la sostenibilidad de las cuencas abastecedoras de agua como un eje transversal en la gestión del agua potable en ámbito urbano, esto se logra al incorporar en los pilares de la prestación del servicio de agua potable la dimensión ambiental, lo que da garantía de mantener el servicio de generación en generación.

Sin embargo, para fines de esta investigación en vista de la complejidad del ciclo urbano del agua y denominado por el operador de agua “ciclo social del agua” (imagen 5.9), sólo fue considerado desde la disponibilidad y captación en la cuenca hidrográfica abastecedora a través de fuentes superficiales referidas a captación **(1)**, potabilización **(2)**, almacenamiento **(3)** y distribución **(4)** para la dotación del recurso natural trans-

formado en agua potable a ciudadanos en ámbitos urbanos para uso doméstico (ver imagen 1.1 del capítulo I). **Esto da apertura a otros investigadores para desarrollar una línea de investigación en el marco del plan estratégico de Aguas de Mérida C.A., referida a la sostenibilidad de cuencas hidrográficas de montaña abastecedoras de agua, teniendo en cuenta los conflictos de uso y la huella del recurso hídrico.**



Imagen 5.9. Ciclo social del agua

C.1. Aprovechamiento del recurso hídrico

Actualmente la hidrológica regional, realiza un aprovechamiento del recurso hídrico licito mediante un acto administrativo otorgado al antiguo Instituto Nacional de Obras Sanitarias (INOS) y/o a la Hidrológica de los Andes (HIDROANDES C.A.), referido a la autorización para la ocupación del territorio y autorización para la afectación del recurso hídrico.

Por lo que la explotación u aprovechamiento del recurso hídrico, la realiza directamente en la fuente abastecedora superficial sin regulación para el abastecimiento de agua a las poblaciones de los acueductos administrados en el estado Mérida, que corresponden a ventidos (22) municipios de los 23 que integran al estado Mérida, a través de veintiún (21) acueductos administrados con el aprovechamiento de veintinueve (29) fuentes superficiales y subterráneas por el desarrollo de campo de pozos en la zona Sur del Lago (ver detalles en anexo 5.A).

En la evaluación realizada en conjunto con el planificador de hidrología y ambiente del Departamento de Proyectos, se evidencio que en estas veintinueve (29) fuentes abastecedoras superficiales de los sistemas de acueductos administrados en su ámbito de responsabilidad, cuentan con un caudal disponible de **373.549.708,8 m³/año** y la em-

presa prestadora del servicio de agua potable “Aguas de Mérida C.A reporta un caudal medio aprovechado de **68.094.709,2 m³/año**, lo que refleja que está realizando un aprovechamiento del recurso hídrico de un **18,23%** del total del caudal disponible en las fuentes abastecedoras (Aguas de Mérida C.A., 2013e).

En épocas críticas, el operador de agua reporta un caudal máximo anual de agua extraído total por fuente de abastecimiento de **132.018.769,3 m³/año**, logrando una producción total de agua de los sistemas de abastecimiento de **124.643.130 (m³/año)**, esto refleja que existe un **94,41%** de eficiencia en el proceso de producción de agua potable, con un **5,6 %** de pérdidas en el proceso de potabilización (ver detalles en anexo 5.A).

Para el año 2014, la empresa en estudio cuenta con **72.397 suscriptores registrados** en el sistema comercial con una población estimada servida en el ámbito de responsabilidad de **585.017 habitantes** con un requerimiento de agua para consumo según norma de la Organización Mundial de la Salud [OMS] de **53.382.801,25 m³/año**, **al comparar este requerimiento con la producción total de agua potable se evidencia que la empresa procesa un 42,83%** de agua cruda adicional al requerimiento de la población y a pesar de ello varios zonas no cuentan con un servicio continuo y oportuno, por lo que dicha situación genera alerta para determinar la eficiencia física e hidráulica de los sistemas de abastecimiento que no cuentan con un programa de mantenimiento preventivo – correctivo y las rehabilitaciones u ampliaciones de la infraestructura hidráulica. *Todo ello conduce al uso ineficiente del recurso hídrico, que se refleja en la sostenibilidad de las fuentes abastecedoras de agua por sobreexplotación de los caudales disponibles en el año.*

Tras lo antes mencionado, es oportuno, indicar que la validación de la propuesta metodológica está dirigida al sistema de acueducto de Mérida; para luego pueda ser replicable a los 20 acueductos que administra la empresa. Para el caso de estudio, se determinó que la empresa aprovecha el **86 % de caudal de agua captada para el abastecimiento en épocas de sequía**, además se evidencia en los registros de calidad de agua un acelerado deterioro de la calidad de agua cruda captada que está influyendo en los trenes de tratamiento para su potabilización y por ende el incremento en el uso de sustancias químicas para lograr que sea apta para el consumo humano de acuerdo a lo exigidos por las normas nacionales e internacionales. Ante esta situación, **en esta investigación se detecta otra situación que evidencia que la sostenibilidad de la cuenca hidrográfica abastecedora no debe aislarse en la evaluación del desempeño y sostenibilidad en la gestión del agua potable de las empresas prestadoras del servicio de agua potable debido al retro impacto que se presenta y a la capacidad de resiliencia del recurso hídrico.**

C.2. Relación de cambios de cobertura y uso de la tierra de las cuencas hidrográficas abastecedoras (dimensión territorial) y la calidad del agua cruda.

Ante los resultados obtenidos en la sección C.1, es importante resaltar luego de la revisión detallada de los registros históricos del operador de agua del período 2000 – 2016, se observa, que las fuentes abastecedoras de agua superficiales están siendo intervenidas por ocupación anárquica del territorio y emplazamiento de actividades de desarrollo urbanístico y turístico con sólo recolección de aguas servidas y escaso a nulo existencia de tratamiento de aguas residuales previo al vertido al cuerpo de agua receptor, lo que contribuye a alterar la calidad de agua cruda (ver detalles en Anexo 5.B), antes de la captación de los sistemas de acueductos urbanos.

Caso especial que se evidencia en las cuencas hidrográficas del río Mucujepé (fuente abastecedora de la ciudad de El Vigía) y la subcuenca del río Mucujún (fuente abastecedora de la ciudad de Mérida), ambas son las principales ciudades con mayor población urbana en el estado Mérida, donde los registros de las mediciones en de los parámetros fisicoquímicos (color, turbiedad) y bacteriológicos (coliformes fecales y totales) indican valores de 5 a 25 veces por encima del rango permitido para el consumo humano según los parámetros permisibles por las Normas de Calidad de Agua Potable - Gaceta Oficial Venezolana N° 36.395, lo que implica incremento en los gastos por sustancias químicas a ser usados en el tratamiento del agua cruda para transformarla en agua potable.

Esto representa otra evidencia más de que es indispensable interrelacionar la sostenibilidad de cuencas abastecedoras de agua (dimensión territorial) y los procesos de la gestión del agua potable rompiendo el paradigma de visionarlo desde la infraestructura de captación (dique – toma) e implica innovar en una línea de investigación futura para su estudio más detallado.

Ante esta situación, se consideró pertinente en esta investigación y en consenso con el panel de expertos de realizar un diagnóstico breve de las cuencas hidrográficas abastecedoras, con énfasis en la más problemática sub cuenca del río Mucujún, dirigida a observar la cobertura y uso de la tierra de las fuentes abastecedoras Mucujún, Albarregas, Carvajal y Pedregosa y como caso especial la determinación de las unidades ambientales y capacidad de acogida en la subcuenca del río Mucujún, de esta última se presenta síntesis en el anexo 5.C. y puede ser detallado completo por el lector en la Revista Eco diseño, *ya que fue de utilidad para el inicio de una línea de investigación futura vinculada a la planificación, gestión y ordenación de cuencas hidrográficas abastecedoras de agua.*

Por tanto, en este análisis se hace énfasis en interrelacionar de forma preliminar como influye los cambios de cobertura y uso de la tierra de la cuenca hidrográfica abastece-

dora de agua en la variación de parámetros básicos físico-químicos y bacteriológicos del agua cruda captada y por ende en el ajuste de los tratamientos a ser aplicados para transformarla en agua potable.

Para ello, se elaboraron mapas de cobertura y uso de la tierra para el año 2015, con la interpretación de imágenes de satélite multiespectral Sentinel 2 con una resolución espacial de 10 m y el uso del sistema de información geográfica (QGIS), en las principales cuencas hidrográficas del sistema acueducto de Mérida, que se conforman en el componente de producción con tres (03) subsistemas:

- Río Mucujún y río Albarregas, conformados por dos (02) plantas de potabilización Enrique Bourgoin y Eduardo Jáuregui.
- Quebrada Carvajal, abastece al sector Los Curos, sólo cuenta con proceso de desinfección.
- Río La Pedregosa, es una fuente abastecedora que se propone como alternativa para el abastecimiento de la parte baja de la ciudad de Mérida, sin embargo, actualmente solo abastece parte del sector La Pedregosa sólo con proceso de desinfección.

Como resultado del análisis preliminar del cambio de cobertura y uso de la tierra en las principales cuencas abastecedoras de agua del acueducto urbano de Mérida, en las imágenes 5.11; 5.12; 5.13; en el caso de estudio se hace énfasis en la subcuenca hidrográfica del río Mucujún en las imágenes 5.10, 5.16, 5.17, 5.18 y 5.19, se denota en el periodo 2004 – 2015, un crecimiento acelerado del asentamiento de las poblaciones en áreas cercanas y alrededor a los sitios de captación de los sistemas de acueductos.

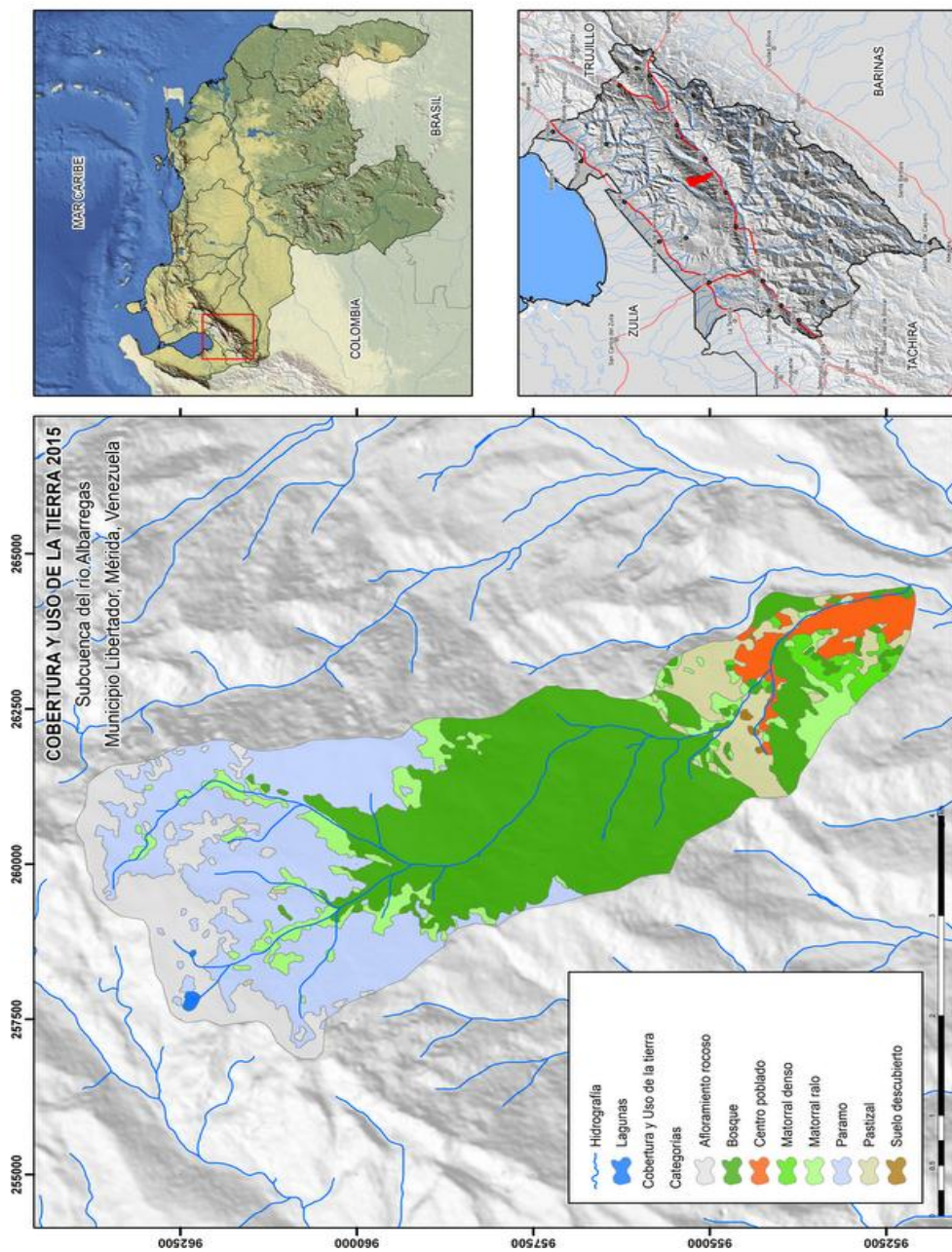


Imagen 5.11. Cobertura y uso de la tierra de la subcuenca hidrográfica del río Albarregas, año 2015

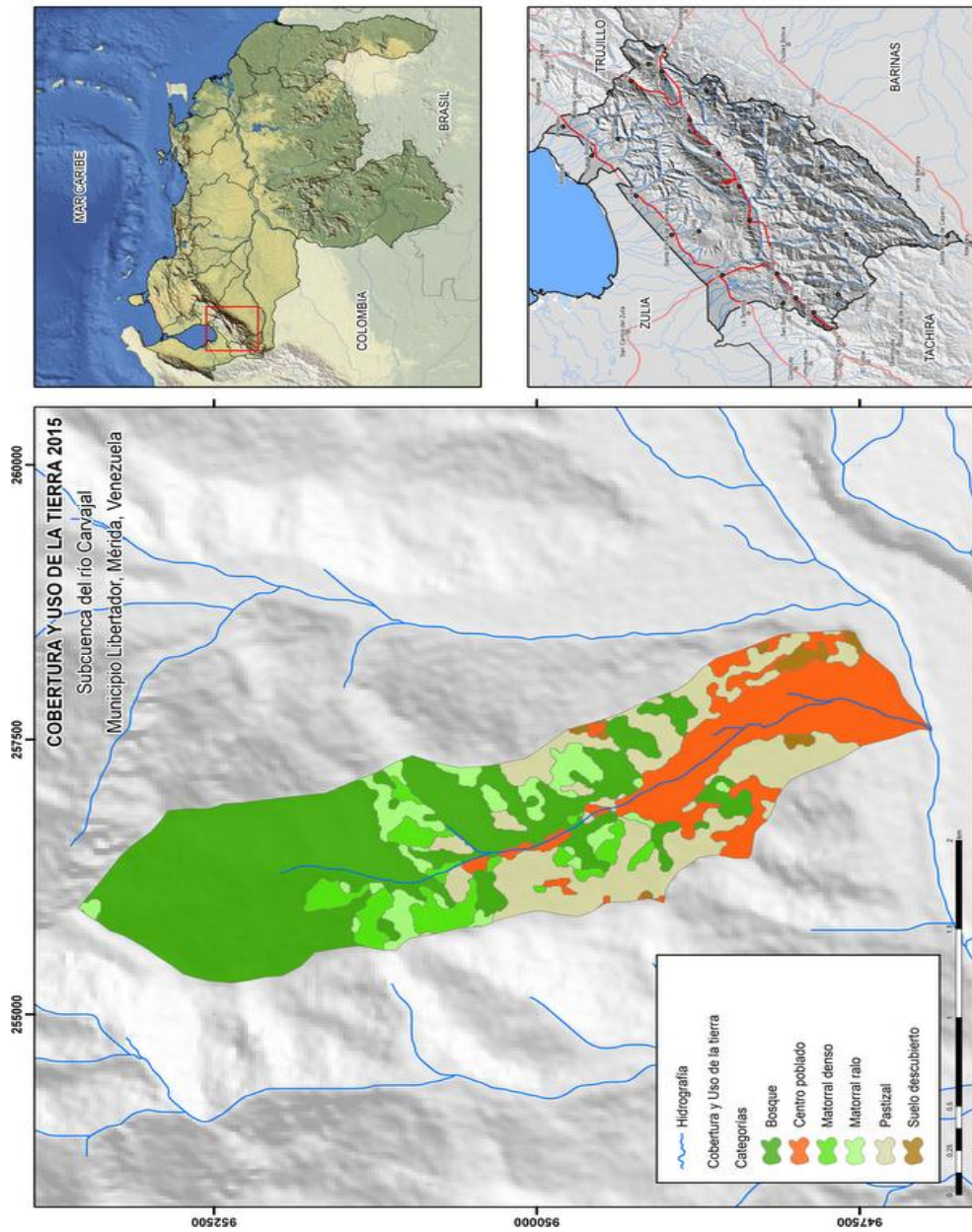


Imagen 5.12. Cobertura y uso de la tierra de la microcuenca hidrográfica quebrada Carvajal, año 2015

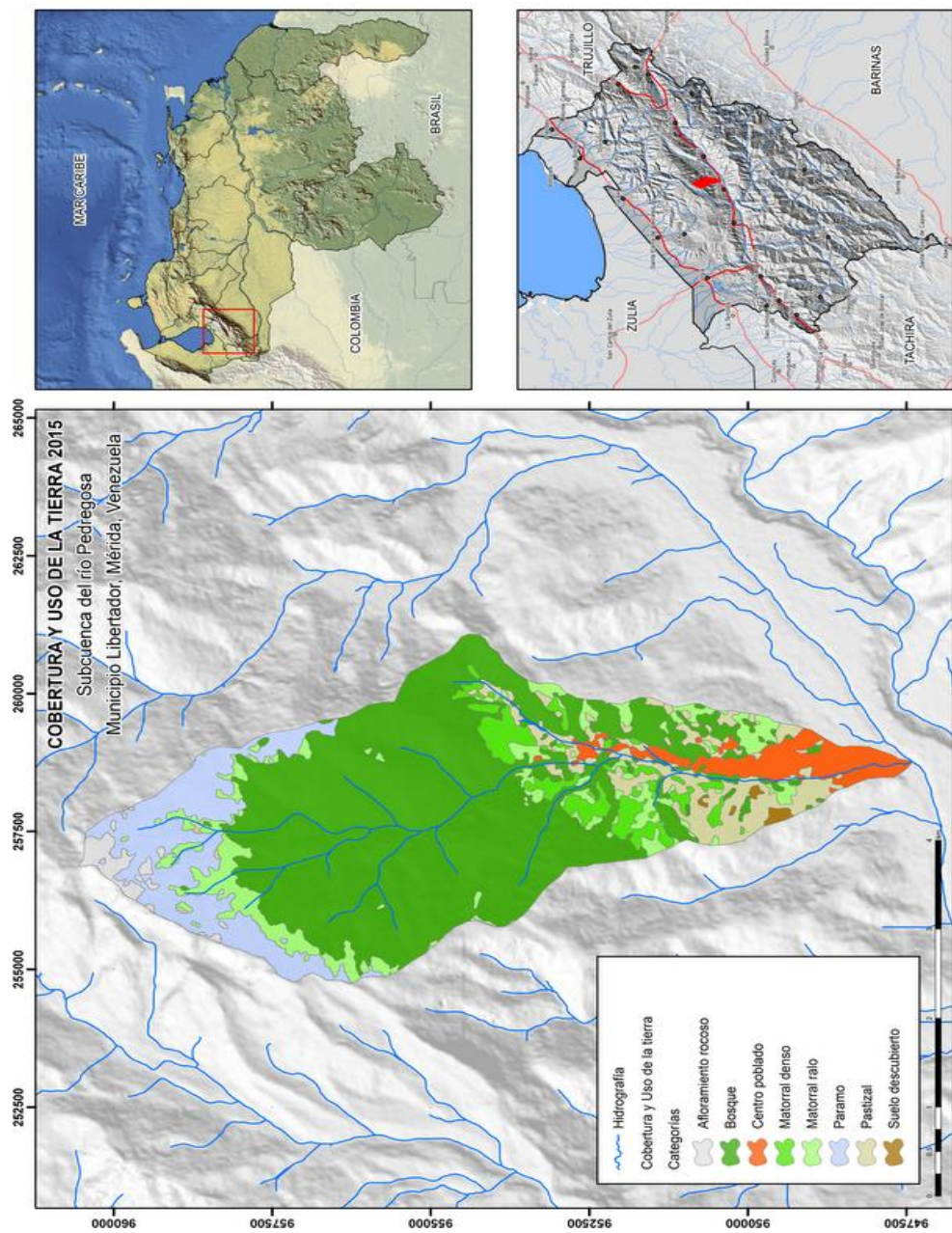


Imagen 5.13. Cobertura y uso de la tierra de la subcuenca hidrográfica río La Pedregosa, año 2015

De los resultados obtenidos presentados de forma gráfica en las imágenes expuestas anteriormente, se hace especial mención a la fuente abastecedora vinculada al subsistema de producción Mucujún que abastece de agua potable al 80% de la ciudad de Mérida (imagen 5.10), donde se evidencia que se están emplazando asentamientos humanos y actividades turísticas aguas arriba de la captación (dique – toma), lo que genera gran preocupación debido a los problemas de degradación de los recursos naturales que están ocurriendo de forma acelerada y no planificada que compromete la sostenibilidad y sustentabilidad del recurso hídrico.

Dicha situación se corrobora al revisar y analizar los registros históricos de la calidad de agua cruda de la fuente abastecedora río Mucujún del período 2004 – 2015, donde se denota un incremento continuo de los valores en los parámetros bacteriológicos (coliformes totales y fecales) que se asocia su ocurrencia con el incremento de vertido de aguas residuales domésticas directo al río Mucujún y sus afluentes aguas arriba de la captación, lo que está incidiendo en el deterioro continuo de la fuente abastecedora de agua. Ante esta problemática, en reunión panel de expertos de Aguas de Mérida, se consideró necesario elaborar mapas adicionales para los años 2004, 2007, 2008 y 2014 (sección C.2.1), con el fin de comparar con la serie de tiempo de parámetros básicos físico químicos y bacteriológicos del agua cruda captada en el río Mucujún; todo ello, a fin de establecer una relación preliminar y justificar el no desvincularse de la fuente abastecedora de agua en los procesos de gestión del agua potable y demostrar que no se empieza desde la captación, como es la visión común en países en desarrollo.

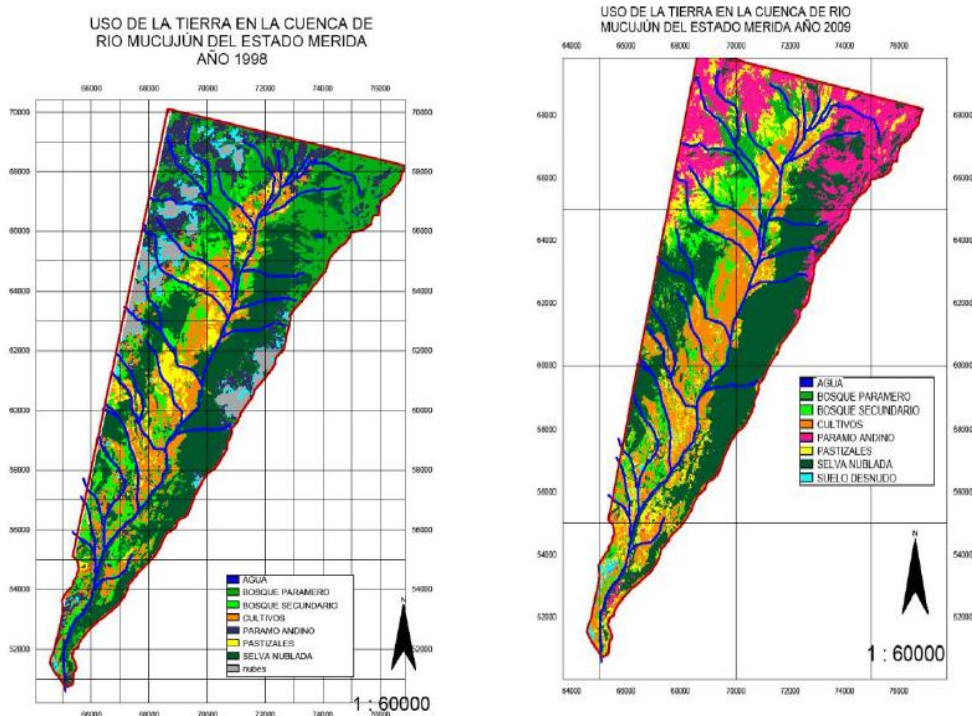
En este contexto como línea futura de investigación, se concluye que es de interés la aplicación de herramientas para el análisis de la gestión de cuencas, en este caso el software AQUATOOL desarrollado por la Universidad Politécnica de Valencia - España, que es un entorno de desarrollo de sistemas de soporte a la decisión (SSD) para planificación y gestión de cuencas o de sistemas de recursos hídricos. Como SSD proporciona recursos para ayudar al análisis de diversos problemas relacionados con la gestión del agua.

C.2.1. Análisis preliminar subcuenca hidrográfica del río Mucujún

El área de la subcuenca hidrográfica del río Mucujún, según el Ministerio del Ambiente de la República Bolivariana de Venezuela [MINAMB], (2007b), está sometida a una dinámica de cambios de uso de la tierra producida básicamente por el establecimiento de la actividad agropecuaria, turística y residencial, lo que genera ocupación del territorio acelerada y no planificada aguas arriba de la captación del acueducto de Mérida (Aguas de Mérida C.A., 2013a), lo cual crea conflictos de uso de la tierra en un área tipificada como zona protegida y de conservación que está regida por un plan de ordenamiento y reglamento de uso, que no está siendo cumplido en la actualidad, por lo que

existe una tendencia a la expansión de la frontera agrícola - pecuario, zona residencial y uso turístico.

Esta dinámica de desarrollo ha generado cambios del uso de la tierra de la zona y evidencia de ello lo plantea Camacho, Graterol, Romero & Ojeda (2010), en estudio que compara el uso de la misma durante el período 1998 – 2009, el cual permite tener una visión global del grado de intervención de la subcuenca hidrográfica del río Mucujún, donde se evidencia cambios en un periodo de 11 años, en el caso especial de la selva nublada se ha tenido una pérdida global de más de 600 ha durante este período, que podría tener impacto directo en la producción de agua (imagen 5.14).



Fuente: Camacho, Graterol, Romero & Ojeda (2010)

Imagen 5.14. Cobertura y uso de la tierra de la subcuenca hidrográfica río Mucujún, período 1998-2009

En cuanto al uso actual de la tierra se observa que las áreas ubicadas por arriba de los 3.600 m.s.n.m. no están intervenidas y permanecen con sus características de vegetación típicas para la zona de vida de esa región hasta el año 2004, sin embargo, en visita de campo en el año 2012 (imagen 5.15), se detectaron que existen intervenciones que alcanzan la poligonal del Parque Nacional Sierra de la Culata con actividades agropecuarias y construcción de viviendas aisladas. Por debajo de esta altitud en la cual se encuentran las zonas de acumulación del cuaternario a lo largo del fondo de valle, ha desaparecido la cubierta vegetal original siendo sustituida por un uso agropecuario, aún en terrenos con fuertes pendientes, un uso residencial y un uso turístico que ha crecido desordenadamente (Gavidia & León, 2004).



Fuente: elaboración propia

Imagen 5.15. Uso de la tierra en la parte alta de la subcuenca hidrográfica río Mucujún

Por lo antes expuesto y en vista del evidente proceso de cambios de usos de la tierra en la principal fuente abastecedora de agua de la ciudad de Mérida, se consideró pertinente realizar un análisis multitemporal de la cobertura y uso de la tierra para el período 2012 – 2015, a través de la interpretación de imágenes de satélite multiespectral Landsat 7 ETM + con una resolución espacial de 30 m y el uso del sistema de información geográfica (ArcGIS). Como resultado de ello, se evidenció que existe una dinámica acelerada de cambios en el uso de la tierra en la cuenca abastecedora de agua (tabla 5.12), que se presume que puede estar influyendo en la calidad de agua.

Tabla 5.11. Cambios de cobertura y uso de la tierra de la subcuenca hidrográfica del río Mucujún, período 2004-2015

| Categorías | Años | | | |
|---------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | 2004 | 2008 | 2012 | 2015 |
| Afloramiento rocoso | 952,5 | 952,5 | 952,5 | 952,5 |
| Bosque | 5.686,6 | 5.712,6 | 5.750,6 | 5.750,8 |
| Centros poblados | 929,14 | 1.042,0 | 1.042,0 | 1.269,5 |
| Cultivos | 545,5 | 667,1 | 644,0 | 490,8 |
| Lagunas | 124,3 | 124,3 | 124,3 | 124,3 |
| Matorral denso | 1.175,5 | 1.985,4 | 1.515,4 | 782,5 |
| Matorral ralo | 721,7 | 966,1 | 1.389,0 | 688,7 |
| Matorral subparamero | 1.689,4 | 1.919,0 | 1.885,1 | 1.600,7 |
| Páramo | 6.851,8 | 5.533,0 | 5.626,6 | 7.339,8 |
| Pastizal | 333,3 | 154,0 | 188,0 | 129,9 |
| Potreros | 426,7 | 385,5 | 323,9 | 312,5 |
| Suelo desnudo | 14,1 | 9,3 | 9,3 | 9,3 |
| Total ha subcuenca | 19.450,8 | 19.450,8 | 19.450,8 | 19.450,8 |

De acuerdo a los cambios de cobertura y uso de la tierra señalados en la tabla 5.11, se denota un incremento del área que ocupa los centros poblados de **6,53 %** del área total de la cuenca al cierre del año 2015, en áreas que para el año 2007 presentaban una cobertura y uso de la tierra predominante de la actividad agrícola y matorrales, esto se asocia a la falta de vigilancia, control y cumplimiento del plan de ordenamiento de la cuenca (unidades de ordenamiento) y reglamento de la zona protectora y por ende su contribución en el incremento de descarga de aguas residuales domésticas sin tratamiento previo de forma directa a los afluentes y río; sin embargo, a nivel general las áreas de cobertura de bosque de la subcuenca presenta una restauración hidrológica forestal en diversas áreas intervenidas (64,2 hectáreas) que representa un 0,33% del área total de la misma, producto de la recuperación natural de los ecosistemas y la ejecución de diversos programas ambientales de una gestión compartida instituciones - usuarios. Es oportuno resaltar, que en los resultados del análisis multitemporal se evidencia un avance de la cobertura de páramo en once años (488 hectáreas) que representa para el año 2015 un 2,51 % del área total de la subcuenca del río Mucujún, esto se presume que está asociado a los efectos de la variabilidad climática debido a al cambio climático (imagen 5.16, 5.17, 5.18 y 5.19).

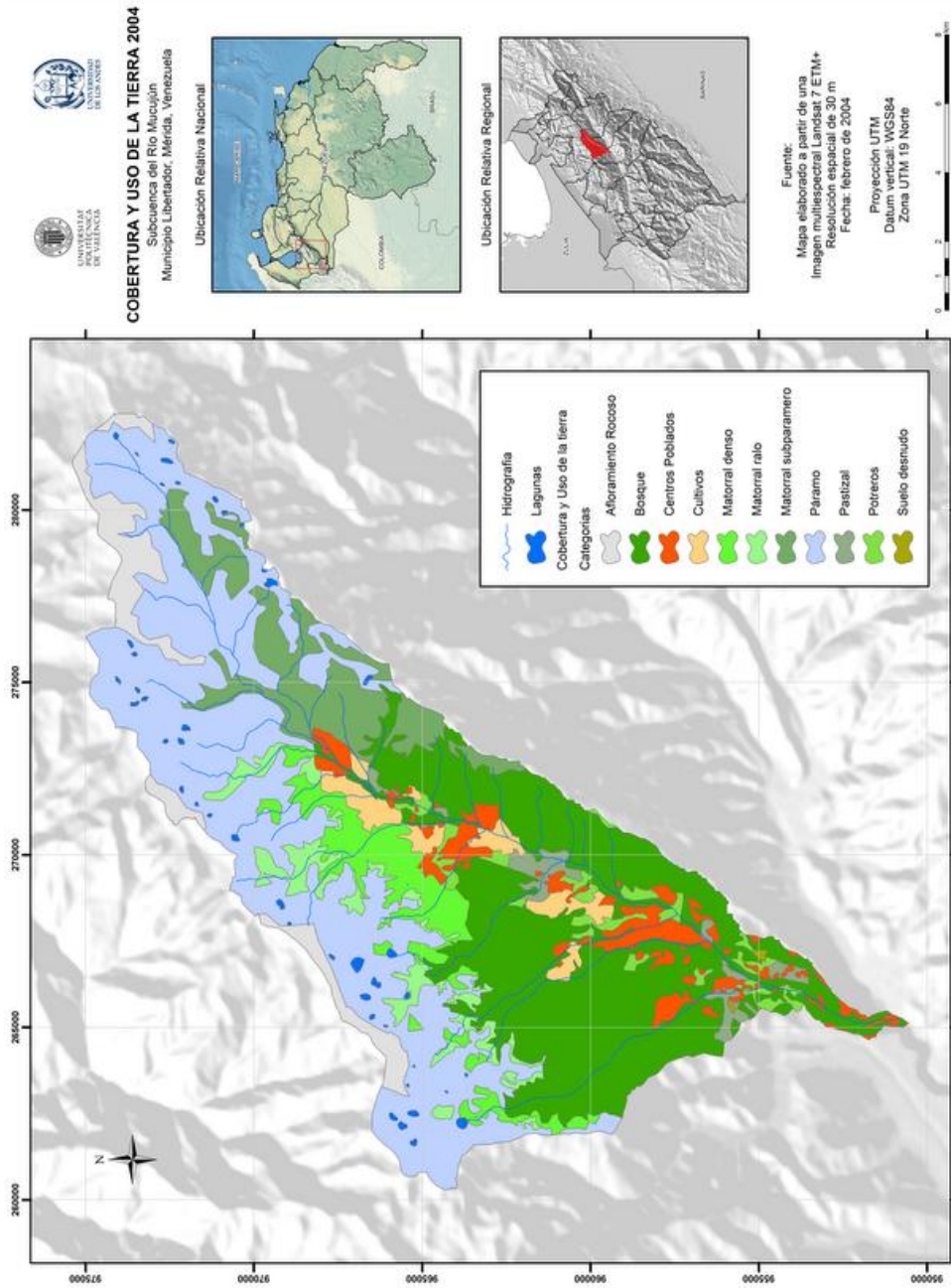


Imagen 5.16. Cobertura vegetal y uso de la tierra, subcuenca hidrográfica del río Mucujún. Año 2004

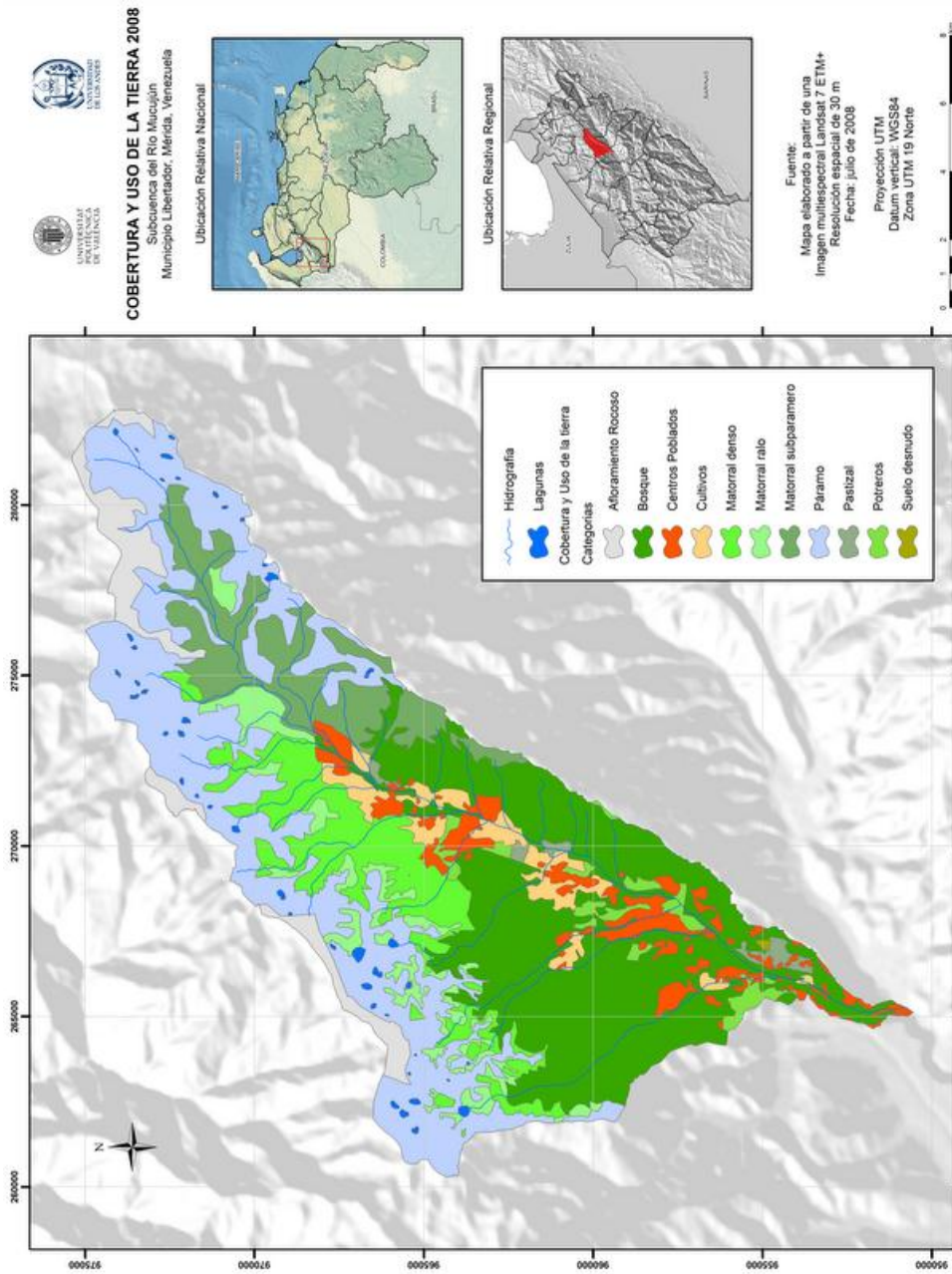


Imagen 5.17. Cobertura vegetal y uso de la tierra, subcuenca hidrográfica del río Mucujún. Año 2008

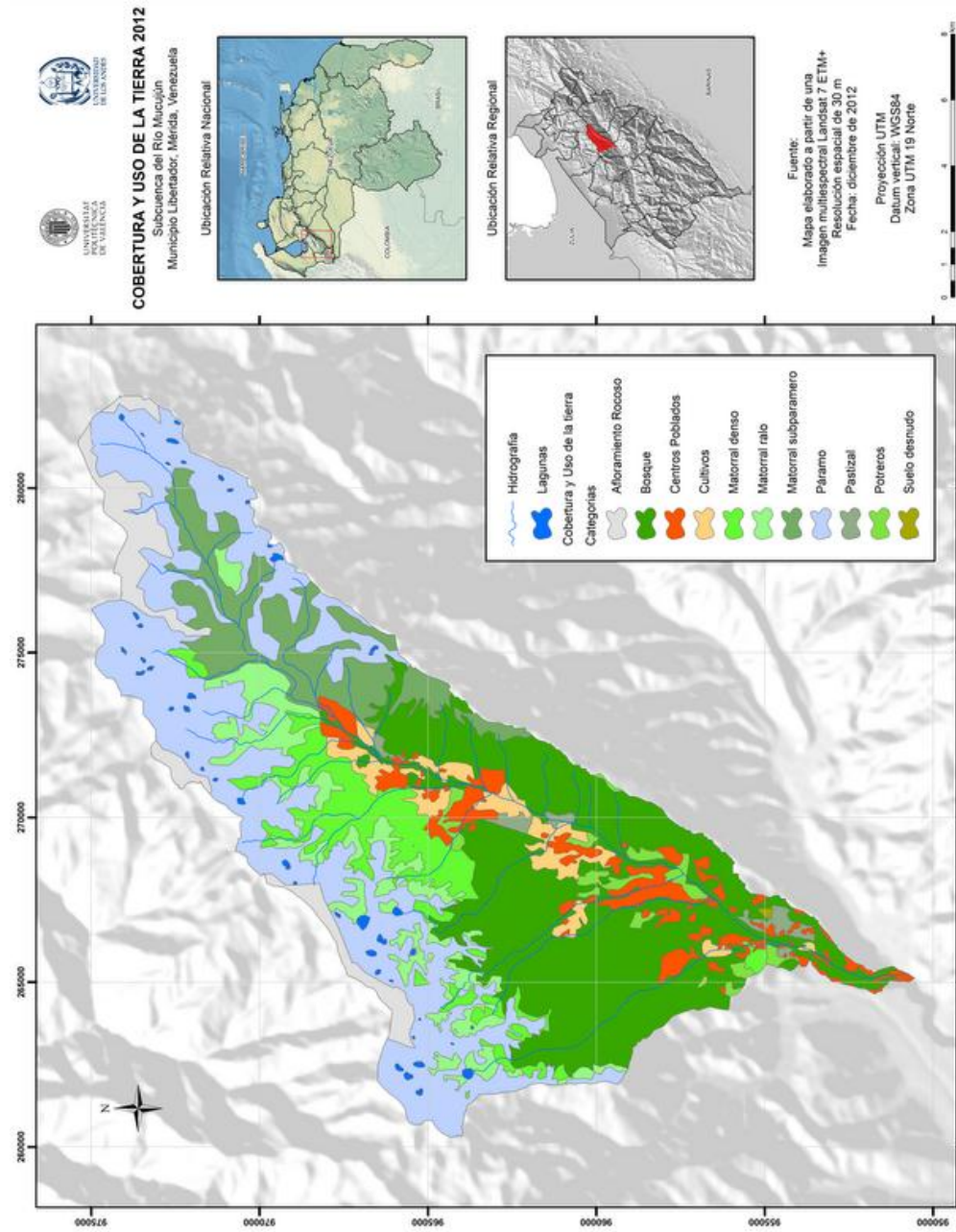


Imagen 5.18. Cobertura vegetal y uso de la tierra, subcuenca hidrográfica del río Mucujún. Año 2012

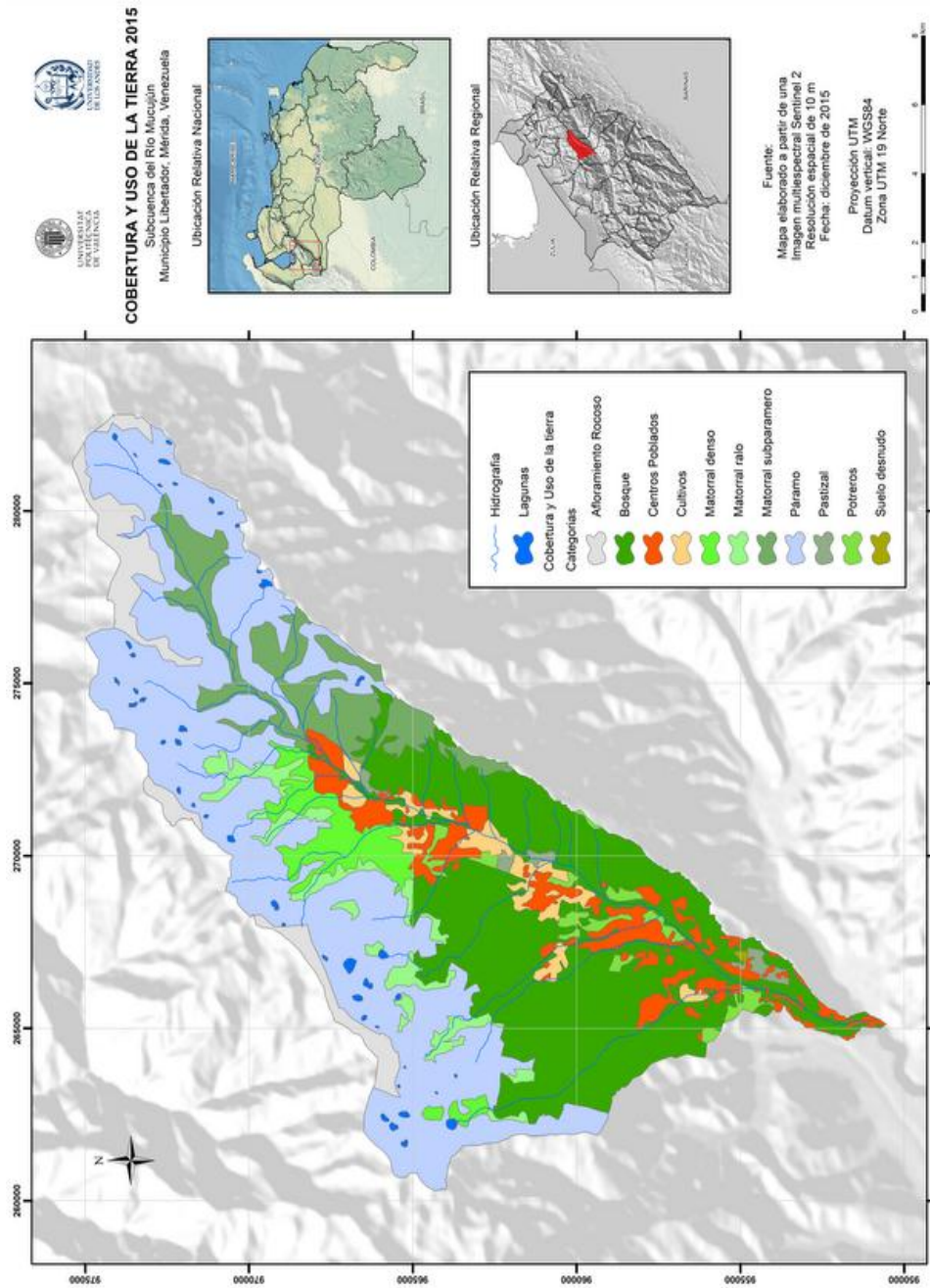


Imagen 5.19. Cobertura vegetal y uso de la tierra, subcuenca hidrográfica del río Mucujún. Año 2015

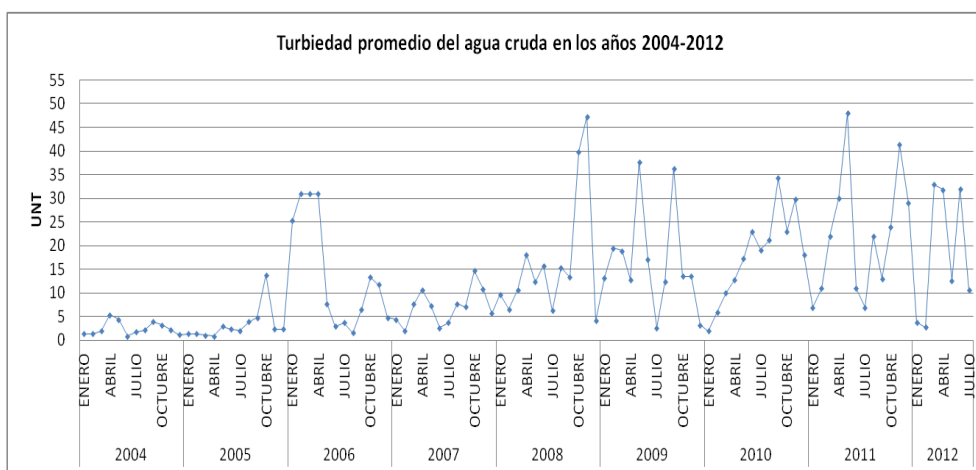
Este incremento de los centros poblados evidenciado en la tabla 5.11 y en las imágenes 5.16, 5.17, 5.18 y 5.19, implica una dinámica activa de la actividad residencial aguas arriba de la captación del acueducto urbano de la ciudad de Mérida que modifica u altera componentes espaciales del ciclo hidrológico; generando importantes alteraciones en la red de drenaje, además influye en una disminución de infiltración de la precipitación por mayor superficie de suelo impermeable, trayendo como consecuencia un consecuente aumento en el escurrimiento superficial y por ende la activación de procesos erosivos y el incremento de la capacidad de arrastre de sedimentos, traduciéndose todo ello en la ocurrencia frecuente de crecidas torrenciales en épocas de lluvia que llegan a ocasionar la suspensión parcial del proceso de captación de agua cruda y los trenes de tratamiento para su potabilización. Esta circunstancia se evidencia al revisar los registros mensuales de los parámetros físico químicos y bacteriológicos de los años 2004 al 2015, de los cuales se extraen y grafican los datos primarios del período 2004 - 2012, debido a la consistencia estadística verificada en los mismos.

Todo esto permitió interrelacionar de forma aproximada la influencia de los cambios de cobertura y uso de la tierra con la calidad de agua cruda captada en el río Mucujún, cuyos valores presentan fluctuaciones mensuales que se asocian directamente al grado de intervención y contaminación aguas arriba de la captación debido a los vertidos de aguas residuales residenciales y agropecuarias. Dicha situación, está ocasionando que el operador de agua ajuste continuamente la demanda de cloro y las dosificaciones de sulfato de aluminio, lo que incide en el incremento de gastos en los procesos de potabilización y control de calidad (Aguas de Mérida C.A. 2012a; 2012b). Ante esta complejidad de la modificación del ciclo hidrológico y la calidad de agua asociadas a los cambios de cobertura y uso de la tierra –suelo en una cuenca hidrográfica abastecedora de agua, se concluye que esta aproximación obtenida como resultado, permita dar apertura a investigaciones más rigurosas para determinar con precisión los efectos de la urbanización en la principal fuente abastecedora de agua de la ciudad de Mérida, Venezuela.

Lo antes expuesto y con basamento en información técnica de Aguas de Mérida C.A. (2012a; 2012b), los parámetros básicos de calidad de agua que cuentan con mayor seguimiento debido a las limitaciones financieras para activar el tren de tratamiento en atención a la calidad de agua cruda, se presenta lo siguiente:

- **Turbiedad.** La turbiedad es originada por las partículas en suspensión o coloides que por su tamaño se encuentran suspendidas y reducen la transparencia del agua en menor o mayor grado (Castro, 1988). En el caso de estudio, Aguas de Mérida C.A. (2012b), señala que los valores de la turbidez promedio del agua cruda son muy variables, ocasionados por la materia en suspensión que presentan los tributarios que desembocan al río Mucujún, las cuales interfieren el paso de luz a través de la misma. En la imagen 5.20, puede observarse que la mayoría de los valores observados en el período 2004-2012, la turbiedad supera los 5 UNT (valor máxi-

mo aceptable), debido a que el río Mucujún es una fuente de agua cruda muy intervenida.



Fuente: Aguas de Mérida C.A. (2012b)

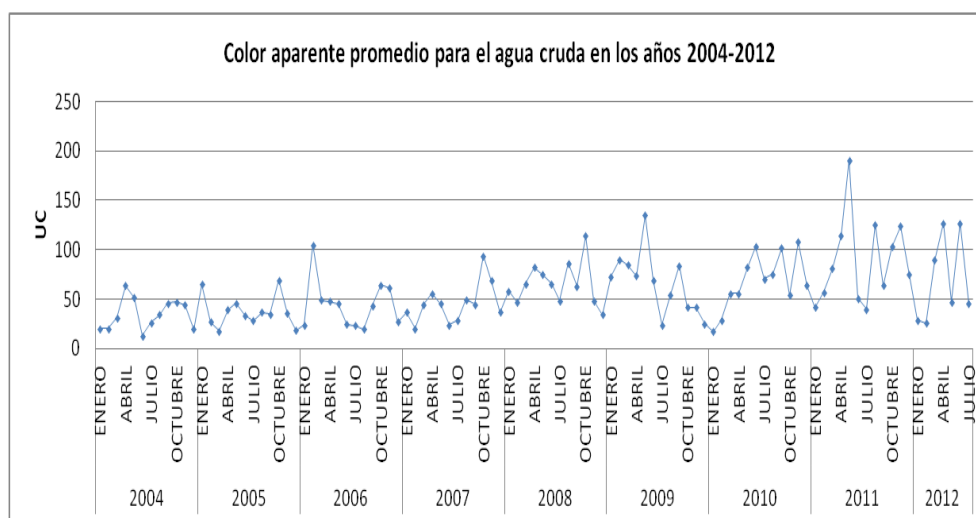
Imagen 5.20. Turbiedad promedio del agua cruda río Mucujún, período 2004-2012

Como puede notarse en la imagen 5.20, estos valores se presentan en época de precipitaciones en el área de estudio ocurridas en los meses de abril, mayo, septiembre, octubre y noviembre. Durante este periodo, se registra también la ocurrencia frecuente de crecidas torrenciales del río Mucujún, lo que influye notablemente en este parámetro. Todo ello, permite inferir que esta variabilidad es asociable a los cambios de cobertura y uso de la tierra -suelo, debido al arrastre de sedimentos en cada eventualidad que se refleja en que la turbiedad del agua cruda a ser captada cada vez es mayor a los valores permitidos en la Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela N° 36.395, por lo que el prestador del servicio realiza la remoción de turbiedad de forma continua en el proceso de gestión de agua potable, para ello cuenta con las etapas de sedimentación y filtración así como la aplicación de tratamiento con sustancias químicas. Sin embargo, cada día esto resulta insuficiente para transformar el agua cruda en agua potable, y con más frecuencia la condición ambiental obliga al prestador a la suspensión temporal de la entrada de agua cruda a la planta potabilizadora, ya que excede la capacidad máxima con que fue diseñada para su tratamiento.

Por lo antes mencionado, estas variaciones en la turbiedad promedio, implica realizar un control más estricto de este parámetro a través de las pruebas de jarras y el uso más intensivo de sustancias químicas (sulfato de aluminio) en los tratamientos, los cuales se incrementan hasta de forma horaria por un período prolongado en épocas de lluvia, esto para poder cumplir lo establecido por la Organización Mundial para la Salud [OMS] y

las normas vigentes venezolanas, lo que conlleva a que se incrementen los costos de producción de agua potable.

- **Color aparente.** El color es un parámetro vinculado con la turbiedad pero puede llegar a presentarse como característica independiente de ella y se denomina color aparente a aquel que presenta el agua cruda o natural y color verdadero al que queda luego de que el agua ha sido filtrada (Castro, 1988). Este parámetro cuenta con registros continuos y Aguas de Mérida C.A. (2012b) reporta que los valores del color aparente promedio del agua cruda son muy variables, sin embargo la mayoría de los valores supera a 50 UC, siendo estos ocasionados por los materiales disueltos y en suspensión de diferente naturaleza, tanto orgánica como inorgánica que puede originarse por los vertidos de las actividades turísticos, residenciales y agropecuarios que llegan a los tributarios y cauce principal del río Mucujún. Esto conlleva a que el operador del servicio de agua utilice métodos de remoción de color antes del proceso de desinfección para ajustarla al valor guía (15 UC) de la Organización Mundial de la Salud [OMS] y máximo aceptable por la norma venezolana; esto conlleva a que los costos de producción de agua potable se incrementen (imagen 5.21).



Fuente: Aguas de Mérida C.A. (2012b)

Imagen 5.21. Color aparente promedio del agua cruda río Mucujún, período 2004-2012

- **pH.** El control del pH de agua cruda es de gran importancia en los procesos de gestión del agua potable, ya que influye directamente en fenómenos de corrosión como de incrustación en el sistema de abastecimiento (redes de distribución) y afecta el proceso de desinfección con cloro (Castro, 1988). En este sentido, los re-

gistros de Aguas de Mérida C.A. reportan que para el período 2004 -2012, el pH promedio del agua cruda del río Mucujún, aún se encuentra dentro del rango deseable para este parámetro (6.5-8.5), sin embargo, se mantiene un seguimiento al parámetro con el fin de establecer métodos de control con la adición de un álcali como la cal.

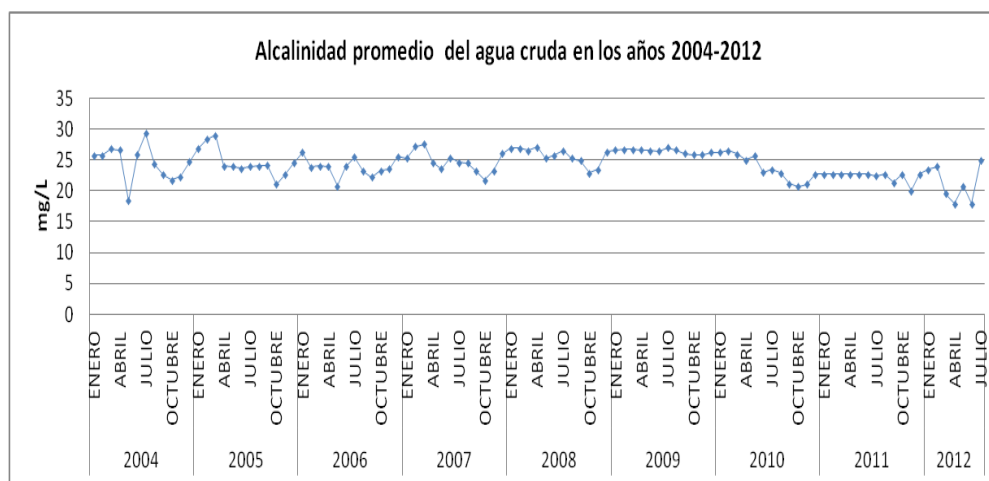


Fuente: Aguas de Mérida C.A. (2012b)

Imagen 5.22. pH promedio del agua cruda, río Mucujún, período 2004-2012

- **Alcalinidad.** Es la capacidad del agua de neutralizar ácidos. Sin embargo, aniones de ácidos débiles (bicarbonatos, carbonatos, hidróxido, sulfuro, bisulfuro, silicato y fosfato) pueden contribuir a la alcalinidad (Castro, 1988). Por lo general, está presente en las aguas naturales como un equilibrio de carbonatos y bicarbonatos con el ácido carbónico, con tendencia a que prevalezcan los iones de bicarbonato. De ahí que un agua pueda tener baja alcalinidad y un pH relativamente alto o viceversa. Por tanto, este parámetro es importante en el tratamiento del agua porque reacciona con coagulantes hidrolizables (como sales de hierro y aluminio) durante el proceso de coagulación y permite determinar la dureza del agua. Además, este parámetro tiene incidencia sobre el carácter corrosivo o incrustante que pueda tener el agua y, cuando alcanza niveles altos, puede tener efectos sobre el sabor (Castro, 1988; OMS, 1997) y de acuerdo a la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos [EPA], la fuente no debe mostrar cambios bruscos o repentinos en el contenido de la alcalinidad, esto indica que no existe un cambio en la calidad del agua.

Ante lo expuesto, Aguas de Mérida (2012b) reporta que la alcalinidad promedio del agua cruda del río Mucujún, se encuentra entre valores de 17,9 mg/L y 29,3 mg/L y no muestra cambios bruscos en este valor (imagen 5.23).



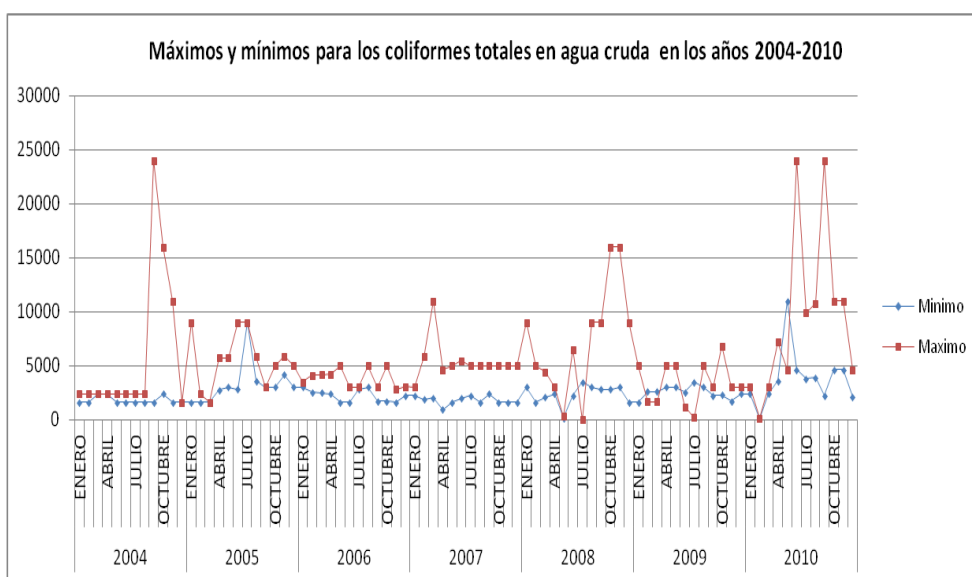
Fuente: Aguas de Mérida C.A. (2012b)

Imagen 5.23. Alcalinidad promedio del agua cruda, río Mucujún, período 2004-2012

En cuanto a los aspectos bacteriológicos, el prestador del servicio de agua potable en busca de dar garantía de la inocuidad microbiana del abastecimiento de agua de consumo se basa en la selección y aplicación correcta de una serie de operaciones de tratamiento al agua cruda, y la gestión de los sistemas de distribución (por tuberías o de otro tipo) para mantener y proteger la calidad del agua tratada, todo ello para evitar la contaminación del agua de consumo o para reducirla a niveles que no sean perjudiciales para la salud (OMS, 2006).

En este contexto, Aguas de Mérida C.A. monitorea el parámetro coliformes totales, por ser el principal estándar para el agua potable en el mundo, ya que es un indicio de que el agua puede estar contaminada con aguas residuales u otro tipo de desechos en descomposición. El método utilizado para la determinación de este parámetro es el de número más probable (NMP) y los resultados promedios mensuales indican que este parámetro presenta valores mayores a 2000 NMP por cada 100 ml para aguas destinada al consumo humano sub-tipo 1a y llega a superar los límites máximos (10.000 NMP por cada 100 ml) para aguas sub-tipo 1a y 1b que establece la norma. Esto se evidencia, en los registros de los años 2011 y 2012 cuyos valores obtenidos son mayores a 20.286 NMP/100 ml; es importante destacar, que este rango de valores no existía en años anteriores a 2011 donde las fluctuaciones se venía presentando por aumento

puntual de la actividad turística en épocas vacacionales; ahora estos valores ocurren en toda el año oscilando entre 2500 y 24.000 NMP/100 ml, por lo que este comportamiento del parámetro refleja un proceso de contaminación del agua del río Mucujún y se asocia al incremento de la población que se viene asentando aguas arriba de la captación principal del acueducto de la ciudad de Mérida, cuyas aguas residuales domésticas son vertidas directamente al río sin tratamiento previo.



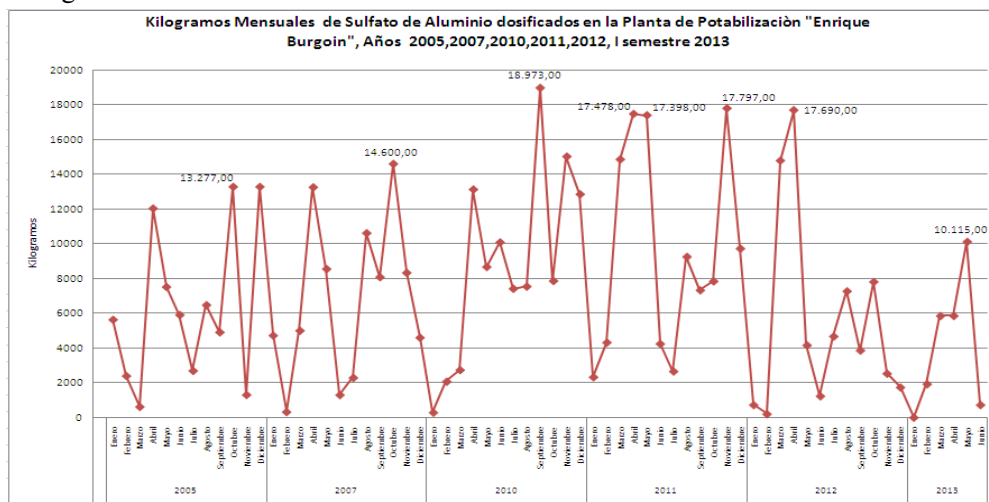
Fuente: Aguas de Mérida C.A. (2012b)

Imagen 5.24. Coliformes totales promedio del agua cruda del río Mucujún, período 2004-2010

Estas aguas aún pueden ser acondicionadas por medio de tratamientos convencionales de coagulación, floculación, sedimentación, filtración y cloración, pero para ello el prestador del servicio de agua potable, incrementa las operaciones de monitoreo para evaluar y ajustar de forma permanente los procesos de tratamiento del agua cruda a fin de garantizar que luego del proceso de potabilización sea apta para el consumo humano y cumpla con los rangos establecidos en las normas venezolanas

Por lo antes expuesto y ante el inminente incremento de los problemas de contaminación del agua del río Mucujún asociado a los cambios de cobertura y uso de la tierra y el suelo, el operador de agua con el fin de cumplir su objeto social y garantizar la salud pública cada día incrementa los costos de producción de agua potable asociados al proceso de control de calidad y a la adquisición de sustancias químicas (sulfato de aluminio, cal y cilindros de gas cloro). Como por ejemplo, se puede denotar la varia-

ción de kilogramos mensuales dosificados en la planta de potabilización “Enrique Bourgöin”:



Fuente: Aguas de Mérida C.A. (2014)

Imagen 5.25. Kilogramos de sulfato de aluminio dosificado en planta de potabilización Enrique Bourgöin, periodo 2005-2013

En este contexto, se logra vincular de forma aproximada la influencia de la dinámica espacial del uso de la tierra – suelo con la calidad de agua cruda en la subcuenca del río Mucujún y cómo ésta ha variado en el tiempo.

En este sentido, esta dinámica obedece a que en el territorio de estudio se encuentran recursos de variada índole que representan opciones de desarrollo agropecuario, turístico y residencial que se vienen ejecutando a pesar de las restricciones que establecen las figuras legales vinculadas a la protección del recurso hídrico y conservación de la biodiversidad (plan de ordenamiento y zona protectora del río Mucujún y Parque Nacional Sierra de La Culata). Todo ello, están influyendo directamente en la alteración de la calidad de agua cruda y además se proyecta que si el crecimiento de la población avanza requerirá el aprovechamiento del recurso hídrico para los acueductos menores aguas arriba de la captación del acueducto urbano de Mérida, esto pudiese traer como consecuencia la disminución de caudales disponibles a ser captado, lo que comprometerá el abastecimiento de agua potable al 80% aproximadamente de la ciudad de Mérida. Por lo que se considera pertinente:

- Mejorar el control legal y regulación efectiva de explotación de otros recursos y uso de suelo por las Autoridades Ambientales competentes.
- Revisión y actualización urgente del plan de ordenamiento, reglamento de uso y zona protectora del río Mucujún y Parque Nacional Sierra de La Culata.

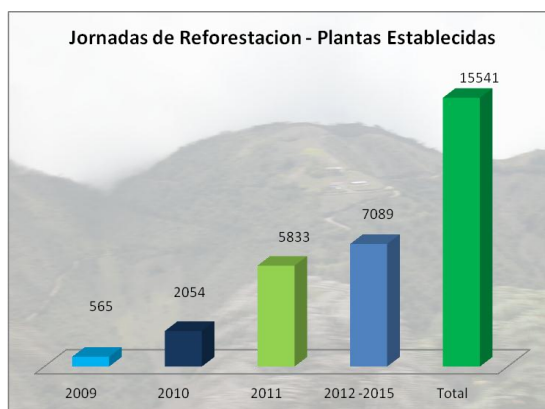
- Establecer un programa de monitoreo permanente de calidad de agua para el cálculo del índice de calidad de agua.
- Establecer un programa de medición de caudales de carácter permanente.
- Desarrollar un plan de saneamiento ambiental en la subcuenca hidrográfica del río Mucujún, que conlleve a incrementar la cobertura de recolección y sistemas de tratamientos de aguas servidas para los vertidos aguas arriba de la captación del sistema de acueducto urbano.
- Realizar diagnóstico detallado de los usos del agua aguas arriba de la captación del acueducto urbano, a fin de determinar la relación oferta hídrica – demanda y los conflictos de uso. *Esto como paso inicial para desarrollar una línea de investigación referida a la sostenibilidad de cuencas hidrográficas de montaña bajo la concepción de diseño ambientalmente integrado.*

C.3. Gestión ambiental

Aguas de Mérida C.A., desarrolla desde el año 1999 el **Programa Educativo Nacional Ambiental El Agua en Nuestras Vidas**, en diversas instituciones educativas ubicadas en el ámbito de responsabilidad de la Empresa, que busca resaltar los conceptos conservacionistas del uso racional del recurso agua y la concienciación en el pago por el servicio prestado en forma continua, eficiente, con calidad y cantidad adecuados. Y en sus componentes de acción cuenta con: “La patrulla del agua”, “El plomerito escolar” y “El encuentro cultural infantil del agua”, a través de los cuales se harán campañas divulgativas sobre la conservación del ambiente y del agua como recurso vital para la vida.

En simultáneo a este programa incorpora a partir del año 2009, el Programa de conservación de cuencas hidrográficas “Cacique Murachi” actualmente denominado “Gestión Ambiental”, que contempla la ejecución de acciones dirigidas a contribuir con la conservación de las cuencas hidrográficas abastecedoras de agua potable, que se relaciona de forma directa con el programa Misión Árbol, adscrito al Viceministerio de Conservación Ambiental – Instituto Nacional de Parques (INPARQUES), por ser un programa permanente que se creó por iniciativa del Gobierno de la República Bolivariana de Venezuela como respuesta a la degradación continua y progresiva de las cuencas hidrográficas a nivel nacional, por tanto, se considera que ambos programas pueden avanzar en su cometido mediante una alianza estratégica en cuatro (4) cuencas hidrográficas abastecedoras de agua pilotos (municipio Alberto Adriani “río Mucujepe”, municipio Libertador “río Mucujún”, municipio Miranda “quebrada Mucunantú”, y municipio Andrés Bello “quebrada La Guerrero”) en el estado Mérida, contando con la participación activa de las comunidades organizadas y los trabajadores de la empresa. Logrando lo siguiente:

- **Producir 5.391** plantas en instalaciones de la planta de potabilización Enrique Bourgöin con el Comité Conservacionista “Grupo Ecológico Ambiental El Vallecito”, para recuperar zona en deslizamiento El Pajonal (municipio Libertador).
- Establecer **15.541 plantas** en áreas degradadas de las cuencas hidrográficas abastecedoras de agua priorizadas.



Fuente: Aguas de Mérida C.A. (2015c)

Imagen 5.26. Plantas establecidas en cuencas abastecedoras

Estos programas educativos para el uso eficiente y conservación del agua dirigidos a usuarios del sistema de acueducto, no son continuos en el tiempo, por lo que se deben tomar decisiones gerenciales rápidas para cumplir con el objetivo estratégico “Gestión Ambiental” y trascender con otras acciones estratégicas debido a que se evidenció motivación del personal para su cumplimiento.

Además, se debe fortalecer el plan de marketing publicitario de la empresa para promocionar el ahorro de agua y difusión pública de su actividad gestora, ya para el periodo evaluado se considera insuficiente para su consolidación en pro de una nueva cultura del agua en los merideños.

Para concluir, esta sección, es oportuno, indicar que la validación de la propuesta metodológica está dirigida al sistema de acueducto de la ciudad de Mérida (sub sistema Mucujún) y la información expuesta contribuyó a la selección de los indicadores cualitativos del sistema propuestos, que luego puede ser replicable a los 20 acueductos que administra la empresa, por lo que se reitera que el modelo propuesto es flexible y útil para conocer la situación actual del prestador de servicio de agua potable, representando el paso inicial de la evaluación del desempeño y sostenibilidad en la gestión del agua potable en vista de las limitaciones de información en series de tiempo estadísticamente válidas común en los países en desarrollo, pero a medida que las empresas prestadoras del servicio de agua potable asuman el cumplimiento del plan estratégico, se avanzará en incorporar indicadores netamente cuantitativos para fortalecer el índice global de desempeño y sostenibilidad (IDSAAP).

5.4.2. Evaluación del desempeño y sostenibilidad de la empresa Aguas de Mérida C.A.

Tras conocer en la sección 5.4.1, el contexto institucional, operativo y ambiental, donde se ubica el caso de estudio denominado: Aguas de Mérida C.A., Venezuela, y en conjunto con lo documentado en los capítulos 2, 3 y 4, se pretendió permitir contar con una visión global de la situación actual del prestador del servicio de agua potable en el período evaluado 2000 – 2015, como preámbulo a la aplicación de la metodología de evaluación del desempeño y sostenibilidad en la gestión del agua potable, que surgió como línea de investigación en el marco del plan estratégico de Aguas de Mérida 2015 -2019. Esto conllevó a un proceso de mejora dinámica que permitió incorporar como cuarto pilar de la prestación del servicio de agua potable la dimensión ambiental.

Por tanto, esta evaluación parte de un proceso de iteración dinámica y participativa en panel de expertos y trabajadores del operador de agua objeto a estudio, que implicó varias mesas de trabajo (40) realizadas durante el período 2012 – 2015.

Durante este periodo de evaluación, la empresa prestadora del servicio aportó la información necesaria (archivos históricos, base de datos, diagnósticos del sistema de acueducto, consultas a suscriptores, planes, programa y proyectos), siendo de gran utilidad el **plan estratégico 2015-2019** y el plan maestro de agua potable para la ciudad de Mérida, además que se consultó todo documento técnico útil para tales fines.

Estos datos se clasificaron como altamente fiable y fiable para aquella información operativa, por ser no la más precisa pero útil de referencia porque está sujeta a alguna imprecisión y cuya variación aceptable para la investigación fue de $\pm 5\%$, puesto que la empresa cuenta con limitado sistema de medición (equipos, instrumentos e infraestructura) en los laboratorios de calidad de agua (02) y para la operación y mantenimiento del sistema de acueducto, sin embargo, existe alto compromiso y sentido de pertenencia de sus trabajadores, en hacerle un monitoreo a las diferentes áreas de actuación y ser reportadas mediante informes técnicos al nivel gerencial medio – alto para la toma de decisiones que correspondan.

Además, se realizaron visitas de campo en conjunto con la unidad de planificación de Aguas de Mérida C.A. (coordinador del plan estratégico y responsable del seguimiento de la gestión a través del plan operativo anual), a las áreas administrativas – operativas y sus sistemas de acueductos. Esto permitió realizar entrevistas directas al personal de cada subgerencia y Gerencia adscrita a la institución, cuyos resultados se consolidaron en una base de datos propia que facilitó el análisis durante el desarrollo de la investigación, respaldada con acta compromiso de confidencialidad de datos con la empresa Aguas de Mérida C.A.

Todo lo antes expuesto, permitió la construcción de un modelo innovador para la evaluación del desempeño y sostenibilidad de las empresas prestadoras del servicio de agua potable, basado en el **sistema de indicadores para la evaluación del desempeño y sostenibilidad (SIEDSA) de la prestación del servicio de agua potable**, el cual consta **veintiuno (21) indicadores estratégicos** cuali-cuantitativos, que cuentan con parámetros verificables, robustos y normalizables con la técnica de re-escalamiento (valores 0 ,1) cuyas ecuaciones o factor de conversión o calidad (FC), ya han sido validados científicamente por diversos autores y aplicados a otros casos de estudios, lo que garantiza que estos indicadores finales , estén en concordancia con las ideas que dieron lugar a su elección y su representatividad con validez científica para su agregación (tabla 5.12).

Por tanto la selección, jerarquización, valoración, validación y caracterización partió de metodologías e indicadores vinculados históricamente a las empresas prestadoras del servicio de agua potable, que ya fueron descritas en el capítulo 3 y 4 , lo que ha permitido partir del **Índice de sostenibilidad de un abastecimiento de agua (ISA)**, propuesto por Benavides (2010) diseñar y proponer una nueva agregación de indicadores cuali-cuantitativos que se expresa en el **Índice del desempeño y sostenibilidad de la prestación del servicio de agua potable (IDSAAP)**, que representa una proporción convergente, numérica y descriptiva de la interrelación de las dimensiones de la sostenibilidad en los procesos de gestión para la prestación del servicio de agua potable, esto gracias a que se caracteriza por ser adimensional, y los resultados del cálculo de los valores de los indicadores estratégicos están normalizados con la técnica de re-escalamiento con factores de conversión o calidad (FC), que permite su agregación y valoración (pesos relativos de los indicadores estratégicos). Expresándose matemáticamente de la siguiente manera:

$$\text{IDSAAP} = \sum \text{PRIEap}$$

Ecu: 5. 1

Dónde:

IDSAAP= Índice del Desempeño y Sostenibilidad

PRIEap = Peso relativo del indicador estratégico ap

Por tanto, en esta sección del capítulo 5, se exponen los resultados de la aplicación de la propuesta para la evaluación del desempeño y sostenibilidad de la empresa Aguas de Mérida (Venezuela); expresando gráficamente el IDSAAP por criterio y subcriterio establecidos en los procesos más relevantes de la gestión del agua potable, ya que su medición a través de indicadores estratégicos, implican la verificación y actuación de las autoridades de la empresa a través de una clasificación que permita evaluar la situación inicial del desempeño y sostenibilidad y como es su evolución a partir de las medidas que se puedan de acuerdo a los objetivos estratégicos del Plan Estratégico 2015 - 2019.

Tabla 5.12. Indicadores estratégicos definitivos que conforman el sistema de indicadores para la evaluación del desempeño y sostenibilidad (SIEDSA) en la gestión del agua potable de las empresas prestadoras del servicio de agua potable en ámbitos urbanos

| Criterio general | Subcriterio | Nº | Indicador estratégico |
|------------------|---|---|---|
| AMBIENTAL | Aprovechamiento del recurso hídrico | 1 | % de caudal de agua captada para el abastecimiento en épocas de sequía |
| | | 2 | Existe control legal y regulación efectiva de explotación de otros recursos y uso de suelo, en las cuencas fuente, por las Autoridades Ambientales |
| | Uso eficiente del agua | 3 | Porcentaje de eficiencia física en el período de evaluación |
| | | 4 | Eficiencia hidráulica en el aprovechamiento del recurso hídrico en el periodo de evaluación. |
| | | 5 | Aplicación de medidas de control para reducción de pérdidas de agua en el sistema de acueducto. |
| | | 6 | Eficiencia energética |
| | | 7 | Promedio de consumo por habitante día |
| | Contaminación por operación y mantenimiento | 8 | Porcentaje de lodos y desechos generados por el sistema de potabilización (filtros, floculadores y sedimentadores) que se vierten sin depuración a cuerpos receptores, por año |
| | | 9 | Existen sistemas de recolección y tratamiento de aguas servidas para los vertidos de la ciudad al cuerpo receptor. |
| | Conservación de cuencas | 10 | Porcentaje de superficie de la o las cuencas tributarias que tienen en marcha un plan anual de silvicultura y reforestación, gestionado o coordinado directamente por la empresa operadora del sistema. |
| | | 11 | Aplicación de medidas educativas para el uso eficiente y conservación del agua a usuarios del sistema de acueducto |
| | | 12 | Ingreso recaudado por venta de agua que se destina a conservación de cuencas por año |
| | | 13 | Existe en ejecución un plan de marketing publicitario de la empresa, para promocionar el ahorro de agua y difusión pública de su actividad gestora. |
| | | 14 | Existen sistemas de tratamientos de aguas servidas para los vertidos aguas arriba de la captación del sistema de acueducto urbano |
| SOCIAL | Gobernabilidad del agua | 15 | Índice de Gobernabilidad |
| | | | 15.1.Legitimidad (4) |
| | | | 15.2.Eficacia (4) |
| | | | 15.3.Gobernanza (5) |
| ECONÓMICO | Autogestión | 16 | Porcentaje de autosuficiencia financiera anual |
| | | 17 | Porcentaje de recuperación de costos, mediante cobro de facturación por año |
| | Índices financieros | 18 | Porcentaje de agua no facturada por año |
| | | 19 | Porcentaje de liquidez |
| | 20 | Porcentaje de eficiencia en recaudación anual | |
| Personal | 21 | Número de empleados por cada 10000 suscriptores | |

5.4.2.1. Cálculo del índice del desempeño y sostenibilidad de la prestación del servicio de agua potable (IDSAAP) de la empresa Aguas de Mérida C.A.

Para el cálculo del índice del desempeño y sostenibilidad de la prestación del servicio de agua potable (**IDSAAP**) de la empresa Aguas de Mérida C.A. (Venezuela), se realizó un proceso de agregación de los **21 indicadores estratégicos** distribuidos por criterio y subcriterio de la prestación del servicio de agua potable, el cual se desarrolló de la siguiente manera:

- a) Se elaboró matriz de cálculo que consideró la jerarquización y valoración de los criterios generales y subcriterios que agrupan los indicadores estratégicos, que conforman el **sistema de indicadores para la evaluación del desempeño y sostenibilidad (SIEDSA) y su respectivo índice del desempeño y sostenibilidad de la prestación del servicio de agua potable (IDSAAP) ideal**, en cual se agrupan en el marco de las dimensiones de la sostenibilidad para la prestación del servicio de agua potable (imagen 5.27).
- b) Se calculó cada indicador estratégico cuali-cuantitativo con la combinación de los datos proporcionados por la empresa Aguas de Mérida C.A. y los obtenidos mediante la entrevista directa o mediante las mesas de trabajo denominada panel de expertos, y las ecuaciones planteadas por indicador estratégico en la caracterización, previamente concatenado con el proceso explicado en el capítulo 3 y 4.
- c) Para el cálculo del factor de calidad de los indicadores estratégicos cuali-cuantitativos, se procedió de la manera gráfica y otra matemática. En el caso de los indicadores cualitativos se emplean las curvas de conversión formuladas y escalas de valoraciones planteadas por Benavides (2010) detallados en el capítulo 4.
- d) El “peso relativo de cada indicador estratégico” del servicio de agua potable en las dimensiones de la sostenibilidad (PRIEap), se obtuvo al multiplicar el FC con el valor de la “importancia ponderada” del indicador estratégico. El “peso relativo de cada indicador” se obtiene al multiplicar el FC con el valor de la “importancia ponderada” del indicador (IPIEap).
- e) El “peso relativo de cada subcriterio definido en las dimensiones de la sostenibilidad para la prestación del servicio de agua potable” será igual a la sumatoria de los pesos relativos de los indicadores que lo conforman. A este valor se lo convierte en porcentaje.

- f) El “peso relativo de cada criterio general definido en las dimensiones de la sostenibilidad para la prestación del servicio de agua potable”, será el resultado de sumar los “pesos relativos de los subcriterios definido en las dimensiones de la sostenibilidad para la prestación del servicio de agua potable”.
- g) Luego se realizó la sumatoria de los pesos relativos de los tres criterios generales y como resultados de la agregación se obtiene el **índice del desempeño y sostenibilidad de la prestación del servicio de agua potable (IDSAAP) global**.
- h) Al contar con los resultados de la agregación expresados en el índice del desempeño y sostenibilidad de la prestación del servicio de agua potable (IDSAAP) global de Aguas de Mérida C.A., se procedió al cálculo del **IDSAAP por cada criterio general**, ya que esto permite la evaluación específica y conocer el Estado de la empresa prestadora del servicio de agua de acuerdo a las dimensiones de la sostenibilidad y determinar cuál de ellos presenta limita o favorece el desempeño y sostenibilidad en la gestión del agua potable (DSAGAP), y por ende tomar medidas específicas para fortalecer las acciones en cada subcriterio de la prestación del servicio de agua potable.

Los resultados de este procedimiento se consolidan en matriz de cálculo del **IDSAAP**, que puede detallarse en el anexo 6.

Por tanto, este proceso secuencial (pasos a–h), permitió obtener los siguientes resultados:

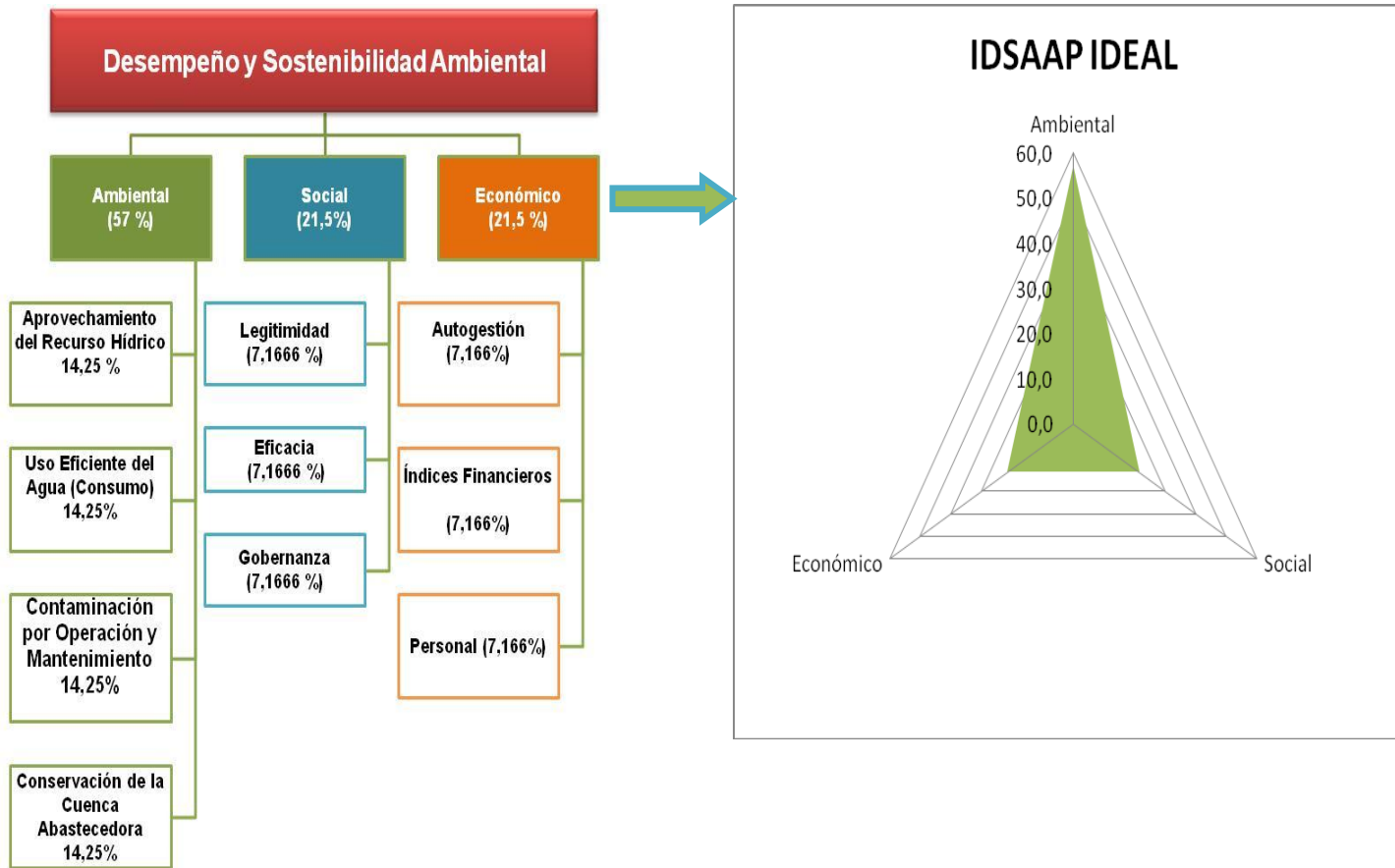


Imagen 5.27. Jerarquía de los criterios generales, subcriterios del sistema de indicadores y el IDSAAP ideal de desempeño y sostenibilidad de la prestación del servicio de agua potable

Tabla 5.13. Índice del desempeño y sostenibilidad de la prestación del servicio de agua potable (IDSAAP) global: empresa Aguas de Mérida C.A.

| Criterio general | PRIE ap | % | Gráfica |
|---|---------------|----|--|
| AMBIENTAL | 0,1327 | 13 | <p>IDSAAP Global</p> <p>Aguas de Mérida, c.a.</p> <p>Ambiental</p> <p>60,00</p> <p>50,00</p> <p>40,00</p> <p>30,00</p> <p>20,00</p> <p>10,00</p> <p>0,00</p> <p>Económico</p> <p>Social</p> |
| SOCIAL | 0,1346 | 13 | |
| ECONÓMICO | 0,13 | 13 | |
| IDSAAP Global Aguas de Mérida C.A. | 0,3973 | | |
| | 40 % | | |

Tabla 5.14. Índice del desempeño y sostenibilidad de la prestación del servicio de agua potable (IDSAAP) – específico: criterio ambiental


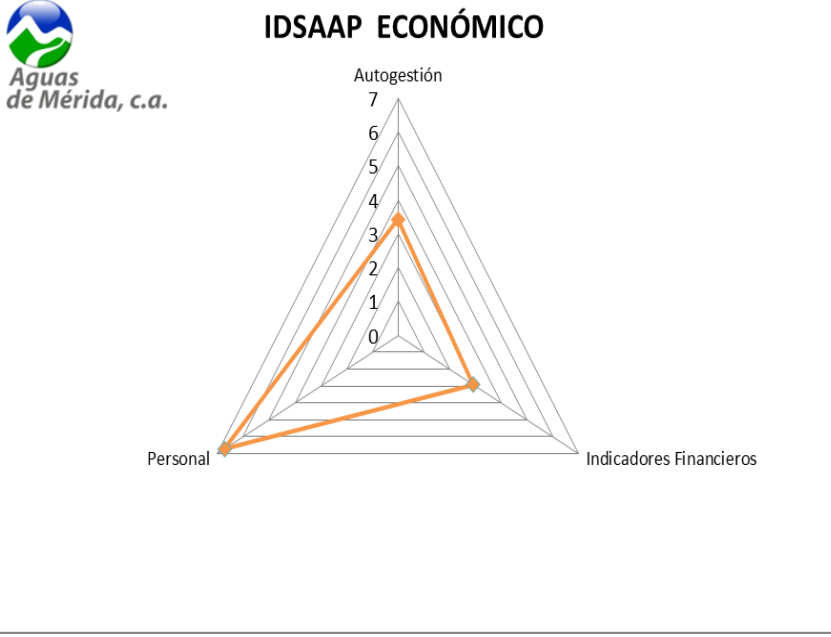
| IDSAAP Ambiental (57%) | PR | % | Gráfica |
|---|-----------|------|---|
| Aprovechamiento del recurso hídrico | 0,03078 | 3,08 | <div style="text-align: center;">  <p>IDSAAP AMBIENTAL</p> <p>Aprovechamiento del Recurso Hídrico</p> <p>6 5 4 3 2 1 0</p> <p>Conservación de Cuencas</p> <p>Uso Eficiente del Agua</p> <p>Contaminación por Operación y Mantenimiento</p> </div> |
| Uso eficiente del agua | 0,0511746 | 5,12 | |
| Contaminación por operación y mantenimiento | 0,021375 | 2,14 | |
| Conservación de cuencas hidrográficas abastecedoras | 0,029412 | 2,94 | |
| 0,1327416 | | | |
| 13,27 % | | | |

Tabla 5.15. Índice del desempeño y sostenibilidad de la prestación del servicio de agua potable (IDSAAP) – específico: criterio social

| IDSAAP Social (21,5%) | | PR | % | Gráfica |
|--|-------------|----------------|------|---------|
| GOVERNABILIDAD DEL AGUA POTABLE | Legitimidad | 0,02878823 | 2,88 | |
| | Eficacia | 0,04801622 | 4,80 | |
| | Gobernanza | 0,0577628 | 5,78 | |
| | | 0,13457 | | |
| | | 13,46 % | | |

Tabla 5.16. Índice del desempeño y sostenibilidad de la prestación del servicio de agua potable (IDSAAP) – específico: criterio económico

| IDSAAP Económico (21,5%) | PR | % | Gráfica |
|-------------------------------------|------------|----------|--|
| Autogestión | 0,03416 | 3,416 |  |
| Indicadores financieros | 0,02904585 | 2,904585 | |
| Personal | 0,0672 | 6,72 | |
| 0,13040585 | | | |
| 13 % | | | |

5.4.2.2. Clasificación y evaluación de la empresa Aguas de Mérida C.A. según el índice del desempeño y sostenibilidad de la prestación del servicio de agua potable (IDSAAP).

Tras los resultados obtenidos en la sección 5.4.2.1, se analizaron los valores obtenidos del índice global e índices específicos del desempeño y sostenibilidad de la empresa Aguas de Mérida C.A. y se clasificó el nivel del desempeño y sostenibilidad de la empresa prestadora del servicio de agua potable en estudio, siguiendo los rangos y categorías establecidos para la valoración (Tabla 5.17) obteniendo lo siguiente:

Tabla 5.17. Rangos y categorías de valoración y clasificación según el IDSAAP

| Escala IDSAAP Global Máximo 100% | ESCALA IDSAAP Sub criterio | | | Categorías del desempeño y sostenibilidad | Parámetro Semaforización | Comportamiento Metas Plan Estratégico |
|----------------------------------|----------------------------|--------------|-----------------|---|--------------------------|--|
| | AMB 57% | SOCIAL 21,5% | ECONÓMICO 21,5% | | | |
| 0 – 15 | 0 – 15 | 0-5 | 0 – 3 | MALO | Crítico (rojo) | El valor alcanzado del indicador está muy por debajo de la meta programada o supera tanto la meta programada que se puede considerar como una falla de planeación (es decir la meta no fue bien establecida); de conformidad con los rangos establecidos. Requiere profundizar diagnóstico de eficiencia física, hidráulica y energética. Requiere incrementar relaciones interinstitucionales, conformar consejo de cuencas y tomar medidas correctoras urgentes. |
| 16- 31 | 16 – 26 | 6- 11 | 3 -5 | DEFICIENTE | | |
| 32- 47 | 27 -36 | 12- 17 | 6 -8 | REGULAR | Con riesgo (amarillo) | El valor alcanzado del indicador es menor que la meta programada en relación al objetivo estratégico pero se mantiene dentro del rango establecido. Requiere revisión del diagnóstico de eficiencia y de los indicadores de los subcriterios por componente y establecer medidas correctoras. |
| 48-77 | 37- 47 | 18 -20 | 9-11 | BUENO | | |
| 78 -100 | 48 - 57 | 20 - 21,5 | 12 – 21,5 | EXCELENTE | Aceptable (verde) | El valor alcanzado del indicador se encuentra en un rango por encima o por debajo de la meta programada, pero se mantiene dentro del rango establecido. Requiere evaluación permanente. |

A. Clasificación y evaluación del índice del desempeño y sostenibilidad de la prestación del servicio de agua potable (IDSAAP) global: empresa Aguas de Mérida C.A.

| Criterio General | PRIEap | % | Gráfica | |
|---|---------------|-------|--------------------------------------|------------------------------------|
| AMBIENTAL | 0,1327 | 13,27 | Estado ideal "Excelente" - Aceptable | Estado actual "Regular" con riesgo |
| SOCIAL | 0,1346 | 13,46 | <p>IDSAAP IDEAL</p> | <p>IDSAAP Global</p> |
| ECONÓMICO | 0,13 | 13 | | |
| IDSAAP GLOBAL Aguas de Mérida C.A. | 0,3973 | | REGULAR CON RIESGO | |
| | 40 % | | | |

El resultado obtenido del índice del desempeño y sostenibilidad de la prestación del servicio de agua potable (**IDSAAP**) **Global: empresa Aguas de Mérida C.A.** del **40 %** refleja que para el periodo de evaluación 2012 – 2015, su desempeño y sostenibilidad como prestador del servicio de agua potable es “**REGULAR CON RIESGO**”, debido a que el valor alcanzado refleja que aún las metas programadas **están por debajo de lo esperado en relación a los objetivos del Plan Estratégico 2015 – 2019, que se describen a continuación:**

1. Dimensión económica

Meta 1.1: Gestión financiera sostenible y sustentable mediante una retribución económica justa por la contraprestación del servicio, que permita cubrir los gastos que se derivan del proceso productivo del agua potable suministrada a la población merideña.

| OBJETIVO ESTRATEGICO: ECONOMICO | Estrategias | Acciones estratégicas |
|---------------------------------|--|---|
| | 1.-Desarrollar el modelo financiero. | 1.1 Construcción e implementación de la estructura tarifaria. 1.2 Formulación e implementación del centro de costos. |
| | 2. Optimizar permanentemente los costos y gastos. | 2.1 Monitoreo y control permanente de los costos y gastos de mayor impacto financiero en la prestación del servicio. 2.2 Generar un sistema efectivo de control sobre los costos y gastos. |
| | 3. Promover el incremento sostenible de los ingresos mediante una gestión comercial moderna, justa y eficiente | 3.1 Gestión efectiva de facturación, recaudo y recuperación de cuentas. 3.2 Desarrollo e implementación del programa de lectura en tiempo real. 3.3 Determinación real del índice de agua no contabilizada (ANC). 3.4 Mejoras en los procesos orientados a la atención al usuario. 3.5 Formulación e implementación del plan de micro medición. 3.6 Sectorización del subsistema de información comercial 3.7 Realización del catastro integral (redes y usuarios) 3.8 Incorporación de nuevos usuarios al servicio. |
| | 4. Gestionar nuevas fuentes de financiamiento para fortalecimiento institucional y prestación del servicio | 4.1. Promover alianzas estratégicas con entes financieros externos que pudieran aportar recursos financieros para fortalecer la prestación del servicio. 4.2. Mantener actualizado los planes de inversión y requerimientos de la empresa. 4.3. Mantener actualizado la cartera de proyectos susceptibles de ser financiados por entes externos. |

2. Dimensión ambiental

Meta 2.1: Gestión ambiental implementada en cuencas abastecedoras y receptoras de los servicios de agua potable y saneamiento

| OBJETIVO ESTRATEGICO: AMBIENTAL | Estrategias | Acciones estratégicas |
|---------------------------------|---|---|
| | 1. Crear el Dpto. de Gestión Ambiental. | 1.1 Desarrollar la base conceptual y los procesos asociados a la gestión ambiental en las cuencas abastecedoras y receptoras en el Estado. 1.2 Determinar el perfil de (los) cargo(s) asociado(s) a los procesos que se generen en el área de gestión ambiental. |
| | 2.- Desarrollar la planificación y formulación del sistema de gestión ambiental de los servicios de agua potable. | 2.1. Diseñar formular el sistema de gestión ambiental según las normas de calidad para las empresas prestadoras del servicio de agua potable. 2.2. Realizar la evaluación ambiental estratégica como herramienta para la gestión del recurso agua y sostenibilidad. 2.3. Determinar, indicadores de desempeño y sostenibilidad. 2.4. Diseñar, formular e implementar un programa de monitoreo hidroclimático permanente de las cuencas abastecedoras y receptoras. 2.5. Implementar los sistemas de información geográfica y la aplicación de modelos hidrológicos e hidrodinámicos de las cuencas abastecedoras para su diagnóstico ambiental. 2.6. Diseñar e implementar sistema de información de las principales fuentes abastecedoras y receptoras en el estado. 2.7. Diseñar e implementar procesos de supervisión y auditorías ambientales. 2.8. Establecer alianzas estratégicas interinstitucionales para la capacitación, actualización e investigación. |
| | 3.- Formular el plan de educación ambiental en las cuencas abastecedoras de agua con alianzas comunales | 3.1. Desarrollar los programas de educación ambiental que sensibilicen a la recuperación con la implementación de medidas de conservación de suelos y aguas de las principales fuentes abastecedoras y receptoras en el estado 3.2. Generar alianzas estratégicas con instituciones competentes y el poder popular para ejecutar el plan de educación ambiental. |

Meta 2.2: Uso eficiente del agua a partir de la planificación operativa del servicio de agua potable y saneamiento

| OBJETIVO ESTRATEGICO: AMBIENTAL | Estrategias | Acciones estratégicas |
|---------------------------------|---|--|
| | 1. Elaborar los catastros integrales (redes y usuarios) que permita el desarrollo de la Sectorización Hidráulico Comercial. | 1.1. Elaborar los términos de referencia para la realización de los catastros integrales. 1.2. Preparar al personal operativo de la empresa para la supervisión y asunción del catastro integral 1.3. Evaluar los procesos asociados a documentación técnica y catastro, con el fin de proponer mejoras para su funcionamiento desde el punto de vista organizacional. |
| | 2. Implementar y desarrollar la sectorización hidráulica- comercial. | 2.1. Desarrollar y ejecutar el modelo de sectorización hidráulica en sus tres etapas: aislamiento, plan piezométrico y modelo hidráulico. 2.2. Elaborar los términos de referencia para la implementación de la sectorización hidráulica. 2.3. Gestionar recursos para la implementación del plan de sectorización hidráulica. |
| | 3. Desarrollar e implementar la macro medición y micro medición. | 3.1. Formular el plan integral de control de pérdidas de agua, para ello se debe realizar previamente: 3.1.1. Diagnóstico del estado actual de la micro medición, así como el patrón de consumo 3.1.2. Diagnóstico de la macro medición. 3.2. Realización de las ingenierías de detalle de macro medición y micro medición. 3.3. Gestionar recursos para la implementación del plan de micro y macro medición. 3.4. Ejecución de obras civiles y equipamiento para implementación de macro medición en redes y micro medición 3.5. Formulación, implementación y desarrollo de la telemetría para la macro medición en redes por sistema de abastecimiento |
| | 4. Formular y desarrollar el plan de control del agua no contabilizada (ANC) | 4.1. Formulación e implementación por sistema de abastecimiento del plan de control de agua no contabilizada 4.2. Implementación de las técnicas de gestión de la demanda y umbral medio de fugas. 4.3. Verificación y seguimiento de la aplicación del plan para el control del agua no contabilizada |

Meta 2.3: Vida útil restituida de los sistemas de abastecimiento de agua potable

| OBJETIVO ESTRATEGICO: AMBIENTAL | Estrategias | Acciones estratégicas |
|---------------------------------|---|--|
| | <p>1. Desarrollar mecanismos que permitan la planificación de la Infraestructura de apoyo a la Prestación del servicio de agua potable que administra Aguas de Mérida C.A.</p> <p>2. Ejecutar el plan de inversiones para la construcción, mejoras y rehabilitación de los sistemas de abastecimiento de agua potable administrado directamente por la hidrológica.</p> | <p>1.1. Diagnóstico Integral del estado actual de la infraestructura de servicio que administra Aguas de Mérida C.A.</p> <p>1.2. Actualización del plan maestro de agua potable para los acueductos administrados.</p> <p>1.3. Actualización del plan de inversiones para mejoramiento y rehabilitación de los acueductos administrados</p> <p>2.1. Formulación de la ingeniería de detalle del plan de inversiones actualizado para el mejoramiento y rehabilitación de los acueductos administrados.</p> <p>2.2 Búsqueda de financiamiento para la ejecución de las obras de infraestructura de servicio a construir, mejorar o rehabilitar en los acueductos administrados.</p> <p>2.3. Formulación e implementación del plan de seguimiento activo de ejecución de las obras de infraestructura de servicio a construir, mejorar o rehabilitar en los acueductos administrados, considerando además las necesidades a atender en base a los nuevos desarrollos habitacionales.</p> |

3. Dimensión social

Meta 3.1: Talento humano altamente capacitado, motivado bajo el principio de justicia e igualdad social, comprometido con la prestación eficiente del servicio de agua potable y saneamiento en el estado.

| OBJETIVO ESTRATEGICO: SOCIAL | Estrategias | Acciones estratégicas |
|------------------------------|---|---|
| | <p>1. Formular el plan de desarrollo integral del talento humano basado en un enfoque por competencias promoviendo una cultura organizacional orientada al cumplimiento de los objetivos de la institución.</p> | <p>1.1. Adaptar la estructura organizacional de acuerdo a los requerimientos del desarrollo efectivo de la prestación del servicio. 1.2. Promover programas que propendan al desarrollo de las competencias, bienestar social, estímulo y compensación del personal. 1.3. Implementar el programa de mejoras del clima organizacional (trabajo en equipo, liderazgo, toma de decisiones, orientación al logro, manejo del estrés, calidad del servicio, entre otros). 1.4. Formular y aplicar el programa de motivación del talento humano</p> |
| | <p>2. Formular el plan de capacitación del talento humano orientado a la prestación del servicio de agua potable y saneamiento.</p> | <p>2.1. Identificar las necesidades de capacitación y las potencialidades de cada trabajador. 2.2. Desarrollar un programa de formación efectivo en base a las necesidades y potencialidades del personal y de acuerdo a los objetivos de la institución.</p> |
| | <p>3. Promover el desarrollo y bienestar social del trabajador que asegure las condiciones óptimas de ambiente y seguridad laboral para los trabajadores y trabajadoras</p> | <p>3.1. Ampliación del programa de medicina preventiva, higiene y seguridad laboral, salud y recreación. 3.2. Promoción de desarrollo y bienestar social para los trabajadores y trabajadoras y su núcleo familiar.</p> |
| | <p>4. Fortalecer la capacidad de investigación y de gestión del conocimiento.</p> | <p>4.1. Promover programas de investigación, desarrollo e innovación. 4.2. Fortalecimiento institucional mediante el intercambio de experiencias con otras empresas del sector hídrico en pro del mejoramiento de la administración y gestión del servicio.</p> |

Meta 3.2: Gestión gerencial que estimule y desarrolle la prestación oportuna y eficiente del servicio de agua potable y saneamiento en el estado

| OBJETIVO ESTRATEGICO: SOCIAL | Estrategias | Acciones estratégicas |
|------------------------------|--|--|
| | 1. Fortalecer la planificación estratégica, institucionalizando la cultura de medición en la empresa. | 1.1. Efectuar el monitoreo permanente de los resultados de gestión el cumplimiento de los objetivos estratégicos de la institución. |
| | 2. Desarrollar un sistema integrado de control interno y de gestión | 2.1. Diseñar tablero de control que permitan medir a través de indicadores, los resultados de la gestión en la hidrológica. 2.2. Promover el uso de un sistema de medición como herramienta gerencial que permita la toma de decisiones oportunas para garantizar una gestión gerencial eficiente. 2.3. Diseñar e implementar el sistema integrado de gestión de la empresa. |
| | 3. Formular el plan de armonía de escenarios políticos y técnicos en la prestación de los servicios de agua potable. | 3.1. Determinar los aspectos políticos y técnicos que impactan la prestación del servicio. 3.2. Implementar el plan. |
| | 4. Fortalecer la plataforma tecnológica de cara a las necesidades de modernización y optimización del servicio. | 4.1. Identificar las necesidades y requerimientos de fortalecimiento e innovación tecnológica institucional en cada área de la institución. 4.2. Proponer la sistematización y automatización de los procesos medulares en la prestación del servicio de agua potable. 4.3. Gestionar mejoras en la plataforma tecnológica. |

Meta 3.3: Participación del poder popular como instancia organizada, que bajo el principio de inclusión y corresponsabilidad social, procuren la sostenibilidad y sustentabilidad de sus sistemas de agua potable

| OBJETIVO ESTRATEGICO: SOCIAL | Estrategias | Acciones estratégicas |
|------------------------------|---|---|
| | 1. Fortalecer la Unidad de Participación Comunitaria, de cara a los requerimientos para lograr la inclusión del poder popular, en la prestación del servicio de agua potable. | 1.1. Revisión y actualización de los procesos contenidos en el manual de normas y procedimientos vinculados a la gestión comunitaria 1.2. Revisión y validación de las funciones del personal del área de gestión comunitaria, en base a los nuevos requerimientos. |
| | 2. Desarrollar un modelo de gestión comunitaria que permita determinar las necesidades propias de las comunidades en lo que respecta al servicio de agua potable (AP). | 2.1. Promover espacios de encuentro con las comunidades para incentivar su organización e incorporación corresponsable en la prestación del servicio de agua potable y saneamiento. 2.2. Formular el plan integral de desarrollo comunal para mejoras en acueductos. 2.4. Generar alianzas estratégicas con instituciones vinculadas al poder popular, para la determinación de las nuevas necesidades y mejoras en la prestación del servicio de agua potable. |
| | 3. Desarrollar el plan de formación educativo comunitario con miras a las sostenibilidad y sustentabilidad de los servicios de AP. | 3.1. Propiciar la formación educativa del poder popular desde un enfoque humanista, técnico, operativo y ambiental brindándole las herramientas necesarias para la operación y mantenimiento de sus sistemas de abastecimiento de agua potable. 3.2. Apoyar y promover el ejercicio de la contraloría social. |

Por lo antes expuesto y de acuerdo a que la empresa Aguas de Mérida C.A. (Venezuela) se encuentra en una situación para el periodo 2012-2015 clasificada como **“REGULAR CON RIESGO”**, por tanto, el nivel gerencial y personal técnico requiere tomar acciones específicas para mejorar la gestión del agua potable en las dimensiones de la sostenibilidad, por tanto, es conveniente reflejar a los decisores las evidencias de los subcriterios de la prestación del servicio con rangos porcentuales críticos que ameritan inversión de recursos financieros y esfuerzos adicionales de la institución y el personal que lo conforman para su evolución positiva, para ello debe trascender de la visión tradicional de la planificación e implementar la planificación estratégica basada en la evaluación del desempeño y sostenibilidad en la gestión del agua potable del prestador del servicio de agua potable, que obliga según Benavides (2010) a:

- Seleccionar los problemas por su urgencia, necesidad y obligatoriedad, así como optimizar las posibles soluciones, participativamente entre los involucrados directos e indirectos;

- Buscar las causas que condujeron a tener tal grado de detrimento en los componentes del abastecimiento y orientar las soluciones para bien reducirlas o bien eliminarlas desde su raíz;
- Agrupar todos los problemas y los resultados que se esperan una vez se ha puesta en marcha el plan de acción;
- Ratificar, ampliar y/o mejorar los indicadores, que permitan medir tales intervenciones, con interposición de los datos recogidos;
- Organizar actividades medibles y específicas, con base en los recursos disponibles; incluir espacios y tiempos centrados en la realidad y en el contexto de cada entorno
- Proyectar los nuevos niveles de desempeño y sostenibilidad (IDSAAP) que se espera lograr en cada fase de actuación.

Además, se requiere realizar una revisión y actualización del diagnóstico de eficiencia total de acuerdo a lo detallado en el capítulo 3 en el marco del uso eficiente del agua. Esto es de prioritaria atención, debido al continuo deterioro del sistema de acueducto urbano de Mérida, además que requiere acelerar acciones gerenciales dirigidas a:

- Incrementar relaciones interinstitucionales para la búsqueda de recursos financieros que se destinen con carácter de urgencia a la infraestructura hidráulica de los acueductos administrados (Plan de Fortalecimiento Institucional).
- Conformar consejo de cuencas (río Mucujún) y tomar medidas correctoras urgentes entorno a la fuente de agua abastecedora y receptora de agua de acuerdo a lo establecido en la Ley Orgánica de Aguas vigente.
- Fortalecer las acciones en la dimensión social y ambiental, que le permita alcanzar en el año 2019 un excelente desempeño y sostenibilidad, ya que la situación actual operativa afectan el óptimo desempeño del prestador del servicio de agua potable.

Lo antes mencionado, refleja que ante baja disponibilidad de series de tiempo de variables y parámetros cuantitativos común en los países en desarrollo, es posible evaluar la situación inicial de un prestador del servicio de agua potable, ya que permite alertar a los decisores de forma sencilla y eficaz a través de un modelo flexible, es por ello, que ha resultado también de gran utilidad el cálculo del IDSAAP por criterio de la prestación del servicio de agua potable, ya que puede determinarse cuales son los factores que requieren mayores esfuerzos institucionales y acciones inmediatas de transformación institucional para la evolución técnica y administrativa en la prestación del servicio de agua interrelacionada en las dimensiones de la sostenibilidad para avanzar en el tiempo al logro del excelente desempeño y sostenibilidad y a la construcción de un modelo de evaluación del desempeño y sostenibilidad robusto.

En este contexto, a continuación se presentan los resultados de los IDSAAP específicos para cada criterio general establecidos en las dimensiones de la sostenibilidad en la prestación del servicio de agua potable:

A. Clasificación y evaluación del índice del desempeño y sostenibilidad de la prestación del servicio de agua potable (IDSAAP) – específico: criterio ambiental

| IDSAAP Ambiental (57%) | PR | % |
|---|---------------------------------------|----------------|
| Aprovechamiento del recurso hídrico | 0,03078 | 3,08 |
| Uso eficiente del agua | 0,0511746 | 5,12 |
| Contaminación por operación y mantenimiento | 0,021375 | 2,14 |
| Conservación de cuencas hidrográficas abastecedoras | 0,029412 | 2,94 |
| TOTAL | 0,1327416 | 13,27 % |
| Evaluación de desempeño y sostenibilidad | MALO – CRITICO | |
| Expresión gráfica | | |
| Estado ideal “Excelente” - Aceptable | Estado actual “Malo” - Critico | |
| <p>IDSAAP AMBIENTAL IDEAL</p> | <p>IDSAAP AMBIENTAL</p> | |

El resultado obtenido del Índice del Desempeño y Sostenibilidad de la prestación del servicio de agua potable (IDSAAP) para la dimensión ambiental: empresa Aguas de Mérida C.A. del **13,27 %** refleja para el periodo de evaluación 2012 – 2015, que su desempeño y sostenibilidad como prestador del servicio de agua potable según el índice

ce específico es “MALO”, debido a que el valor alcanzado refleja que aún las metas programadas **están muy por debajo de lo esperado en relación a los objetivos del Plan Estratégico 2015 – 2019, dicho criterio se consideró relevante y transversal en los procesos de gestión del agua potable por los que se vinculan con las metas ya descritas.**

En este sentido, los subcriterios de la prestación del servicio de agua potable en la dimensión ambiental se ordenan según su necesidad de inversión de recursos y esfuerzos institucionales, así:

- Uso eficiente del agua, siendo este último un eje transversal en todos los subcriterios de la prestación del servicio de agua potable en las dimensiones de la sostenibilidad.
- Aprovechamiento del recurso hídrico.
- Conservación de cuencas hidrográficas abastecedoras de agua.
- Contaminación por operación y mantenimiento.

Esto implica que el aspecto ambiental de la gestión del agua potable requiere de urgentes medidas correctoras, debido a que influye directamente en la gestión y desempeño del prestador del servicio de agua potable, por lo que a continuación se destacan aspectos que pretenden demostrar la problemática del servicio de agua potable en el acueducto de Mérida, subsistema de producción Mucujún y que resulta común para otros sistemas de acueductos administrados por la empresa Aguas de Mérida C.A. Estos son los siguientes:

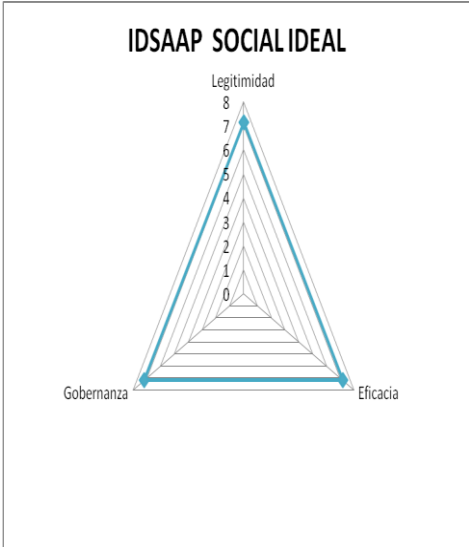
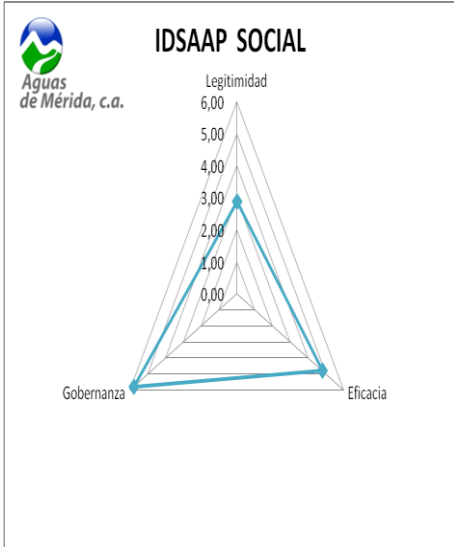
- El continuo y progresivo deterioro del sistema de acueducto urbano tiende a incrementar las pérdidas de agua en los procesos de la gestión del agua potable, afectando la continuidad y calidad del servicio producto del descuido de la condición física e hidráulica del sistema lo que conlleva a continuas interrupciones del servicio, bajas presiones en la red, incremento de fugas visibles y no visibles en la red, deterioro de la calidad del agua potable. Todo ello, tiende a agudizarse cada día por la ineficiencia institucional en el cumplimiento de su objeto social y por ende en un uso ineficiente del recurso hídrico para ser transformado en agua potable no sostenible en el tiempo. Esta situación se evidencia en el modelo aplicado cuya evaluación de desempeño refleja que esta situación actual genera alertas tempranas que deben centrar la atención del nivel gerencial alto para la toma de decisiones, entre ellas se amerita actualizar el diagnóstico de eficiencia física, hidráulica y energética, que permita valorar las condiciones actuales del acueducto de Mérida, para que estas conduzcan a concentrar esfuerzos técnicos en la formulación y ejecución de proyectos hacia los acueductos administrados.
- El continuo deterioro ambiental de la cuenca abastecedora de agua (río Mucujún) debido a la ocupación no planificada del territorio según su capacidad de acogida, al

bajo control y fiscalización de las autoridades ambientales y a la baja interrelación con el prestador del servicio de agua potable, todo ello, se viene reflejando en:

- i. La pérdida de calidad de agua cruda (contaminación del agua) a niveles de medios a altos de los parámetros físico –químicos y bacteriológicos según los rangos máximos permisibles de las normas vigentes en el país, esto debido al continuo vertido de aguas residuales de actividades residenciales, turísticas y agropecuarias, directas al río sin previo tratamiento aguas arriba de la captación.
- ii. La variación de caudales disponibles para el aprovechamiento, debido al crecimiento acelerado, anárquico y sin planificación de la población que se está ubicando progresivamente aguas arriba de la captación (río Mucujún) del principal acueducto urbano de la ciudad de Mérida y que se abastecen de diversos acueductos rurales consolidados y artesanales emplazados en los afluentes aportantes de caudal al río Mucujún. Dicha situación se evidenció en lo expuesto anteriormente en este capítulo y que al revisar otras situaciones ambientales resulta similar para las otras fuentes abastecedoras de agua de los acueductos administrados por Aguas de Mérida C.A., esta grave situación referida a la falta de planificación territorial, baja fiscalización de la Autoridad Nacional Ambiental para dar cumplimiento a las normas vigentes y a la inminente variabilidad climática asociada al cambio climático, todo ello, está incidiendo en acelerar cambios en el régimen hídrico, la cantidad y la calidad del recurso hídrico (incremento de los valores de turbiedad, color y coliformes totales durante todo el año) y por ende afecta todos los procesos vinculados a la gestión del agua potable, que se ve reflejado en la discontinuidad del servicio de agua potable en épocas de sequía y en épocas lluvia, en este último caso debido a la ocurrencia de crecidas torrenciales con gran transporte de sedimentos que provocan valores de turbidez y color no aptos para el tratamiento. Todo ello influye desde el punto de vista social en desmejorar la calidad del servicio y para la gestión operativa del servicio de agua potable en aras de garantizar el servicio, trae como consecuencia incrementar las labores del personal e incurrir en gastos extraordinarios para la adquisición de sustancias químicas por los continuos y progresivos ajustes en los trenes de tratamiento para lograr que el agua se apta para el consumo humano de acuerdo a las normas venezolanas de calidad de agua.
- iii. En época de estiaje, el prestador del servicio se ven en la necesidad de captar más del 80% del caudal disponible en el río Mucujún, actividad que la realiza en repetidas ocasiones para cubrir la demanda de la ciudad de Mérida. Déficit que empeora por las fugas visibles y no visibles de agua en el sistema de acueducto urbano de Mérida.

- iv. El control legal del aprovechamiento de recursos naturales dentro de las cuencas abastecedoras es bajo debido a las limitaciones operativas de la institución ambiental de competencia, sin embargo, esta situación se puede mejorar ya que se cuenta con la legislación ambiental, políticas, planes, programas y proyectos en torno a los recursos hídricos, pero requiere mayor actuación y voluntad de la Autoridad Nacional de las Aguas en Venezuela para priorizar en su gestión la Ordenación y Gestión de Cuencas Hidrográficas y dar cumplimiento a lo establecido en la Ley de Aguas.
- v. En cuanto los problemas de contaminación por operación y mantenimiento del prestador del servicio, esta se vincula a la ausencia de una evaluación de ciclo de vida e impacto ambiental del proceso de potabilización del agua. Por tanto, en la planta de potabilización no existen protocolos de manejo, tratamiento y disposición de los lodos que se producen en el proceso de tratamiento (floculación y filtración principalmente) y otros residuos o desechos provenientes de las sustancias químicas y reactivos.
- vi. Los programas de conservación de cuencas hidrográficas abastecedoras de agua no son continuos, depende del criterio de las autoridades de la empresa y se afecta por el tiempo de la permanencia gerencial.
- vii. La empresa aún no cuenta con el departamento de Gestión Ambiental estipulado en el plan estratégico, que le permita darle operatividad al modelo de gestión operativa y objetivos estratégicos, sólo cuenta con planificador de hidrología y ambiente y planificador de los recursos hídricos.
- viii. Aún presenta deficiencias en la cobertura de micro medición y asigna consumos estimados promedios de agua en m^3 por suscriptor a través de tarifas planas, que afecta el cálculo real del balance de agua y por ende afecta el cómo evaluar el uso eficiente del agua.
- ix. Aún presenta serias limitaciones en la macro medición.
- x. Los programas de monitoreo de caudales en fuentes abastecedoras de agua de los acueductos administrados cuenta con equipos de medición y el personal calificado y de experiencia, sin embargo, no es continuo por las limitaciones operativas para el traslado del personal.
- xi. Los programas de monitoreo de calidad de agua en fuentes abastecedoras de agua de los acueductos administrados cuenta con el personal calificado, equipos de medición y laboratorio que se vienen deteriorando, sin embargo, no es continuo por las limitaciones financieras para la adquisición de reactivos, mantenimiento o sustitución de equipos, además que se afecta por las limitaciones operativas de la empresa para el traslado del personal.

B. Clasificación y Evaluación del índice del desempeño y sostenibilidad de la prestación del servicio de agua potable (IDSAAP) – específico: criterio social

| IDSAAP Social (21,5%) | | PR | % |
|--|---|--|----------------|
| GOVERNABILIDAD DEL AGUA | Legitimidad | 0,02878823 | 2,88 |
| | Eficacia | 0,04801622 | 4,80 |
| | Gobernanza | 0,0577628 | 5,78 |
| TOTAL | | 0,13457 | 13,46 % |
| Evaluación de desempeño y sostenibilidad | | REGULAR CON RIESGO | |
| Expresión gráfica | | | |
| Estado ideal “Excelente” - Aceptable | | Estado actual “ Regular” con Riesgo | |
|  <p>IDSAAP SOCIAL IDEAL</p> <p>Legitimidad: 8 Eficacia: 8 Gobernanza: 8</p> |  <p>IDSAAP SOCIAL</p> <p>Legitimidad: 3,00 Eficacia: 3,00 Gobernanza: 3,00</p> <p>Aguas de Mérida, c.a.</p> | | |

El resultado obtenido del Índice del Desempeño y Sostenibilidad de la prestación del servicio de agua potable (IDSAAP) para la dimensión social: empresa Aguas de Mérida C.A., del **13,46 %** refleja para el periodo de evaluación 2012 – 2015 que su desempeño y sostenibilidad como prestador del servicio de agua potable según el índice específico es **“REGULAR CON RIESGO”**.

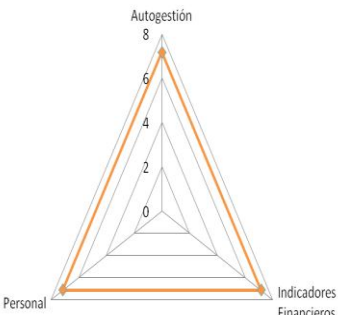
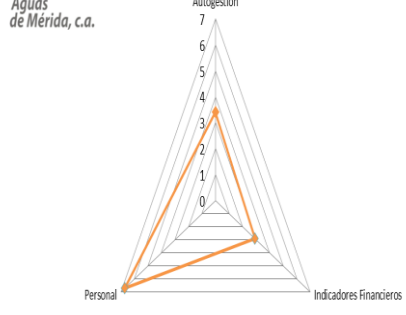
Esta situación esta íntimamente relacionada con la problemática en torno a los recursos hídricos para el abastecimiento de las poblaciones que resultan son cada vez más evidentes y complejas debido al desequilibrio entre el nivel de demandas sociales y la capacidad del sistema político para responder de forma legítima, oportuna y eficaz está

afectando la gobernabilidad del servicio de agua potable en Venezuela, esto a pesar que se han intentado ejecutar paulatinamente los arreglos institucionales en busca de mejorar la gobernanza del sector, donde se plantean el ejercicio de la autoridad administrativa, política y social con un fuerte componente de participación de acuerdo a las normas establecidas en la ley orgánica de aguas y la ley orgánica de prestación del servicio de agua potable y saneamiento vigentes.

Realidad esta que se evidencia en los resultados obtenidos en el índice del desempeño y sostenibilidad de la prestación del servicio de agua potable en el ámbito social (IDSAAP Social), que reflejan que la empresa Aguas de Mérida C.A. ha realizado esfuerzos notables para mantener la gobernabilidad y gobernanza del agua potable en su ámbito de responsabilidad, sin embargo, el valor alcanzado del indicador es menor que la meta programada en relación al objetivo estratégico pero se mantiene dentro del rango establecido, por lo que requiere poner en marcha acciones inmediatas en torno a las metas descritas anteriormente y con prioridad en las metas 1.1; 2.1; 2.2; 3.1, 3.2 y 3.3.

Todo esto, debe orientar los esfuerzos institucionales para mejorar todos los subcriterios que lo conforman, pero con urgencia lo referido a la **eficacia** que involucra la continuidad del servicio, efectividad del agua no facturada, cobertura de micro medición y cobertura general del acceso al servicio de agua potable en el ámbito de responsabilidad.

C. Clasificación y evaluación del índice del desempeño y sostenibilidad de la prestación del servicio de agua potable (IDSAAP) – específico: criterio económico

| IDSAAP Económico (21,5%) | PR | % |
|--|---|-------------|
| Autogestión | 0,03416 | 3,416 |
| Indicadores Financieros | 0,02904585 | 2,904585 |
| Personal | 0,0672 | 6,72 |
| TOTAL | 0,13040585 | 13 % |
| Evaluación de desempeño y sostenibilidad ambiental | Excelente nivel medio para alcanzar estado ideal - Requiere evaluación permanente | |
| Expresión gráfica | | |
| Estado ideal “Excelente” - Aceptable | Estado actual “Excelente” - Requiere evaluación permanente | |
|  <p>IDSAAP ECONÓMICO IDEAL</p> |  <p>IDSAAP ECONÓMICO</p> | |

El resultado obtenido del índice del desempeño y sostenibilidad de la prestación del servicio de agua potable (IDSAAP) específico para la dimensión “económica” de la empresa Aguas de Mérida C.A. del **13%** refleja para el periodo de evaluación 2012 – 2015 que su desempeño y sostenibilidad como prestador del servicio de agua potable según la escala de clasificación (tabla 5.21) en el índice relativo es **“EXCELENTE”**, **con un nivel medio** para alcanzar el estado ideal del desempeño y sostenibilidad en la gestión del agua potable, esto debido a que el valor alcanzado del indicador se encuentra en un rango medio a bajo de la meta programada **en relación a los objetivos del**

plan estratégico 2015 – 2019, por tanto dicho criterio se consideró relevante y transversal en los procesos de gestión del agua potable, por los que se vinculan con las siete metas ya descritas y requiere de monitoreo y evaluación permanente a los indicadores financieros.

En este sentido, los subcriterios de la prestación del servicio de agua potable en la dimensión económica, se ordenan según su necesidad de inversión de recursos y esfuerzos institucionales, así:

- **Indicadores financieros:** % agua no facturada por año, liquidez, % de eficiencia en la recaudación anual por facturación del servicio de agua, y todos aquellos que puedan llegar a influir en la rentabilidad y equilibrio de la empresa, especialmente debe prestarse atención al ajuste tarifario, esto representa un gran desafío en los actuales momentos de recesión venezolana.
- **Autogestión:** este subcriterio de la prestación del servicio de agua potable es fundamental por lo que requiere que se inviertan bastos esfuerzos institucionales para mejorar todos los subcriterios que éste incluye, ya que en la actualidad no se logra auto gestionar con recursos propios producto de la facturación del servicio de agua y se sostiene por el aporte de recursos financieros de entes estatales y nacionales para inversión en infraestructura hidráulica.
- **Personal:** este criterio refleja que la empresa cuenta con el personal requerido por cada 10.000 suscriptores, por lo que se debe evaluar la distribución equitativa en todas las áreas de la organización para mejorar la eficacia y eficiencia dotándolo de los insumos, herramientas, tecnología, equipos y transporte para el desempeño de sus funciones. Para lograrlo, amerita una mayor inversión de recursos financieros sostenidamente en el tiempo, esto garantizará contar con un talento humano altamente capacitado, motivado bajo el principio de justicia e igualdad social, comprometido con la prestación eficiente del servicio de agua potable. Todo ello, con el fin mantener en equilibrio la permanencia del personal en la institución ante la migración de personal altamente capacitado hacia otros países en busca de mejoras profesionales y de calidad de vida.

5.5. Conclusiones y líneas futuras de investigación del capítulo 5

- Se cumple de forma positiva con lo establecido en la hipótesis H1, referida a que la aplicación y validación de la metodología para la evaluación del desempeño y sostenibilidad en la gestión del agua potable al caso de estudio: Aguas de Mérida C.A. (Venezuela), permitió conocer la situación actual y los factores que influyen en el desempeño y sostenibilidad de la organización en las dimensiones de la sostenibilidad, así como la valoración del desempeño y sostenibilidad de Aguas de Mérida C.A., todo ello contribuirá a la toma de decisiones y emprendimiento de acciones oportunas que correspondan para el monitoreo y evaluación permanente de la gestión ecoeficiente del agua potable en el ámbito de responsabilidad de la empresa.
- En vista de estos resultados obtenidos tras la aplicación de la metodología propuesta a un caso práctico y real: Aguas de Mérida C.A. (Venezuela), se cumple con el objetivo general planteado y se valida que el modelo propuesto permite a los planificadores y gerentes de la gestión del agua potable, valorar y predecir el estado inicial y la evolución de la empresa prestadora del servicio de agua potable, así como identificar y basar técnicamente la propuesta con las medidas prioritarias en las dimensiones ambiental, social y económico que se relacionan con el desempeño y sostenibilidad de la empresa en estudio. Además, permite el monitoreo y evaluación continua interna por parte del prestador del servicio y externa por la Autoridad Nacional de las Aguas a los usuarios del recurso hídrico para el abastecimiento de las poblaciones en ámbitos urbanos.
- La aplicación de la metodología a un caso real evidencio que el *sistema propuesto de evaluación de desempeño y sostenibilidad (SEDSA) para la gestión del agua potable en ámbitos urbanos*, resulta flexible para dar los primeros pasos a la evaluación del desempeño y sostenibilidad con el fin de encaminar a la organización hacia una gestión del agua potable ecoeficiente en el marco del objetivo 6 del Desarrollo Sostenible (ODS) y objetivo 7 del Desarrollo del Milenio (ODM), rompiendo paradigmas de posible subjetividad de los resultados iniciales debido a que no se cuenta con datos expresados en una serie de tiempo de información referida a la eficiencia física- hidráulica – energética del acueducto metropolitano de Mérida, que permitan confiabilidad alta e incorporar indicadores estratégicos robustos estadísticamente, lo que representa una gran limitante para las empresas de servicio de agua potable que operan en países en desarrollo.
- La validación del modelo en el caso de estudio, demostró que el modelo permite a través de panel de expertos, la incorporación o eliminación de indicadores estratégicos cuali-cuantitativos en el proceso de agregación por criterio y subcriterio ambiental, social y económico de la prestación del servicio de agua potable, a medida

de su implementación, ya que es dinámico y puede fortalecerse anualmente durante la evaluación del desempeño y sostenibilidad.

Esto obliga al prestador del servicio de agua potable a incrementar las acciones de instrumentación, medición, registro, control y seguimiento del comportamiento del sistema de acueducto en su condición física – hidráulica – energética y su interrelación con la sostenibilidad de la cuenca hidrográfica abastecedora (dimensión territorial), ya que se verá influenciada todos sus procesos por la disponibilidad y calidad del agua cruda (recurso hídrico) a ser transformada en agua potable para abastecer a las poblaciones ubicadas en ámbitos urbanos.

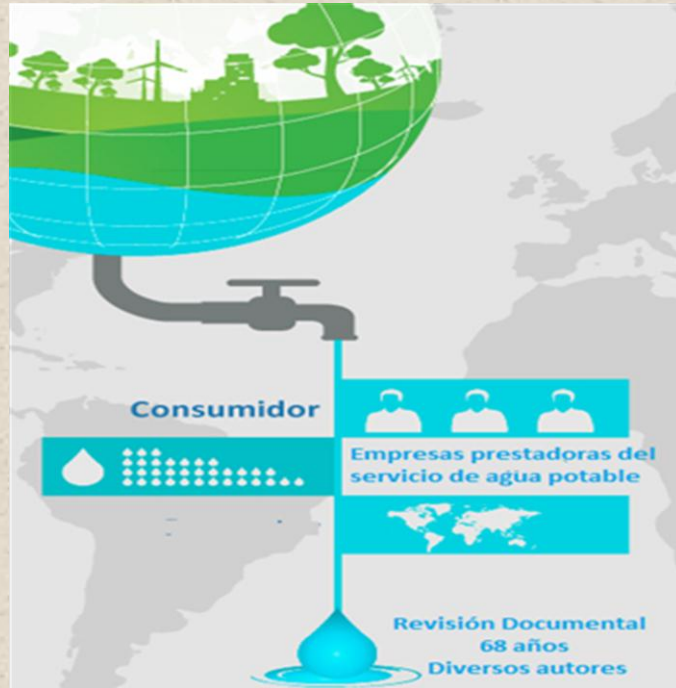
- La validación del modelo propuesto refleja que ante baja disponibilidad de series de tiempo de variables y parámetros cuantitativos común en los países en desarrollo, es posible evaluar la situación inicial de un prestador del servicio de agua potable, ya que permite alertar a los decisores de forma sencilla y eficaz a través de un modelo flexible, es por ello, que ha resultado también de gran utilidad el cálculo del IDSAAP por criterio de la prestación del servicio de agua potable, ya que puede determinarse cuales son los factores que requieren mayores esfuerzos institucionales y acciones inmediatas de transformación institucional para la evolución técnica y administrativa en la prestación del servicio de agua interrelacionada en las dimensiones de la sostenibilidad para avanzar en el tiempo al logro del excelente desempeño y sostenibilidad y a la construcción de un modelo de evaluación del desempeño y sostenibilidad robusto.
- En la aplicación y validación del modelo, se estableció un buen nivel de pragmatismo y participación activa del personal de la empresa para implementar la herramienta útil y flexible, ya que permite su adaptación y uso de cualquier empresas prestadoras del servicio de agua potable ubicadas en países en desarrollo, a fin que los responsables de la planificación y gestión de los procesos del agua potable para la prestación del servicio puedan evaluar su nivel inicial de desempeño y sostenibilidad y logren realizar la proyección de la gestión ecoeficiente del servicio con acciones u medidas a corto, mediano y largo plazo.
- Se comprobó de manera exitosa en el presente trabajo, la aplicación viable del método gráfico, matemático y analítico expuesto en el capítulo 4 referido a la caracterización de los indicadores estratégicos para la evaluación del desempeño y sostenibilidad (SIEDSA) de la prestación del servicio de agua potable.
- Se concluye que es indispensable incluir la sostenibilidad de las cuencas abastecedoras de agua (dimensión territorial) como un eje transversal en la gestión del agua potable en ámbito urbano, esto dará garantía de mantener el servicio de calidad de generación en generación, por ello se demuestra que es indispensable incorporar la dimensión ambiental en los pilares de la prestación del servicio de agua potable.

- Por lo antes mencionado, se comprobó que es imprescindible interrelacionar la sostenibilidad de cuencas abastecedoras de agua y los procesos de la gestión del agua potable rompiendo el paradigma de visionarlo desde la infraestructura de captación (dique – toma) e implica innovar en una línea de investigación futura para su estudio más detallado.

Como línea futura de investigación se recomienda:

- Al operador de agua desarrollar un manual marco para implementar la planificación estratégica y formular el presupuesto por programas.
- Para adaptar la presente propuesta metodológica de evaluación del desempeño y sostenibilidad en la gestión del agua potable a otras empresas prestadoras del servicio de agua potable en Venezuela y en otros países que se motiven a su aplicación, se debe ejecutar un proceso de consulta técnica a expertos de la Autoridades Nacional de Aguas, la Superintendencia de la prestación del servicio de agua potable y al personal técnico de experiencia del prestador del servicio, a fin de verificar la disponibilidad, confiabilidad y validez científica de la información.
- En vista del deterioro ambiental de las cuencas hidrográficas abastecedoras de agua para consumo humano, fue de gran utilidad el estudio previo realizado para la determinación de las unidades ambientales y capacidad de acogida en la subcuenca del río Mucujún, ya que fue un aporte de interés para visionar sus características ambientales y fragilidad para el rendimiento hídrico de la fuente abastecedoras de agua, *además se considera de utilidad para el inicio de una línea de investigación futura vinculada a la planificación, gestión y ordenación de cuencas hidrográficas abastecedoras de agua.*
- Realizar diagnóstico detallado de los usos del agua aguas arriba de la captación del acueducto urbano, a fin de determinar la relación oferta hídrica – demanda y los conflictos de uso del recurso agua. *Esto como paso inicial para desarrollar una línea de investigación referida a la sostenibilidad de cuencas hidrográficas de montaña bajo la concepción de diseño ambientalmente integrado.*
- Desarrollar una línea de investigación en el marco del plan estratégico de Aguas de Mérida C.A., referida a la sostenibilidad de cuencas hidrográficas de montaña abastecedoras de agua, teniendo en cuenta los conflictos de uso del recurso hídrico. *Esto da apertura a otros investigadores para desarrollar una línea de investigación en el marco del plan estratégico de Aguas de Mérida C.A., referida a la sostenibilidad de cuencas hidrográficas de montaña abastecedoras de agua, teniendo en cuenta los conflictos de uso y la huella del recurso hídrico.*

- En vista de que la subcuenca del río Mucujún cuenta con información científica de aproximadamente 45 años, es de interés la aplicación de herramientas para el análisis de la gestión de cuencas, en este caso se recomienda el software AQUATOOL y sus módulos desarrollados por la Universidad Politécnica de Valencia - España, que es un entorno de desarrollo de sistemas de soporte a la decisión (SSD) para planificación y gestión de cuencas o de sistemas de recursos hídricos, ya que esta proporciona recursos para ayudar al análisis de diversos problemas relacionados con la gestión del agua.



CAPÍTULO VI

Conclusiones Generales y líneas fu- turas de investigación

Desarrollo de una metodología para la evaluación del desempeño y la sostenibilidad ambiental en la gestión del agua potable. Caso de Estudio: Aguas de Mérida C.A. (Venezuela).

CAPITULO VI

Conclusiones generales y líneas futuras de investigación

Se ha cumplido con el desarrollo formal de la Tesis Doctoral, intitulada « **Desarrollo de una metodología para la evaluación del desempeño y la sostenibilidad ambiental en la gestión del agua potable. Caso de Estudio: Aguas de Mérida C.A. (Venezuela)**», realizada por MSc. Karina del Valle Peña Rodríguez, bajo la dirección del Dr. Vicente Agustín Cloquell Ballester (Universidad Politécnica de Valencia - España), Dr. Wilver Contreras Miranda y Dra. María Elena Owen de Contreras (Universidad de los Andes) gracias al Convenio Institucional Universidad Politécnica de Valencia – España y la Universidad de los Andes de Venezuela. Dicha investigación doctoral cumple con los requisitos y exigencias legales del **Programa de Doctorado en Diseño, Fabricación y Gestión de Proyectos Industriales** de la ilustre Universidad Politécnica de Valencia (UPV), Valencia, España.

Esta investigación surgió de la necesidad de contribuir en la agenda mundial del Desarrollo Sostenible (DS), debido a que el agua es un recurso indispensable para la vida y de gran importancia para el desarrollo de la humanidad a lo largo de su historia pasada, actual y futura, sin embargo, el aprovechamiento y consumo de tan vital recurso natural cada día se hace de forma insostenible, ejerciendo presión sobre los ecosistemas sin respetar su tasa de renovación y carga de asimilación, ocasionando su degradación ambiental cuyos efectos impactan de forma negativa en la capacidad de proporcionar servicios vitales para la vida entre los que se destaca el abastecimiento de agua para las poblaciones el cual esta consagrado como derecho humano universal. Dicha situación, conlleva a que no se garantice una vida sana y por ende las ciudades y asentamientos humanos no sean seguros, resilientes y sostenibles afectando así la gobernabilidad y gobernanza del servicio de agua potable y saneamiento.

Por tanto, se consideró indispensable buscar alternativas de evaluación del desempeño y sostenibilidad, en este caso específico de las empresas prestadoras u operadores del servicio de agua potable, que puedan orientar a los responsables de la planificación y gestión de los procesos del agua potable para la prestación del servicio a las población ubicada en ámbitos urbanos a la toma de decisiones oportunas en busca de la ecoeficiencia del servicio en el marco de las dimensiones de la sostenibilidad.

Bajo estos argumentos fue desarrollada la tesis doctoral, la cual surgió del análisis de las declaraciones y acuerdos internacionales documentadas en un periodo de 68 años, cuyo resultado más relevante fue la consecución de un modelo de evaluación flexible, que partió de estudios previos de diversos autores entre los que se destaca la Organización de las Naciones Unidas [ONU], Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL], Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico [OC-

DE], Comisión Nacional de Agua de México [CONAGUA], Asociación Internacional de Estándares [ISO], Sandoval (2011), Rojas (2010), y Benavides (2010).

Por lo que tras la culminación de una exhaustiva revisión documental y el desarrollo progresivo de la investigación bajo un diseño descriptivo, exploratorio y de campo durante un periodo de cinco años de estudio, se han logrado obtener resultados satisfactorios que validan el objetivo general, los objetivos específicos y las hipótesis planteadas que ya fueron descritas en las conclusiones en cada capítulo, sin embargo, en esta sección final de la tesis se citan aquellas más relevantes que permitan a la comunidad científica y a las empresas prestadoras del servicio de agua potable en ámbitos urbanos, precisar que el modelo de evaluación del desempeño y sostenibilidad logro consolidarse, validarse y aplicarse en un caso real de estudio resultando exitoso interrelacionar las dimensiones de la sostenibilidad en la prestación del servicio de agua potable, por lo que se destaca lo siguiente:

- Se logró visionar que existen declaraciones y acuerdos internacionales que dan pie para que se considere incorporar la gestión ambiental de las cuencas hidrográficas abastecedoras en los procesos de planificación y gestión desde la disponibilidad y captación hasta la red final de distribución del agua potable en centros urbanos (gestión sostenible del agua), por parte de las empresas prestadoras del servicio de agua potable, a fin de que la organización no concentre sólo sus actividades a partir de la obra de captación sino contar con una visión integral desde la cuenca hidrográfica abastecedora para incorporarse como un actor activo en este sistema ambiental, para ello se logró incorporar la sostenibilidad y sustentabilidad ambiental como un cuarto pilar de la prestación del servicio de agua potable y saneamiento, con el fin de que el desempeño ambiental de la empresa cuente con un **sistema inicial de indicadores para la evaluación del desempeño y sostenibilidad (SIEDSA) y el índice del desempeño y sostenibilidad de la prestación del servicio de agua potable (IDSAAP)**, que permiten realizar una integración ambiental de procesos claves en la cuenca hidrográfica abastecedora y los procesos de captación – potabilización y distribución.
- Se concluye que el uso eficiente del agua, debe ser considerada una acción de gestión ambiental integral en la prestación del servicio de agua potable que inicia desde la explotación u aprovechamiento del recurso hídrico en cuencas hidrográficas abastecedoras, en el tren de tratamiento para la potabilización, el almacenamiento, la distribución y su posterior vertido por los usuarios hasta las cuencas hidrográficas receptoras. Por tanto, el uso eficiente al recurso agua tiene plena correspondencia con la dimensión ambiental de la sostenibilidad, donde el prestador del servicio debe implementar procesos de planificación del recurso hídrico con un enfoque integrado y holístico para demostrar su alto desempeño ambiental; ya que la responsabilidad social y ambiental trasciende a un simple hecho de gestión para llegar a lograr un equilibrio en la gobernabilidad y gobernanza, sino que su accio-

nar permita superar problemas de escasez física y económica en la gestión del agua en ámbitos urbanos.

- Se evidenció que existen fuertes debilidades en el monitoreo, seguimiento y evaluación de políticas, planes y programas en torno al uso eficiente y gestión del agua en los sistemas de abastecimiento para las poblaciones asentadas en el ámbito urbano en países en vía de desarrollo, que limita la selección de indicadores estratégicos cuantitativos sustentadas en series de tiempo estadísticamente válidas para la construcción de un modelo de evaluación.
- Para lograr realizar una propuesta de evaluación ante tales escenarios, el modelo metodológico propuesto partió de la combinación de las cuatro metodologías previamente seleccionadas (modelo FPEIR «fuerzas motrices, presiones, estado, impacto, respuesta»; modelo diagnóstico de la sostenibilidad de un abastecimiento de agua; metodología propuesta para la incremento de eficiencia física, hidráulica y energética en sistemas de agua potable y metodología para la medición de la gobernabilidad y gobernanza del agua aplicada a la prestación del servicio de agua potable). Esto permitió identificar, seleccionar y caracterizar los indicadores estratégicos vinculados al sector agua potable, determinando su interrelación con las dimensiones de la sostenibilidad.

La selección y combinación de las cuatro metodologías antes señaladas, permitió incorporar el parámetro ambiental como un pilar de la prestación del servicio de agua potable y romper paradigmas de los sistemas de indicadores tradicionales aplicados al sector agua potable en el tiempo, así se podrán interrelacionar las dimensiones de la sostenibilidad, a fin de adoptar las medidas y acciones necesarias para el uso eficiente del recurso hídrico como eje transversal de todos los procesos de gestión del agua potable.

- Se logró satisfactoriamente identificar, seleccionar y caracterizar los indicadores estratégicos vinculados al sector agua potable, determinando su interrelación con las dimensiones de la sostenibilidad, por lo que se conformó un sistema de indicadores estratégicos para evaluar los principales aspectos para el desempeño y sostenibilidad de las empresas prestadoras del servicio de agua potable.

Es de interés resaltar, que este logro fue posible debido a la aplicación de métodos participativos, cuyo proceso grupal de iteración permanente y compleja al romper paradigmas en los pilares de la prestación del servicio de agua potable, que trajo como efecto responder a las hipótesis planteadas en la investigación y lograr la integración de los parámetros o pilares de la prestación del servicio de agua potable en las dimensiones de la sostenibilidad, esto gracias a la experiencia técnica de gran trayectoria de la empresa prestadora del servicio de agua potable.

Todo lo antes expuesto, permitió concretar la propuesta metodológica para la «*evaluación de desempeño y sostenibilidad (SEDSA) para la gestión del agua potable en ámbitos urbanos*», la cual se consolida en el *índice del desempeño y sostenibilidad de la prestación del servicio de agua potable (IDSAAP)*, expresándose matemáticamente de la siguiente manera:

$$IDSAAP = \sum PRIEap$$

Ecu: 6.1

El *IDSAAP global* y el *IDSAAP específico por dimensiones de la sostenibilidad*, resultaron de un proceso de agregación, en la que el índice y sus indicadores, se caracterizan por ser adimensionales, ya que los resultados del cálculo de los valores de los indicadores estratégicos está normalizados con la técnica de re-escalamiento (valores 0,1) con factores de conversión o calidad (FC), que permitieron su agregación y valoración (pesos relativos de los indicadores estratégicos). Esto fue posible debido a que los mismos ya han sido validados científicamente y aplicados a otros casos de estudios y de esta manera se garantizó que estos indicadores finales estén en concordancia con las ideas que dieron lugar a su elección y su representatividad con validez científica para su agregación. Como resultado final se obtuvo que el *índice del desempeño y sostenibilidad de la prestación del servicio de agua potable (IDSAAP)*, esté integrado por **21 indicadores estratégicos** cuali-cuantitativos y un índice específico por subcriterio para facilitar el proceso de agregación en el índice global, ambos fueron conformados en las dimensiones de la sostenibilidad (tabla 6.1).

Tabla 6.1. Distribución de indicadores estratégicos definitivos en las dimensiones de la sostenibilidad que conforman el sistema de indicadores para la evaluación del desempeño y sostenibilidad (SEDSA) en la gestión del agua potable de las empresas prestadoras del servicio de agua potable en ámbitos urbanos

| Criterio general | Subcriterio | Número de indicadores estratégicos | Número de indicadores estratégicos por dimensión de sostenibilidad |
|------------------|---|------------------------------------|--|
| AMBIENTAL | Aprovechamiento del recurso Hídrico | 02 | 14 |
| | Uso eficiente del agua | 05 | |
| | Contaminación por operación y mantenimiento | 02 | |
| | Conservación de cuencas | 05 | |
| SOCIAL | Gobernabilidad del agua | 01 | 01 |
| ECONÓMICO | Autogestión | 02 | 06 |
| | Índices Financieros | 03 | |
| | Personal | 01 | |

Todo permitió que el *índice del desempeño y sostenibilidad de la prestación del servicio de agua potable (IDSAAP)*, represente una proporción convergente, numérica y descriptiva de la interrelación de las dimensiones de la sostenibilidad en los procesos de gestión para la prestación del servicio de agua potable, que requiere medición continua de variables y parámetros de los procesos de gestión de agua potable (GAP) registradas en un sistema de información (SIAP).

Situación que se verifica tras culminar la validación de la propuesta metodológica en el caso de estudio: Aguas de Mérida C.A. (Mérida, Venezuela), obteniendo como resultado para el periodo de evaluación 2012 – 2015, un índice del desempeño y sostenibilidad de la prestación del servicio de agua potable (**IDSAAP) Global de 40%**, que demuestra que su desempeño y sostenibilidad como prestador del servicio de agua potable es **“Regular con Riesgo”**, donde el valor alcanzado refleja que aún las metas programadas están por debajo de lo esperado en relación a los objetivos del Plan Estratégico 2015 – 2019, por lo que el nivel gerencial, planificadores y personal técnico – operativo requieren tomar acciones específicas para mejorar la gestión del agua potable en las dimensiones de la sostenibilidad (Ambiental “Malo y Critico”; Social “Regular con Riesgo” y Económico “Excelente nivel medio para alcanzar estado ideal - Requiere evaluación permanente”). Es de interés destacar, que es conveniente informar a los decisores las evidencias de estos subcriterios de la prestación del servicio con rangos porcentuales críticos que ameritan inversión de recursos financieros y esfuerzos adicionales de la institución y el personal que lo conforman para su evolución positiva, para ello debe trascender de la visión tradicional de la planificación e implementar la planificación estratégica basada en la evaluación del desempeño y sostenibilidad en la gestión ecoeficiente del prestador del servicio de agua potable.

Ante estos resultados obtenidos tras aplicar y validar el modelo en el caso de estudio: empresa Aguas de Mérida C.A. Mérida, Venezuela, se logró demostrar la bondad del modelo, la cual establece un *índice del desempeño y sostenibilidad de la prestación del servicio de agua potable (IDSAAP) global* de la empresa prestadora del servicio y un *índice del desempeño y sostenibilidad de la prestación del servicio de agua potable (IDSAAP) – específico en la dimensión ambiental, económica y social*, que permite a los planificadores, gerentes y autoridades responsables de la gestión del agua potable, valorar y predecir el estado inicial y la evolución de la empresa prestadora del servicio, así como identificar y basar técnicamente la propuesta con las medidas prioritarias en las dimensiones de la sostenibilidad que se relacionan e influyen en el desempeño y sostenibilidad de la empresa prestadora del servicio de agua potable.

En este contexto, la validación del modelo propuesto refleja que ante baja disponibilidad de series de tiempo de variables y parámetros cuantitativos común en los países en desarrollo, es posible evaluar la situación inicial de un prestador del servicio de agua potable, ya que permite alertar a los decisores de forma sencilla y eficaz a través de un modelo flexible, es por ello, que ha resultado también de gran utilidad el cálculo del

IDSAAP por criterio de la prestación del servicio de agua potable, ya que puede determinarse cuales son los factores que requieren mayores esfuerzos institucionales y acciones inmediatas de transformación institucional para la evolución técnica y administrativa en la prestación del servicio de agua interrelacionada en las dimensiones de la sostenibilidad para avanzar en el tiempo al logro del excelente desempeño y sostenibilidad y a la construcción de un modelo de evaluación del desempeño y sostenibilidad más robusto.

Además de ello , el modelo resultó flexible para dar los primeros pasos a la evaluación del desempeño y sostenibilidad con el fin de encaminar a la organización hacia una gestión del agua potable ecoeficiente en el marco del objetivo 6 «*garantizar la disponibilidad de agua y sus gestión sostenible y el saneamiento para todos*» del Desarrollo Sostenible (ODS) y objetivo 7 «*garantizar la sostenibilidad del medio ambiente*» del Desarrollo del Milenio (ODM) , rompiendo paradigmas en los parámetros tradicionales de la prestación del servicio de agua potable y así contribuir a la toma de decisiones y emprendimiento de acciones oportunas que correspondan para el monitoreo y evaluación permanente de la gestión ecoeficiente y sostenible del agua potable en el ámbito de responsabilidad de la empresa, con el fin de lograr garantizar una vida sana, construir infraestructura hidráulica ecoeficiente para el aprovechamiento y consumo de agua sostenible en el tiempo con el firme propósito de encaminar al servicio de agua potable en las ciudades y asentamientos humanos hacia el Desarrollo Sostenible.

Por lo antes mencionado, el desarrollo de la tesis doctoral representa una contribución a la comunidad científica y empresas prestadoras del servicio de agua potable de un modelo de evaluación inicial flexible y dinámico en las dimensiones de la sostenibilidad, ante las fuertes debilidades en el monitoreo, seguimiento y evaluación de políticas, planes y programas en torno al uso eficiente del agua en los sistemas de abastecimiento de agua potable para las poblaciones asentadas en el ámbito urbano en países en vía de desarrollo, donde la evaluación y monitoreo es nula o escasa que limita la selección de indicadores estratégicos cuali -cuantitativos sustentadas en series de tiempo estadísticamente válidas para la construcción de un modelo de evaluación más robusto.

En este contexto el modelo propuesto llega a convertirse en una herramienta útil y flexible que puede ir robusteciendo gradualmente en el tiempo y de fácil aplicación y adaptación por parte de las empresas prestadoras del servicio de agua potable y autoridades nacionales del agua para el monitoreo y seguimiento inicial y evolución de los procesos de planificación y gestión del servicio de agua potable en las dimensiones de la sostenibilidad. Esto fue demostrado en la validación del modelo en el caso de estudio, el cual demostró que el modelo permite a través de panel de expertos, la incorporación o eliminación de indicadores estratégicos cuali-cuantitativos en el proceso de agregación por criterio y subcriterio ambiental, social y económico de la prestación del servicio de agua potable, a medida de su implementación, ya que es dinámico y puede fortalecerse anualmente durante la evaluación del desempeño y sostenibilidad.

Este proceso implementado, obliga al prestador del servicio de agua potable a incrementar las acciones de instrumentación, medición, registro, control y seguimiento del comportamiento del sistema de acueducto en su condición física – hidráulica – energética y su interrelación con la sostenibilidad de la cuenca hidrográfica abastecedora (dimensión territorial), ya que demostró que se verá influenciada (retro impacto) todos sus procesos por la disponibilidad y calidad del agua cruda (recurso hídrico) a ser transformada en agua potable para abastecer a las poblaciones ubicadas en ámbitos urbanos.

De esta manera el modelo propuesto y validado a un caso real de estudio, permite determinar cuáles son los factores que requieren mayores esfuerzos institucionales y acciones inmediatas de transformación institucional para la evolución técnica y administrativa en la prestación del servicio de agua interrelacionada en las dimensiones de la sostenibilidad para avanzar en el tiempo al logro del excelente desempeño y sostenibilidad y a la construcción de un modelo de evaluación del desempeño y sostenibilidad robusto.

Por tanto, la implementación del modelo resulta innovador y permite a los responsables de la planificación y gestión de los procesos del agua potable para la prestación del servicio a las población ubicada en ámbitos urbanos, evaluar su nivel inicial de desempeño y sostenibilidad, realizar la proyección de la gestión ecoeficiente del servicio con acciones u medidas a corto, mediano y largo plazo para alertar a los decisores de forma sencilla y eficaz, con el fin de adoptar estrategias para el uso eficiente del recurso hídrico y adaptación al cambio climático (resiliencia) como eje transversal de todos los procesos de gestión del agua potable en busca de garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible.

Ante lo expuesto anteriormente, para Venezuela, país donde fue desarrollado, aplicado y validado el modelo propuesto, la investigación resultó innovadora y cónsona con las políticas, planes y programas de desarrollo de la nación en torno al recurso hídrico, así podrá contar con un instrumento técnico inicial y mejorable continuamente, que le permita a la Autoridad Nacional de las Aguas, realizar la evaluación de la sostenibilidad y desempeño ambiental de las empresas prestadoras del servicio de agua potable, como usuarios del recurso agua y permitirá contribuir a garantizar su uso eficiente del agua, que implica, entonces, cambiar la manera tradicional de afrontar el incremento de la demanda de recursos, “predecir y abastecer” hacia una gestión sostenible, estratégica, ecoeficiente e integral de la oferta y demanda de agua, que implica modificar las prácticas y los comportamientos de los diferentes sectores de usuarios del agua, que permita superar problemas de escasez física y económica en ámbitos urbanos y se podrá dar garantía real de la sostenibilidad y sustentabilidad del recurso hídrico por parte del ente prestador del servicio de agua potable, todo ello, permitirá un equilibrio en la gobernabilidad y gobernanza del sector agua potable y saneamiento para contribuir en

el avance paulatino en las metas en el marco de la agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible.

En este contexto final, se recomienda como líneas estratégicas y futuras de investigación:

- Desarrollar estrategias para el fortalecimiento políticas para la gobernabilidad y gobernanza del agua.
- Evaluación ambiental estratégica, como herramienta para la gestión del recurso agua y sostenibilidad.
- Actualizar inventario nacional de los recursos hídricos en las dimensiones de la sostenibilidad.
- Desarrollar un manual marco para implementar la planificación estratégica y formular el presupuesto por programas.
- Desarrollar una metodología para la evaluación de impacto ambiental de los procesos de potabilización del agua. Se considera necesario adaptar herramientas de Evaluación Ambiental estructuradas en metodologías tales como la evaluación del ciclo de vida (Life Cycle Assessment –LCA).
- Desarrollar programa de uso eficiente del agua en las dimensiones de la sostenibilidad.
- Desarrollar programa de evaluación y monitoreo del sector agua potable en las dimensiones de la sostenibilidad.
- Desarrollar programa de fortalecimiento de las capacidades gerenciales – técnico y operativo del sector agua potable y saneamiento.
- Desarrollar procesos de innovación, diseño y gestión ambiental de los productos y procesos industriales en el sector agua potable y saneamiento
- Desarrollar un sistema de información automatizado que permita el registro continuo de los datos primarios, parámetros y variables de interés para la evaluación del desempeño y sostenibilidad (SIEDSA) de la prestación del servicio de agua potable.
- Desarrollar metodología para determinar la huella hídrica de las empresas prestadoras del servicio de agua potable y saneamiento
- Desarrollar metodología para determinar sostenibilidad de cuencas hidrográficas de montaña bajo la concepción de diseño ambientalmente integrado.
- Desarrollar un sistema de soporte a la decisión (SSD) para planificación y gestión de cuencas o de sistemas de recursos hídricos.



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



CAPÍTULO VII

Referencias bibliográficas generales

Desarrollo de una metodología para la evaluación del desempeño y la sostenibilidad ambiental en la gestión del agua potable. Caso de Estudio: Aguas de Mérida C.A. (Venezuela).

CAPITULO VII

Referencias bibliográficas generales

- Adriaanse, A. (1993). *Environmental Policy Performance Indicators*. The Netherlands: World Resources Institute.
- Agencia Europea de Medio Ambiente [AEMA]. (2000). *Modelo PFEIR*. Disponible en https://www.eea.europa.eu/publications#7=en&c11=5&c14=&c12=&b_start=0
- Agencia Europea de Medio Ambiente [AEMA]. (2004). *El agua en Europa: una evaluación basada en indicadores*. Disponible en https://www.eea.europa.eu/publications#7=en&c11=5&c14=&c12=&b_start=0
- Aguas de Mérida C.A. (2004a). Estatutos. (Informe Núm. 01). Mérida, Venezuela: Unidad de planificación, Aguas de Mérida C.A.
- Aguas de Mérida C.A. (2004b). *Reforma de los estatutos, según Gaceta Oficial del Estado Mérida, N° 729 de fecha 15 de Enero de 2004*. (Informe Núm. 01). Mérida, Venezuela: Unidad de planificación, Aguas de Mérida C.A.
- Aguas de Mérida C.A. (2005). *Estructura Organizativa Aguas de Mérida C.A.* (Informe Núm. 01). Mérida, Venezuela: Junta Directiva - Unidad de planificación, Aguas de Mérida C.A.
- Aguas de Mérida C.A. (2009a). *Manuales de organización de la empresa Aguas de Mérida C.A.* (Informe Núm. 01-23). Mérida, Venezuela: Unidad de planificación, Aguas de Mérida C.A.
- Aguas de Mérida C.A. (2009b). *Historia del acueducto de Mérida*. (Informe Núm. 01). Mérida, Venezuela: Unidad de imagen y mercadeo, Aguas de Mérida C.A.
- Aguas de Mérida C.A. (2010). *Diagnóstico de la empresa Aguas de Mérida C.A.: Plan Estratégico, Fase I*. (Informe Núm. 01-15). Mérida, Venezuela: Unidad de planificación, Aguas de Mérida C.A.
- Aguas de Mérida C.A. (2012a). *Ficha técnica de las plantas de potabilización del estado Mérida*. (Informe Núm. 03). Mérida, Venezuela: Unidad de planificación, Aguas de Mérida C.A.

- Aguas de Mérida C.A. (2012b). *Registros de calidad de agua de la planta de potabilización Dr. Enrique Burgöin del período 2004-2012*. (Informe Núm. 1-500). Mérida, Venezuela: Departamento de producción, Aguas de Mérida C.A.
- Aguas de Mérida C.A. (2012c). *Diagnóstico de la empresa Aguas de Mérida C.A.: Plan Estratégico, Fase II*. (Informe Núm. 01-10). Mérida, Venezuela: Unidad de planificación, Aguas de Mérida C.A.
- Aguas de Mérida C.A. (2013a). *Cuencas hidrográficas abastecedoras del acueducto de Mérida*. (Informe Núm. 01). Mérida, Venezuela: Departamento de proyectos, Aguas de Mérida C.A.
- Aguas de Mérida C.A. (2013b). *Esquema general del acueducto de Mérida*. (Informe Núm. 01). Mérida, Venezuela: Unidad de planificación, Aguas de Mérida C.A.
- Aguas de Mérida C.A. (2013c). *Aspectos hidrológicos de la cuenca de río Mucujún orientado al estudio del rendimiento hídrico*. (Informe Núm. 01). Mérida, Venezuela: Unidad de planificación, Aguas de Mérida C.A.
- Aguas de Mérida C.A. (2013d). *Caudales de la cuenca de río Mucujún orientado al estudio del rendimiento hídrico*. (Informe Núm. 01). Mérida, Venezuela: Unidad de planificación, Aguas de Mérida C.A.
- Aguas de Mérida C.A. (2013e). *Fuentes abastecedoras y acueductos del estado Mérida: RENUFA*. (Informe Núm. 01). Mérida, Venezuela: Unidad de planificación y Departamento de proyectos, Aguas de Mérida C.A.
- Aguas de Mérida C.A. (2014). *Diagnóstico de la empresa Aguas de Mérida C.A.* (Informe Núm. 01-10). Mérida, Venezuela: Unidad de planificación, Aguas de Mérida C.A.
- Aguas de Mérida C.A. (2015a). *Plan estratégico 2015-2019*. (Informe Núm. 01). Mérida, Venezuela: Unidad de planificación, Aguas de Mérida C.A.
- Aguas de Mérida C.A. (2015b). *Objetivos y estrategias del plan estratégico de Aguas de Mérida C.A.* (Informe Núm. 01). Mérida, Venezuela: Unidad de planificación, Aguas de Mérida C.A.
- Aguas de Mérida C.A. (2015c). *Informe de gestión Aguas de Mérida C.A., año 2015*. (Informe Núm. 01). Mérida, Venezuela: Unidad de planificación, Aguas de Mérida C.A.

- Aguas de Mérida C.A. (2015d). *Modelo de gestión operativo*. (Informe Núm. 01). Mérida, Venezuela: Unidad de planificación, Aguas de Mérida C.A.
- Aguas de Mérida C.A. (2015e). *Plan operativo anual (POA), período 2000-2015*. (Informe Núm. 01). Mérida, Venezuela: Unidad de planificación, Aguas de Mérida C.A.
- Aguas de Mérida C.A. (2015e). *Mesas técnicas de agua, período 2005-2015*. (Informe Núm. 01). Mérida, Venezuela: Unidad de participación comunitaria, Aguas de Mérida C.A.
- Aguas de Mérida C.A. (2015f). *Reporte de avances de gestión 2015*. (Informe Núm. 01). Mérida, Venezuela: Departamento de Proyectos, Aguas de Mérida C.A.
- American Society of Civil Engineers [ASCE]. (1998). *Sustainability Criteria for Water Resource Systems*. Recuperado de <https://www.asce.org/templates/publications-book-detail.aspx?id=19063>
- American Water Works Association & American Society of Civil Engineers. (1998). *Water Treatment Plant Design*. Nueva York: McGraw-Hill.
- American Water Works Association. (2002). *Calidad y tratamiento del agua*. España: McGraw-Hill.
- Angel, S., Parent, J., Civco, D. & Blei, A. (2011). *Making Room for a Planet of Cities [Archivo PDF]*. Recuperado de https://www.lincolnst.edu/sites/default/files/pubfiles/making-room-for-a-planet-of-cities-full_0.pdf
- Arboleda, J. (2000). *Teoría y Práctica de la Purificación del agua*. Santa Fé de Bogotá, Colombia: McGraw-Hill Interamericana.
- Arocha, S. (1980). *Abastecimientos de Agua. Teoría & Diseño*. Venezuela: Ediciones Vega.
- Arocha, S. (1997). *Abastecimientos de Agua. Teoría & Diseño*. Venezuela: Innovación Tecnológica.
- Arreguín, F. & Garduño, H. (1994). *Uso eficiente de agua*. Montevideo, Uruguay: UNESCO –ORCYT.

- Asociación de Entes Reguladores de Agua Potable y Saneamiento de las Américas [ADERASA]. (2007). *Indicadores de gestión de agua potable y alcantarillado, período 2006 -2012*. Disponible en <http://www.aderasa.org/>
- Asociación Española de Abastecimiento de Agua y Saneamiento [AEAS]. (2013). *Publicaciones y documentos del período 1980 – 2013*. Disponible en <http://www.aeas.es>
- Asociación Internacional de Desalinización [IDA]. *Boletines 2014 – 2017*. IDA World Congress. Recuperado de <http://idadesal.org/publications>
- Asociación Nacional de Empresas de Agua y Saneamiento de México [ANEAS]. (2010). *El Ciclo Urbano del Agua*. México. Recuperado de <http://hidropluviales.com/agua/>.
- Azpúrua, P. (1999). *Ingeniería Hidráulica*. Caracas, Venezuela: Fundación Polar.
- Bahri, A. (2009). *Managing the other side of the water cycle: making wastewater an asset*. Sweden: Global Water Partnership. Recuperado de https://www.sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/BAHRI%20009%20Managing%20the%20other%20side%20of%20the%20water%20cycle%20Making%20wastewater%20an%20asset.pdf
- Bahri, A. (2012). *Integrated Urban Water Management*. Stockholm, Sweden: GWP. Recuperado de <https://www.gwp.org/globalassets/global/toolbox/publications/background-papers/16integrated-urban-water-management-2012.pdf>
- Ballén, J., Galarza, M. & Ortiz, R. (junio de 2006). Historia de los sistemas de aprovechamiento de agua lluvia. *Iberoamericano sobre Sistemas de Abastecimiento Urbano de Agua*. Seminario llevado a cabo en João Pessoa, Brasil.
- Ballesteros, M., Brown, E., Jouravlev, A., Küffner, U. & Zegarra, E. (2005). *Administración del agua en América Latina: situación actual y perspectivas*. Santiago de Chile: Naciones Unidas.
- Bates, B., Kundzewicz, Z., Wu, S., & Palutikof, J. (2008). *Climate change and water*. Geneva: IPCC Secretariat.
- Bell, M. (1992). The water decade valedictory, New Delhi 1990: where pre- and post-modernism met. *Area*, (24) 1, 82-89.

- Benavides, H. (2010). *Diagnóstico de la sostenibilidad de un abastecimiento de agua e identificación de las propuestas que la mejoren*. (Tesis inédita de Doctorado). Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España.
- Bergkamp, G., Orlando, B., & Burton, I. (2003). *Change. Adaptation of water management to climate change*. Switzerland: IUCN.
- Breña, A. (2007). *La problemática del agua en zonas urbanas. Escasez del agua y su demanda doméstica e industrial en áreas urbanas*. Porrua: Cámara de Diputados LX Legislatura/UAM.
- Biswas, A. (2009). *Impacts of Megaconferences on Global Water Development and Management*. En A. Biswas y C. Tortajada (eds.), *Impacts of Megaconferences on the water sector*. Berlin: Heidelberg.
- Brown, E. & Saldivia, J. (2000). *Informe nacional sobre la gestión del agua en Chile*. Comité Asesor Técnico de América del Sur (SAMTAC) y Asociación Mundial del Agua (GWP). Recuperado de <http://www.eclac.org/DRNI/proyectos/samtac/InCh01100.pdf>.
- Bustamante, R. (2002). *Legislación del agua en Bolivia*. Cochabamba, Bolivia: Centro Andino para la Gestión y Uso del Agua. Recuperado de <http://www.eclac.cl/drni/proyectos/walir/doc/walir4.pdf>.
- Cabezas, F. (2010). *La experiencia española en la planificación y gestión del agua por cuencas hidrográficas*. Ingeniería y Territorio, (4), 91, 74 -79.
- Cabrera M., E., Cobacho, R., Almandoz, J., Cabrera R., E. & Arregui, F. (2002a). *La gestión del agua en los países de la unión europea: paradigmas del norte y el sur*. Valencia, España: Univ. Politécnica Valencia & Univ. del País Vasco. Recuperado de <http://www.ita.upv.es/idi/descargaarticulo.php?id=169>
- Cabrera, E., (2002b). *El suministro de agua en España*. España: Fundación nueva cultura del agua.
- Cabrera, E. (1997). *La gestión del agua en España. Necesidad de planificar un futuro mejor*. Valenciana d'Estudis Autònoms, 21, 187-210.
- Cabrera, E. & Garcia, J. (1997). *Problemática de los abastecimientos urbanos. Necesidad de su modernización*. Valencia, España: Universidad Politécnica de Valencia.

- Camacho, V., Graterol, J., Romero, L. & Ojeda, L. (2010). *Análisis temporal de la dinámica de cambio en el uso de la tierra en la cuenca del río Mucujún*. Venezuela: Universidad de los Andes.
- Cañizales, A. (2006). *Gestión Integrada de los Recursos Hídricos en Venezuela*. Venezuela: Aveagua.
- Casero, R. (2006). *Potabilización del agua*. España: Escuela de Negocios (EOI).
- Casero, R. (2007). *Abastecimientos y saneamientos urbanos*. España: Escuela de Negocios (EOI).
- Castro, M. (1988). *Guía "Control de calidad analítica de laboratorios: Parámetros físico-químicos que influyen en la calidad y en el tratamiento del agua"*. Perú: Organización Panamericana de la Salud & Servicio Nacional de Abastecimiento de Agua Potable y Alcantarillado.
- Cázares, E. (2009). *Indicadores de desempeño y el enfoque empresarial para una mejor gestión de los organismos del agua: El caso del Saltillo*. Monterrey, México: Centro de Estudios del Agua para América Latina y el Caribe & Tecnológico de Monterrey.
- Cobacho, R. (2000). *La gestión de la demanda en el contexto de una nueva política integral del agua. Su aplicación al suministro urbano*. (Tesis inédita de Doctorado). Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España.
- Colina, P. (2009). *Empresas Hidrológicas en Venezuela. Caso de Estudio: Hidrocapital, Hidrocentro, Hidrollanos e Hidrolara*. Venezuela :Universidad de Carabobo.
- Callebat, L.(1973). *Introduction, in Vitruve, De l'Architecture, Livre VIII*. Paris: Les Belles Lettres.
- Consejo Nacional de Evaluación de Política de Desarrollo Social [CONEVAL]. (2010). *Guía para el diseño de indicadores estratégicos*. México, D.F.: CONEVAL. Recuperado de <https://www.coneval.org.mx>
- Consejo Nacional de Evaluación de Política de Desarrollo Social [CONEVAL]. (2013). *Guía para la elaboración de la matriz de indicadores de resultados*. México, D.F.: CONEVAL. Recuperado de https://www.coneval.org.mx/Informes/Coordinacion/Publicaciones%20oficiales/GUIA_PARA_LA_ELABORACION_DE_MATRIZ_DE_INDICADORES.pdf

- Comisión Económica para América Latina y El Caribe [CEPAL]. (1998). *Recomendaciones de las reuniones internacionales sobre el agua: de Mar de Plata a París*. Argentina: CEPAL.
- Comisión Nacional del Agua [CONAGUA]. (2014). *Programa Nacional Hídrico 2014-2018*. México. Recuperado de <https://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/>
- Comisión Nacional del Agua [CONAGUA]. (2012). *Manual de incremento de eficiencia física, hidráulica y energética en sistemas de agua potable*. Coyoacán, México, D.F. Recuperado de <https://www.conagua.gob.mx>
- Contreras, W. & Cloquell, V. (2006). *Propuesta metodológica de Diseño Ambientalmente Integrado (dAI), para proyectos de diseño de productos forestales laminados encolados con calidad estructural*. (Tesis inédita de Doctorado). Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España.
- Contreras, W. , Cloquell, V. & Owen de Contreras, M. (2010). *Las técnicas de decisión multicriterio en la selección de componentes estructurales, a partir de tecnología de la madera para la construcción de viviendas en Venezuela*. Madera y Bosques. 16 (3), 7-22.
- Corrales, M. (2004). *Venezuela: análisis del sector agua potable y saneamiento (Serie informes sectoriales*. Caracas: CAF. Retrieved from <http://scioteca.caf.com/handle/123456789/396>
- Cloquell, V. (2003). *Integración Ambiental Total*. Valencia, España: Universidad Politécnica de Valencia.
- Cloquell, V. (2012). *Diseño y validación d indicadores medioambientales*. Valencia, España: Universidad Politécnica de Valencia.
- Danilenko, A., Dickson, E. & Jacobsen, M. (2010). *Climate change and urban water utilities: Challenges and opportunities*. Washington, D.C.: Water Sector Board of the Sustainable Development Network of the World Bank Group.
- Del Olmo, A., Aguado, D. & Cabrera R., E. (2012). *Plan de Gestión Patrimonial de Infraestructuras de la Red de Abastecimiento de Agua Potable de El Grao(Castellón) utilizando la metodología AWARE*. Valencia, España: Universidad Politécnica de Valencia.

- Díaz, A. (2009). Desarrollo Sostenible y el Agua como Derecho en Colombia. *Estudios Socio-Jurídicos*. 11(1), 84-116.
- Díaz, E. & Bertranou, A. (2003). Investigación sistémica sobre regímenes de gestión del agua. El caso de Mendoza, Argentina. Argentina: Comité Asesor Técnico de América del Sur (SAMTAC) y Asociación Mundial del Agua (GWP). Recuperado de <http://www.eclac.org/DRNI/proyectos/samtac/InAr00304.pdf>.
- Dickinson, M. (2003). *The Multiple Benefits of Water Efficiency: Environmental Improvements to the Watershed*. Tenerife, España: International Water Association.
- Directiva marco sobre el agua [DMA]. (1988 -2013). Política de aguas en España: medidas de gestión y protección. Disponible en: <http://www.directivamarco.es/>
- Dourojeanni, A. & Jouravlev, A. (1999). *El Código de Aguas de Chile: entre la ideología y la realidad*. Santiago de Chile: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Recuperado de <http://www.eclac.org/publicaciones/RecursosNaturales/3/lc11263/lc11263.pdf>.
- Environmental Protection Agency [EPA]. (1989). Technologies for upgrading existing or desingning new drinking water treatment facilities. EPA/625/4-89/023. Disponible en: <https://www.epa.gov/>
- Environmental Protection Agency [EPA].(1990). Environmental pollution control alternatives: Drinking water treatment for small communities. EPA/625/5-90/025. Disponible en: <https://www.epa.gov/>
- Environmental Protection Agency [EPA].(1994). *Indicators Development Strategy, Environmental Monitoring Assessment Program*. EPA 620/R-94/022. Disponible en: <https://www.epa.gov/>
- Ercole, A., Alberto, L. & Carignano, C. (2007). *Decisiones multicriterio discretas. Métodos cuantitativos para la Gestión*. Córdoba, España: Asociación Cooperadora de la Facultad de Ciencias Económicas de la UNC.
- Farley, M. & Trow, S. (2003). *Losses in water distribution networks: a practitioner's guide to assessment, monitoring and control*. London, UK. : IWA.
- Fernández, C. (octubre de 1991). ¿Por qué un enfoque multidimensional?. *Internacional sobre uso eficiente del agua*. Seminario llevado a cabo en México.

- Fundación Canal (2012). Conclusiones 6to Foro Agua para el desarrollo: Los objetivos del desarrollo del milenio y el agua, diez años después. Madrid, España: Fundación Canal.
- Fuentealba, R. (abril 2011). Sostenibilidad en sistemas de agua potable rural en Chile. *Semana Sectorial del Agua del Banco Interamericano de Desarrollo*. Seminario llevado a cabo en Santiago de Chile, Chile. Recuperado de <https://publications.iadb.org>
- Freundenberg, M. (2003). *Composite indicators of country performance: a critical assessment*. Paris: OECD. Recuperado de <http://www.oecd.org/sti/working-papers>.
- Friends A. & Raport, D. (1979). *Towards a Comprehensive Framework for Environment Statistics: A Stress Response Approach*. Ottawa, Canada.
- Galárraga, R. (2000). *Informe nacional sobre la gestión del agua en el Ecuador*. Ecuador: Comité Asesor Técnico de América del Sur (SAMTAC) y Asociación Mundial del Agua (GWP). Recuperado de <http://www.eclac.org/DRNI/proyectos/samtac/InEc00100.pdf>.
- Gallopin, G. (1997). *Indicators and their use: Information for decision-making. Introduction*. En: B. Moldan y S. Billharz (eds.). *Sustainability indicators: report of the Project on Indicators of Sustainable Development*.
- Garduño, H. (octubre de 1991). Uso eficiente del agua: un enfoque multidimensional. *Internacional sobre uso eficiente del agua*. Seminario llevado a cabo en México.
- Gavidia, E. & León, P. (2004). *Levantamiento semidetallado de la vegetación y uso actual de la cuenca del río Mucujún, mediante Imágenes Aster*. (Tesis inédita de grado). Universidad de los Andes, Venezuela.
- Gaviño, M. (1997a). *Indicadores ambientales y su aplicación*. Argentina: Cátedra UNESCO para el Desarrollo Sustentable.
- Gaviño, M. & Sarandon, R. (1997b). *Evaluación ambiental regional de la normativa de usos para los valles de Tierra Mayor y río Olivia. Análisis de los aspectos normativos*. Argentina: Secretaría de Planeamiento y Desarrollo.
- Giordan, A. & Souchon, C. (1995). *La educación ambiental: guía práctica*. Sevilla, España: Díada.

- Gómez Orea, D. (1994). *Ordenación del Territorio. Una aproximación desde el Medio Físico*. Madrid, España: Agrícola Española.
- Gómez Orea, D. (2001). *Ordenación del Territorial*. Madrid, España: Mundi-Prensa.
- Gómez Senent, E. (2002). *Cuadernos de Ingeniería de Proyectos. Diseño Básico*. Valencia, España: Universidad Politécnica de Valencia.
- Global Water Market (2011). *Reportes técnicos de distribución de agua potable en sistemas urbanos*. Disponible en: <http://www.globalwaterintel.com/market-intelligence-reports>
- Global Water Partnership [GWP]. (2000 a). *Integrated Water Resources Management*. Paper No. 4. Recuperado de <https://www.gwp.org>
- Global Water Partnership [GWP]. (2000b). *Towards Water Security: A Framework for Action*. Recuperado de <https://www.gwp.org>
- Global Water Partnership [GWP]. (2002). *Introducing Effective Water Governance*. Recuperado de <https://www.gwp.org>
- Global Water Partnership [GWP]. (2003). *La gobernabilidad de la gestión del agua en el Ecuador. Gobernabilidad del sector del agua*. Recuperado de <https://www.gwp.org>
- Global Water Partnership [GWP]. (2008). *Principio de gestión integrada de los recursos hídricos, bases para el desarrollo de Planes Nacionales*. Recuperado de http://www.gwpsudamerica.org/docs/publicaciones/doc_11_sp.pdf.
- Global Water Partnership [GWP].(2011). *Hacia una gestión integrada de aguas urbanas*. Recuperado de <https://www.gwp.org/globalassets/global/toolbox/publications/perspective-papers/01-towards-integrated-urban-water-management-2011-spanish.pdf>
- Global Water Partnership [GWP]. (2012). *Rio+20: La seguridad hídrica para el crecimiento y la sostenibilidad. Resumen de Política*. Recuperado de <https://www.gwp.org>, www.gwptoolbox.org.
- Grimaldos, A. & Rayón, F. (2010). Los operadores del agua del mundo. *Ingeniería y Territorio*, (4), 91, 51 -57.

- Hidrológica Venezolana C.A. [HIDROVEN]. (2005a). *Plantas de potabilización en Venezuela*. (Informe Núm. 01). Caracas, Venezuela: Gerencia de planificación y desarrollo, HIDROVEN C.A.
- Hidrológica Venezolana C.A. [HIDROVEN]. (2005b). *Evolución del sector agua potable y saneamiento en Venezuela*. (Informe Núm. 01-08). Caracas, Venezuela: Gerencia de planificación y desarrollo, HIDROVEN C.A.
- Hidrológica Venezolana C.A. [HIDROVEN]. (2007). Sector agua potable y saneamiento. (Informe Núm. 01-05). Caracas, Venezuela: Gerencia de planificación y desarrollo, HIDROVEN C.A.
- Hidrológica Venezolana C.A. [HIDROVEN]. (2009). Empresas Hidrológicas de Venezuela período 1999 - 2009. (Informe Núm. 01). Caracas, Venezuela: Gerencia de planificación y desarrollo, HIDROVEN C.A.
- Hidrológica Venezolana C.A. [HIDROVEN]. (2015). *Empresas Hidrológicas de Venezuela período 2009- 2015*. (Informe Núm. 01). Caracas, Venezuela: Gerencia de planificación y desarrollo, HIDROVEN C.A.
- Hoekstra, A. (2006). The global dimension of water governance: Nine reasons for global arrangements in order to cope with local water problems, Value of water research. Netherlands: UNESCO-IHE Institute for Water Education.
- Hoering, U. & Schnwider, A. (2004). King Customer? The World Bank's "new" Water Policy and its Implementation in India and Sri Lanka. Berlin: World Economy, Ecology & Development.
- IHOBE (1999). *Indicadores medioambientales de la empresa*. Berlín: Ministerio Federal de Medio Ambiente y Agencia Federal Medioambiental. Recuperado de <https://www.iagua.es/>
- Instituto Español de Estudios Estratégicos [IESS]. (2013). Los riesgos mundiales en 2013 según el Foro Económico Mundial (8). Recuperado de https://www.ieee.es/.../2013/DIEEEI082013_InformeRiesgosGlobales2013_FEM_MJC.pdf
- Instituto Mexicano de Tecnología del Agua [IMTA]. (2007). *Indicadores básicos para la gestión de organismos operadores*. México, D.F.: IMTA. Recuperado de <https://www.imta.gob.mx/>

- Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC]. (2007). *Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Geneva: IPCC. Recuperado de http://www.ipcc.ch/home_languages_main_spanish.shtml
- Jouravlev, A. (2001). *Administración del agua en América Latina y el Caribe en el umbral del siglo XXI*. Santiago de Chile: Comisión Económica para América Latina y el Caribe. Recuperado de <http://www.eclac.org/publicaciones/RecursosNaturales/4/LCL1564PE/Lcl1564-P-E.pdf>.
- Kingdom, B., Liemberger, R. & Marin, P. (2006). *The Challenge of Reducing Non-Revenue Water (NRW) in Developing Countries. How the private sector can help: A look at performance – based service contracting*. Washington, DC: The World Bank.
- Leal, M. (2010). *Tecnologías convencionales de tratamiento de agua y sus limitaciones*. México: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
- Lobato, F., De Moraes, O. & Soares, P. (2004). *Regimes aplicados à gestão das águas no Brasil (convergência na diversidade)*. Brasil: Comité Asesor Técnico de América del Sur (SAMTAC) y Asociación Mundial del Agua (GWP). Recuperado de <http://www.eclac.org/DRNI/proyectos/samtac/InBr00304.pdf>
- Loftus, A., Howe, C., Anton, B., Philip, R. & Morchain, D. (2011). *Adapting urban water systems to climate change: A handbook for decision-makers and the local level*. Freiburg, Germany: Iclei European Secretariat GmbH.
- López, P. (1997). *El agua: tecnología de su distribución y uso*. España: Promotora general de estudios S.A.
- Mattos, R. & Crespo, A. (2000). *Informe nacional sobre la gestión del agua en Bolivia*. Bolivia: Comité Asesor Técnico de América del Sur (SAMTAC) y Asociación Mundial del Agua (GWP). Recuperado de <http://www.eclac.cl/DRNI/proyectos/samtac/InBo00100.pdf>.
- Martínez, N. (2012). *Estudio para el manejo y disposición final de lodos generados en plantas de tratamiento de agua potable*. Ecuador: Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental, Escuela Politécnica Nacional.

- Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales de Guatemala [MARN]. (2003). *Manual de Indicadores del Ambiente y los Recursos Naturales*. Guatemala: Embajada Real de los Países Bajos en Guatemala. Recuperado de http://uvg.edu.gt/investigacion/ceab/cea/doc/metodologias/MANUA_INDICADORES_MARN.pdf
- Ministerio del Ambiente de la República Bolivariana de Venezuela. [MINAMB]. (2006a). *Gestión integral de las aguas en Venezuela*. (Informe Núm. 01A). Caracas, Venezuela: Viceministerio del Agua.
- Ministerio del Ambiente de la República Bolivariana de Venezuela. [MINAMB]. (2006b). *Memoria y cuenta año 2006*. (Informe Núm. 01). Caracas, Venezuela: Viceministerio del Agua.
- Ministerio del Ambiente de la República Bolivariana de Venezuela. [MINAMB]. (2007a). *Plan Nacional de Recursos Hídricos de Venezuela*. (Informe Núm. 01). Caracas, Venezuela: Viceministerio del Agua.
- Ministerio del Ambiente de la República Bolivariana de Venezuela. [MINAMB]. (2007b). *Cobertura vegetal y uso de la Tierra, Subcuenca del río Mucujún. Año 2007*. (Informe Núm. 01). Mérida, Venezuela: Dirección Estatal.
- Ministerio de Ecosocialismo y Aguas [MINEA].(2016). Parques Nacionales y Monumentos Naturales del país son generadores de agua e hidroelectricidad. Disponible en <http://www.minea.gob.ve/2016/03/21/parques-nacionales-y-monumentos-naturales-del-pais-son-generadores-de-agua-e-hidroelectricidad/>.
- Ministerio de Desarrollo Económico de la República de Colombia. (2000). *Documentación técnico normativo del sector agua potable y saneamiento básico*. Recuperado de http://www.minvivienda.gov.co/Documents/ViceministerioAgua/010710_ras_titulo_a_.pdf
- Ministerio de Desarrollo Económico de la República de Colombia. (1998). *Inventario Nacional del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico*. Santa Fé de Bogotá, Colombia: Ministerio de Desarrollo Económico.
- Ministerio de Medio Ambiente de la República de Colombia. (1996). *Lineamientos de Política para el manejo integral del agua*. Santa Fé de Bogotá, Colombia: Ministerio de Desarrollo Económico.
- Ministerio de Medio Ambiente.(1999).Libro blanco del agua en España. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente.

- Ministerio del Poder Popular para el Ambiente de la República Bolivariana de Venezuela. [MPPAMB]. (2007). *Gestión integral de las aguas en Venezuela*. (Informe Núm. 01-25). Caracas, Venezuela: Viceministerio del Agua.
- Ministerio del Poder Popular para el Ambiente de la República Bolivariana de Venezuela. [MPPAMB]. (2007b). Cobertura y uso de la tierra de la subcuenca hidrográfica del río Mucujún, año 2007. (Informe Núm. 01). Mérida, Venezuela: Dirección Estatal Ambiental.
- Ministerio del Poder Popular para el Ambiente de la República Bolivariana de Venezuela [MPPAMB]. (2009a). *Gestión integral de las aguas en Venezuela: Parques Nacionales*. (Informe Núm. 01). Caracas, Venezuela: Instituto Nacional de Parques.
- Ministerio del Poder Popular para el Ambiente de la República Bolivariana de Venezuela [MPPAMB]. (2009b). *Aspectos institucionales y legales de la gestión integral de las agua en Venezuela*. (Informe Núm. 01). Caracas, Venezuela: Viceministerio del Agua.
- Ministerio del Poder Popular para el Ambiente de la República Bolivariana de Venezuela [MPPAMB]. (2010a). *Grandes cuencas hidrográficas de Venezuela*. (Informe Núm. 01). Caracas, Venezuela: Viceministerio del Agua.
- Ministerio del Poder Popular para el Ambiente de la República Bolivariana de Venezuela [MPPAMB]. (2010b). *Acuíferos de Venezuela*. (Informe Núm. 02). Caracas, Venezuela: Viceministerio del Agua.
- Ministerio del Poder Popular para el Ambiente de la República Bolivariana de Venezuela [MPPAMB]. (2010c). *Gestión del recurso hídrico en Venezuela y el sector agua potable y saneamiento*. (Informe Núm. 01). Caracas, Venezuela: Viceministerio del Agua & Hidrológica Venezolana C.A.
- Ministerio del Poder Popular para la Planificación de la República Bolivariana de Venezuela [MPPP]. (2015). *Evolución de ente rector de planificación en Venezuela*. Disponible en <http://www.mppp.gob.ve>
- Ministerio del Poder Popular para la Planificación de la República Bolivariana de Venezuela [MPPP]. (2014). *Lineamientos generales del POAN y POA, proyecto de Ley de Presupuesto y Proyecto de Ley de Endeudamiento Anual (LEEA) para el Año 2014*. Disponible en <http://www.mppp.gob.ve>
- Molinari, A. (2007a). “Evaluación del Desempeño (Benchmarking)”. Sao Paulo, Brasil: ARSESP.

- Molinari, A. (2007b). *Manual de Indicadores de Gestión para Agua Potable y Alcantarillado Sanitario*. Argentinas: Asociación de Entes Reguladores de Agua y Saneamiento de las Américas.
- Moros, M. (2012). *Etapas de Potabilización, escogencia de unidades*. Venezuela: Universidad Experimental del Táchira.
- Morote, Á. (2015). La planificación y gestión del suministro de agua potable en los municipios urbano- turísticos de Alicante. Cuadernos Geográficos, (54), 2, 298-320.
- National Geographic.(2014). La obra maestra de la ingeniería romana: Acueductos. España. Recuperado de https://www.nationalgeographic.com.es/historia/grandes-reportajes/acueductos_8592/3
- Naves, G. (2010). Interpretación numérica de las variables de gestión del ciclo hidrológico urbano con énfasis en el sector doméstico (Tesis inédita de maestría). Universidad Politécnica de Cataluña, España.
- Niemczynowicz, J. (1999). *Urban hydrology and water management –present and future challenges*. Urban Water, 1, 1-14.
- Observatorio Ambiental de Bogotá. (2004). *Evaluación de desempeño ambiental e indicadores. Guía de indicadores medioambientales para Empresas*. Colombia: Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. Recuperado de <http://oab2.ambientebogota.gov.co/es/documentacion-e-investigaciones/resultado-busqueda/evaluacion-de-desempeno-ambiental-e-indicadores>
- Observatorio de la Sostenibilidad en España [OSE]. (2008). *Agua y sostenibilidad: Funcionalidad de las Cuencas*. España. Recuperado de http://www.oscc.gob.es/contenidos/documentos/listaDocumentos_es.htm
- Ochoa, L. (2005). *Planeación de acciones de incremento y control de la eficiencia en sistemas de agua potable*. México:CONAGUA. Recuperado de <https://www.conagua.gob.mx>
- Office of Water Regulation [OWR]. (1999). *Water Services Regulation in western Australia*. Australia. Recuperado de <https://www.wa.gov.au/agency/department-water-and-environmental-regulation>

- Ojeda, E. & Arias, R. (2000). *Informe nacional sobre la gestión del agua en Colombia*. Colombia: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Recuperado de <https://www.cepal.org/drni/proyectos/samtac/inco00200.pdf>
- Olivares, R. (2009). *Gobernabilidad del agua, tiempo de definiciones*. México: Asociación Nacional de Empresas de Agua y Saneamiento de México [ANEAS].
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico [OCDE]. (1991). *Environmental Indicators: A Preliminary Set*. París, Francia: OECD. Recuperado de <http://www.oecd.org/>
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico [OCDE]. (1993). *OECD Core Set of Indicators for Environmental Performance Reviews, Environmental*. Recuperado de <http://www.oecd.org/>
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico [OCDE]. (2012a). *OECD Environmental Outlook to 2050: The Consequences of Inaction*. París, Francia: OCDE. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.1787/9789264122246-en>
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico [OCDE]. (2003). *OECD Global Forum on Sustainable Development: Financing Water and Environmental Infrastructure for All*. París, Francia: OECD. Recuperado de <http://www.oecd.org/>
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico [OCDE]. (2015a). *Principios de Gobernanza del Agua*. Recuperado de <http://www.oecd.org/>
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico [OCDE]. (2015b). *Stakeholder Engagement for Inclusive Water Governance, OECD Studies on Water*. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.1787/9789264231122-en>.
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico [OCDE]. (2015c). *The Governance of Water Regulators, OECD Studies on Water*. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.1787/9789264231092-en>.
- Organización Internacional de Normalización [ISO]. (s.f.). Normas *ISO 14031*. Recuperado de <https://www.iso.org>
- Organización Internacional de Normalización [ISO]. (s.f.). Normas *ISO 24500*. Recuperado de <https://www.iso.org>

Organización Internacional de Normalización [ISO]. (s.f.). *ISO 24510: Actividades relacionadas con los servicios de agua potable y de agua residual - Directrices para la evaluación y la mejora del servicio a los usuarios.* Recuperado de <https://www.iso.org>

Organización Internacional de Normalización [ISO]. (s.f.). *ISO 24512: Actividades relacionadas con los servicios de agua potable y de agua residual — Directrices para la gestión de las entidades prestadoras de servicios de agua potable y para la evaluación de los servicios de agua potable.* Recuperado de <https://www.iso.org>

Organización Mundial de la Salud [OMS]. (1997). *Guidelines for drinking-water quality.* Ginebra: OMS. Recuperado de <http://www.who.int>

Organización Mundial de la Salud [OMS]. (2006). *Guía para la calidad del agua potable.* Ginebra: OMS. Recuperado de <http://www.who.int>

Organización Mundial de la Salud [OMS] & Organización Panamericana de la Salud [OPS]. (2001). *Informe Regional sobre la Evaluación en la Región de las Américas: Agua potable y saneamiento, estado Actual y perspectivas.* Ginebra: OMS. Recuperado de <http://www.cepis.ops-oms.org/bvsaas/e/fulltext/infregio/infregio.pdf>.

Organización Mundial de la Salud [OMS] & Fondo de las Naciones Unidas para la infancia [UNICEF]. (2015). *Progresos en materia de agua potable y saneamiento: Informe de actualización 2015 y evaluación del ODM.* Estados Unidos. Recuperado de http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/jmp-2015-update/es/

Organización de las Naciones Unidas [ONU]. (1946-2016). Resoluciones de la asamblea general de las naciones unidas. Disponible en <http://www.un.org/es/sections/documents/general-assembly-resolutions/index.html>

Organización de las Naciones Unidas [ONU]. (1946-2016). *Años y Decenios Internacionales.* Disponible en <http://www.un.org/es/sections/observances/united-nations-observances/index.html>

- Organización de las Naciones Unidas [ONU]. (1977). *Informe de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Agua*. Mar del Plata. 14 a 25 de marzo de 1977. New York : ONU.
- Organización de las Naciones Unidas [ONU]. (1977-2015). Agua. Disponible en <http://www.un.org/es/sections/issues-depth/water/index.html>
- Organización de las Naciones Unidas [ONU]. (1980). Resolución aprobada por la Asamblea General el 10 de noviembre de 1980. Decenio Internacional del Agua Potable y Saneamiento Ambiental. New York : ONU.
- Organización de las Naciones Unidas [ONU].(1990). Consulta Mundial sobre el abastecimiento de agua potable y el saneamiento ambiental para la década de los Años 90. Declaración de Nueva Delhi. Disponible en <http://www.un.org/es/sections/issues-depth/water/index.html>.
- Organización de las Naciones Unidas [ONU]. (1991). Evaluación del decenio internacional del agua potable y del saneamiento ambiental 1981-1990. EB89/24. Disponible en <http://www.un.org/es/sections/issues-depth/water/index.html>.
- Organización de las Naciones Unidas [ONU]. (1992a). Conferencia internacional sobre agua y medio ambiente. Declaración de Dublín sobre el agua y el desarrollo sostenible. Disponible en <http://www.un.org/es/sections/issues-depth/water/index.html>.
- Organización de las Naciones Unidas [ONU]. (1992b). *Declaración de río sobre el medio ambiente y el desarrollo*. Río de Janeiro, del 3 al 14 de junio de 1992. New York : ONU. Disponible en <http://www.un.org>.
- Organización de las Naciones Unidas [ONU]. (2000). Cumbre del Milenio: *Declaración del Milenio de las Naciones Unidas*. Disponible en http://www.un.org/es/events/pastevents/millennium_summit/
- Organización de las Naciones Unidas [ONU]. (2003a). Resolución aprobada por la Asamblea General el 27 de julio de 2003, Decenio Internacional para la Acción, “El agua, fuente de vida”. Naciones Unidas A/RES/58/217. Disponible en <http://www.un.org/es/sections/issues-depth/water/index.html>
- Organización de las Naciones Unidas [ONU]. (2003b). El derecho al agua. Recuperado de <http://www.acnur.org/fileadmin/Documentos/BDL/2012/8789.pdf?view=1>

- Organización de las Naciones Unidas [ONU]. (2010). Promoción y la Comunicación en el Marco del Decenio. Agua y Ciudades Hechos y Cifras. Recuperado de http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/swm_cities_zaragoza_2010/pdf/facts_and_figures_long_final_spa.pdf
- Organización de las Naciones Unidas [ONU]. (2014). Un Objetivo Global para el Agua Post-2015: Síntesis de las Principales Conclusiones y Recomendaciones. Recuperado de <http://www.un.org/es/sections/issues-depth/water/index.html>
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura [UNESCO]. (2009). 3er Informe sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo. Recuperado de <https://es.unesco.org/>
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura [UNESCO]. (2011). Día Mundial del Agua 2011. Agua para las ciudades: respondiendo al desafío urbano. Disponible en <https://es.unesco.org/>
- Owen, M. (2006). *Propuesta metodológica para la evaluación del desempeño medioambiental de la industria de puertas y ventanas elaboradas con madera y productos forestales*. (Tesis inédita de Doctorado). Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España.
- Pageler, M. (2009). *Local government perspective on adapting water management to climate change*. London: International Water Association (IWA).
- Peña, H. & Brown, E. (2004). *Investigación sistémica sobre regímenes de gestión del agua. El caso de Chile*. Santiago de Chile, Chile: Comité Asesor Técnico de América del Sur (SAMTAC) y Asociación Mundial del Agua (GWP). Recuperado de <http://www.eclac.org/DRNI/proyectos/samtac/InCh01304.pdf>.
- Poch, A. (2013). *Comparación medioambiental de dos plantas de producción de agua potable basados en el método ACV*. (Tesis inédita de maestría). Universidad Politécnica de Cataluña, España.
- Pulgarín, N. (2011). *Desarrollo de un modelo de gestión sostenible del agua: microcuenca La Bermejala*. Medellín, Colombia. (Tesina inédita de máster). Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España.
- Programa conjunto OMS/UNICEF de seguimiento del abastecimiento de agua y del saneamiento [JMP]. (2010). *Progresos en Materia de Agua y Saneamiento: Informe de actualización 2010*. Recuperado de http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/jmp-2010-update/es/

- Programa conjunto OMS/UNICEF de seguimiento del abastecimiento de agua y del saneamiento[JMP]. (2012). *Joint Monitoring Programmed for Water Supply and Sanitation.Progress on Drinking Water and Sanitation: 2012 Update*. Nueva York: UNICEF.
- Programa Mundial de los Recursos Hidricos [WWAP].(2003). “*Water for People, Water for Life*”. (WWDR1). Recuperado de <http://www.unesco.org/new/en/natural-sciences/environment/water/wwap/wwdr/wwdr1-2003/downloads/>
- Programa Mundial de los Recursos Hidricos [WWAP].(2006). “*Water, a Shared Responsibility*”. (WWDR2). Recuperado de <http://www.unesco.org/new/en/natural-sciences/environment/water/wwap/wwdr/wwdr2-2006/downloads-wwdr2/>
- Programa Mundial de los Recursos Hidricos [WWAP]. (2009a). *Tercer Informe Mundial sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos de las Naciones Unidas (WWDR3)*. Recuperado de <http://www.unesco.org/new/es/natural-sciences/environment/water/wwap/wwdr/wwdr3-2009/>
- Programa Mundial de los Recursos Hidricos [WWAP]. (2009b). *Messages to Urban Mayors and Local Governments*. Recuperado de <http://www.unesco.org/new/es/natural-sciences/environment/water/wwap/>
- Programa Mundial de los Recursos Hidricos [WWAP]. (2010). *Water for sustainable urban human settlements*. Nota informativa. www.unwater.org/downloads/WWAP_Urban_Settlements_Web_version.pdf
- Programa Mundial de los Recursos Hidricos [WWAP]. (2012a). “*Managing water under uncertainty and risk*”(WWDR4). Recuperado de <http://www.unesco.org/new/en/natural-sciences/environment/water/wwap/wwdr/wwdr4-2012/>
- Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos [WWAP]. (2012b). The United Nations World Water Development Report 4: Managing Water under Uncertainty and Risk. Recuperado de <http://www.unesco.org/new/en/natural-sciences/environment/water/wwap/wwdr/wwdr4-2012/>
- Programa Mundial de los Recursos Hidricos [WWAP]. (2014a). *Agua y energía*. Recuperado de <http://www.unesco.org/new/es/natural-sciences/environment/water/wwap/wwdr/2014-water-and-energy/>

Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos [WWAP]. (2014b). *The United Nations World Water Development Report 2014: Water and Energy*. Recuperado de <http://unesdoc.unesco.org/images/0022/002257/225741E.pdf>

Programa Mundial de los Recursos Hidricos [WWAP]. (2015). *Agua para un mundo sostenible*. Recuperado de <http://www.unesco.org/new/es/natural-sciences/environment/water/wwap/wwdr/2015-water-for-a-sustainable-world/#c1485604>

Programa Mundial de los Recursos Hidricos [WWAP]. (2016). *Agua y empleo*. Recuperado de <http://www.unesco.org/new/es/natural-sciences/environment/water/wwap/wwdr/2016-water-and-jobs/#c1538524>

Programa de Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos [UN-HABITAT].(2010). *Water global annual assessment of sanitation and drinking-water (GLAAS)*. Disponible en <https://unhabitat.org/>

Programa de las Naciones Unidas para los asentamientos humanos [UN-Hábitat]. (2011). *Cities and Climate Change: Global Report on Human Settlements 2011*. London: Earthscan. Recuperado de <https://unhabitat.org/books/cities-and-climate-change-global-report-on-human-settlements-2011-abridged/>

Protos & Sociedad Flamenca de Agua para el Desarrollo. (2006). *El abastecimiento de agua potable en Flandes desde 1800 hasta la actualidad*. Recuperado de <http://www.studylib.es/doc/.../el-abastecimiento-de-agua-potable-en-flandes-desde-1800.pdf>

Quiroga, R. (2001). *Indicadores de sostenibilidad ambiental y desarrollo sostenible: Estado del arte y perspectivas*. Santiago de Chile: Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL], Naciones Unidas. Recuperado de <https://repositorio.cepal.org>

Quiroga, R. (2007). *Indicadores de sostenibilidad ambiental y desarrollo sostenible: Avances y perspectivas para América Latina y El Caribe*. Santiago de Chile: Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL], Naciones Unidas. Recuperado de <https://repositorio.cepal.org>

Quiroga, R. (2009). *Indicadores de sostenibilidad ambiental y desarrollo sostenible: Avances y perspectivas para América Latina y El Caribe*. Santiago de Chile: Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL], Naciones Unidas. Recuperado de <https://repositorio.cepal.org>

Rodenas, M. (2010). *El agua en Iberoamerica*. Ingeniería y Territorio, (4), 91, 80 - 89.

- Rodríguez, B. (2007). *Una visión sostenibilista sobre la escasez del agua dulce en el mundo*. Internacional Sostenibilidad, Tecnología y Humanismo, (2), 86 -152.
- Rojas, F. (2010). *Gobernabilidad y Gobernanza. De la teoría a la práctica. Aplicación a los servicios de agua potable y saneamiento*. México: Asociación Nacional de Empresas de Agua y Saneamiento de México [ANEAS].
- Rosenzweig, C., Iglesias, A., Yang, X., Epstein, P. & Chivian, E. (2001). *Climate change and extreme weather events: Implications for food production, plant diseases, and pests*. Global Change & Human Health, (2), 2, 90-104.
- Salman, S. (2003). *From Marrakech through The Hague to Kyoto: Has the Global Debate on Water Reached a Dead End? Part 1*. Water International (28), 4, 491-500.
- Sandoval, R. (2011). *Identificación, sistematización y elaboración de una propuesta de indicadores de gestión y desempeño de los proveedores de servicios de agua y saneamiento para los Estados de Chiapas, Veracruz, Tabasco - Desarrollo de una herramienta basada en la percepción ciudadana y mejores prácticas para el fortalecimiento institucional de los proveedores de servicios*. (Informe Final). D.F., México: Organización de las Naciones Unidas & Fondo para el logro de las ODM.
- Schuschny, A. & Soto, H. (2009). *Guía metodológica: diseño indicadores compuestos de desarrollo sostenible*. Santiago de Chile, Chile: Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL] & Sociedad Alemana de Cooperación Técnica [GTZ].
- Sánchez, L., Peña, M. & Sánchez, A. (2003). *Uso Eficiente del Agua: un recurso de agua en sí mismo. Nueva industria. Producción más limpia y competitividad*. Colombia: Universidad del Valle.
- Sánchez, L. & Sánchez, A. (2004). *Uso eficiente del agua*. CW Delft, Países Bajos: International Water and Sanitation Centre. Recuperado de <http://www.irc.nl>
- Sarandón, R., Gaviño, J., Giraut, M. & Guerrero, V. (1999). *Aplicación de indicadores de fragilidad ecológica en las evaluaciones ambientales*. España: Universidad de Cádiz.
- Sarandón, R., Gaviño, J. & Pereyra, P. (2001). *Using Indicators for Environmental Impact Assessment and Management*. Cartagena, Colombia.

- Saaty, T. (1997). *Toma de decisiones para líderes*. Chile: Universidad de Santiago de Chile.
- Sechi, M. (2007). *Calidad de las aguas e intuiciones de hidrogeología en el libro VIII del de arquitectura de vitruvio. Espacio y tiempo*. Ciencias Humanas, (21), 63-72.
- Sechi, M. (1989). *La geografia delle acque continentali e dei loro impieghi nell'Italia antica*. Sassari, Italia: dell'Istituto e Labor. di Geografia dell'Univ. di Sassari.
- Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT] de México. (1998). *Avances en el Desarrollo de indicadores para la evaluación ambiental en México 1997*. Disponible en <https://www.gob.mx/semarnat>
- Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT] de México. (2000). *Indicadores para la evaluación del desempeño ambiental*. Disponible en <https://www.gob.mx/semarnat>
- Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT] de México. (2005). *Indicadores para la evaluación del desempeño ambiental de México*. Disponible <https://www.gob.mx/semarnat>
- Silva, G. (2000). *Historia resumida de la Hidrología Venezolana*. Geográfica Venezolana, 41 (1), 139-166.
- Silvestri, C. (septiembre de 2009). *Normas ISO 24500*. Iberoamericano de Regulación. II Foro llevado a cabo en Lima, Perú.
- Shiklomanov, A. (Comp). (1998). *World Water Resources a new Appraisal and Assessment for the 21st Century*. Rusia: UNESCO. Recuperado de <http://unesdoc.unesco.org/images/0011/001126/112671eo.pdf>, <http://webworld.unesco.org/water/ihp/db/shiklomanov/summary/html/summary.html>
- Svendsen, M., & Künkel, N. (2008). *Water and adaptation to climate change: Consequences for developing countries*. Eschborn: Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ).
- Tahal Consulting Engineers [TAHAL]. (1998). *Plan Maestro de la Ciudad de Mérida*. Volumen I. HIDROVEN C.A.

- Talero, S.(2004). *La Evaluación ambiental como herramienta para una gestión sostenible de los recursos hídricos en países en desarrollo*. Bogotá, D.C., Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Tate, D. (octubre de 1991). Principios del uso eficiente del agua. *Internacional sobre uso eficiente del agua*. Seminario llevado a cabo en México.
- Tucci, C. (2010). Integrated urban water management in the humid tropics. En J. Parkinson, J. Goldenfum, y C. Tucci (eds), *Integrated Urban Water Management: Humid Tropics* (pp 1-23). Paris: UNESCO-IHP.
- Tropp, H. (2005). *Building New Capacities for Improved Water Governance*. Internacional sobre Gobernabilidad del Ecosistema. Simposio llevado a cabo en Sudáfrica.
- United Nations Development Programme (2006). *Human Development Report 2006: Beyond Scarcity—Power, Poverty and the Global Water Crisis*. Basingstoke, United Kingdom:Palgrave Macmillan. Recuperado de <http://www.undp.org/>
- UN-Water.(2007). *Día Mundial del Agua 2007*. Disponible en http://www.fao.org/nr/water/docs/wwd07brochure_es.pdf.
- UN-Water. (2014). *A Post-2015 Global Goal for Water: Synthesis of key findings and recommendations from UN-Water*. Recuperado de http://www.un.org/waterforlifedecade/pdf/27_01_2014_unwater_paper_on_a_post2015_global_goal_for_water.pdf.
- Vargas, L. (2006). *Plantas de tratamiento de agua Potable y operaciones unitarias*. Recuperado de <http://www.bvsde.paho.org/bvsatr/fulltext/tratamiento/manualI/tomoI/tres.pdf>.
- Venezuela. (1999). *Constitución de la República Bolivariana de Venezuela*. Gaceta Oficial Extraordinaria N° 36.860 de fecha 30 de diciembre de 1999.
- Venezuela. (2007). *Ley Orgánica de Aguas*. Gaceta Oficial N° 38.595 de fecha 2 de enero de 2007.
- Venezuela. (2001). *Ley Orgánica para la Prestación de los servicios de agua potable y saneamiento*. Gaceta Oficial N° 5.568 Extraordinario de fecha 31 de diciembre de 2001.

- Venezuela. (2013). *Ley Orgánica del Plan de la Patria*. Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela N° 6.118 Extraordinario de fecha 4 de diciembre de 2013.
- Venezuela. (2001). *Ley Orgánica de Planificación*. Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela N° 5.554 de fecha 13 de noviembre de 2001.
- Venezuela. (2014). *Ley Orgánica de Planificación Pública y Popular*. Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela N° 6.148, Extraordinario de fecha 18 de noviembre de 2014.
- Venezuela. (2014). *Ley Orgánica de la Administración Pública*. Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela N° 6.147 de fecha 17 de noviembre de 2014.
- Venezuela. (2015). *Ley Orgánica de la Administración Financiera del Sector Público*. Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela N° 2.174 de fecha 30 de diciembre de 2015.
- Westerhoff, G. (2003). "The Evolving Water Utility – Pathways to Higher Performance". Denver: American Water Works Association.
- Winograd, M., Salazar, H., Fonseca, O., Pescador, A., Riascos, J. & Aguilar, M. (1998). *Marco Conceptual para un Sistema de Indicadores de Gestión y Planificación Ambiental*. Cali, Colombia: CIAT –PNUMA.
- World Bank (2002). *Más Allá Crecimiento Económico. Glosario*. Disponible en <http://www.worldbank.org/depweb/spanish/beyond/global/glossary.html>.
- World Resources Institute [WRI]. (2011). *Informe de escasez de agua en el mundo*. Disponible en <http://www.wri.org/our-work/topics/water>.
- World Resources Institute [WRI]. (2015). *Informe de escasez de agua en el mundo*. Disponible en <http://www.wri.org/our-work/topics/water>.
- World Water Council [WWC]. (2009). *Final Report, Fifth World Water Forum*. Estambul, Turquía: WWC.



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ANEXOS

Tesis Doctoral

Desarrollo de una metodología para la evaluación del desempeño y la sostenibilidad ambiental en la gestión del agua potable. Caso de Estudio: Aguas de Mérida C.A. (Venezuela).

ANEXOS CAPITULO 3

ANEXO 3.A

Información a recopilar del operador del servicio de agua potable con fines de mejorar el monitoreo, seguimiento y evaluación

Información general a recopilar del organismo operador

| Área | Fuente de información | Información a recopilar | Observaciones |
|---------|---------------------------------------|---|--|
| General | Padrón de usuarios | Número de tomas domiciliarias | Clasificadas por tipo de uso, con y sin medidor |
| | | Número de tomas por colonia | Domésticas y No-domésticas |
| | | Número de tomas por clase socioeconómica | Clase popular, media y residencial |
| | | Número de tomas por ruta de lectura | Domésticas y No-domésticas |
| | Relación y estudios de factibilidades | Cobertura de la red y del servicio | En porcentaje de área y de habitantes |
| | | Zonas de crecimiento de población | Colonias o fraccionamientos en proceso, con número de tomas |
| | Oficinas gubernamentales | Clima | Temperatura media anual, máxima, mínima; precipitación media anual |
| | | Índice de hacinamiento | Número de personas por vivienda o toma domiciliaria doméstica |
| | | Población histórica | De los últimos tres censos y conteos nacionales |
| | | Planos de traza de calles, colonias y nombres | Georeferenciado, con escala real e imagen satelital |

Fuente: CONAGUA (2012)

Información a recopilar del área técnica del organismo operador

| Área | Fuente de información | Información a recopilar | Observaciones |
|---------|--------------------------------|--|--|
| Técnica | Estadísticas de producción | Volúmenes suministrados al sistema | Resumen mensual, mínimo un año histórico |
| | | Caudales producidos en las captaciones | Medios anuales, máximos diarios y máximos horarios, para época de verano e invierno en climas extremos |
| | | Características de los macromedidores instalados en puntos de suministro | Tipo, modelo, fecha de instalación y calibración, diámetro |
| | Archivos digitales y mapotecas | Planos de la red de agua potable | A escala real, georeferenciados, con diámetros, materiales, rugosidades y longitudes de tuberías, cotas topográficas en cruceros y tipos, ubicación de pozos, rebombes y tanques, válvulas; preferentemente en formato AutoCad o ArcView |
| | | Planos de perfiles de conducciones | Con indicaciones de cambio de diámetro y material; ubicación de válvulas de aire y desfogue |
| Técnica | Archivos digitales y mapotecas | Planos de topografía | En planta con curvas de nivel a cada 0.5 metros en terreno muy accidentado y a cada 2 metros en superficies planas; preferentemente en formato AutoCad o ArcView |
| | | Proyectos ejecutivos anteriores | Se pueden obtener datos adicionales de planos y mediciones |
| | | Planos de lotificación y predios | Preferentemente en formato AutoCad o ArcView |
| | | Croquis de detalle de fontanería | De rebombes, tren de descarga de pozos, tanques de regulación; con simbología oficial CONAGUA |
| | Estadísticas de mantenimiento | Ocurrencia histórica de fugas | Fugas registradas en un año histórico, ocurridas en tomas domiciliarias, tuberías, red y válvulas; reportadas y reparadas mensualmente, tipos de falla, caudales unitarios vs presión, y tiempos de reparación |

Fuente: CONAGUA (2012)

Información a recopilar del área comercial del organismo operador

| Área | Fuente de información | Información a recopilar | Observaciones |
|-----------|-------------------------------|--------------------------------------|--|
| Comercial | Facturación | Consumos de agua por tipo de usuario | Volúmenes mensuales históricos de un año, por tipo de usuario, por colonia o rutas de lectura, para cuota fija y servicio medido |
| | | Políticas de facturación y cobro | Usuarios exentos de pago, usos públicos, escuelas, hoteles y usuarios con cuota fija, usos irregulares y clandestinos |
| | Estadísticas de Mantenimiento | Características de micromedidores | Tipos y modelos de aparatos, coberturas geográficas, errores históricos de exactitud, ocurrencia y tiempo de sustitución |

Fuente: CONAGUA, (2012)

Información a recopilar del área institucional del organismo operador

| Área | Fuente de información | Información por recopilar | Observaciones |
|---------------|-----------------------|-----------------------------------|---|
| Institucional | Informes ejecutivos | Indicadores de gestión | Indicadores de eficiencia física, hidráulica y energética, evolución histórica en un año, impactos, beneficios y costos |
| | | Planes maestros y de factibilidad | Programas proyectados, inversiones a corto y largo plazo, proyectos de eficiencia en desarrollo, metas anualizadas |
| | | Organigrama de la institución | Describir funciones, personal e interrelación con otras áreas |
| | | Programas interinstitucionales | Programas de eficiencia que se están ejecutando con recursos aportados por CONAGUA, entidades estatales y municipales |

Fuente: CONAGUA (2012)

Información a recopilar del área operativa del organismo operador

| Área | Fuente de información | Información a recopilar | Observaciones |
|------------------------|--|---|---|
| Operativa (energética) | Facturación de energía eléctrica | Datos generales del suministro eléctrico | Nombre de la compañía eléctrica que proporciona el servicio, tensión, tarifa por equipo de bombeo, historial mensual de facturación en un año (demanda máxima, consumo de kilowatts hora, factor de potencia), horarios de operación |
| | Planos, inventario de equipos y recorrido de campo | Infraestructura eléctrica | Diagrama unifilar (calibre, protecciones, transformadores, motores, capacitores y generadores); acometida (tipo, elemento desconectador, apartarrayos, fusibles); subestación eléctrica (tipo, número de transformadores, sistema de tierras); transformadores (identificación, tipo, capacidad nominal, relación de transformación, antigüedad); capacitores (ubicación, capacidad, tipo de banco, elemento desconectador, estado); arrancador (tipo, capacidad); conductores eléctricos (número de hilos, longitud, calibre, material, tipo de aislamiento); motor eléctrico (marca, tipo, capacidad, tensión de suministro, corriente nominal, número de polos, velocidad a plena carga, factor de servicio, eficiencia nominal, antigüedad, número de rebobinados, temperatura) |
| | | Infraestructura mecánico-hidráulica | Bombas (identificación, marca, tipo, modelo, material de carcasa, material del impulsor, caudal de diseño, carga de diseño, eficiencia de diseño); succión (nivel dinámico en acuífero y cárcamo); características del tren de descarga, historial de niveles dinámicos en un año; características de la operación; condiciones de succión y descarga; destino del fluido bombeado y operación |
| | Mantenimiento | Bitácoras de mantenimiento Programas institucionales | Registro histórico y reciente de actividades, reparaciones a motores y bombas, registro de monitoreo de variables |

Fuente: CONAGUA (2012)

Información a recopilar en Campañas de Medición del organismo operador

| Campaña de medición | Actividad | Objetivo | Equipo y herramientas |
|---------------------|---|--|--|
| Hidráulica | Medición de presiones en la red | Ajustar el modelo de simulación hidráulica de la red y definir zonas críticas de alta y baja presión | Manómetro portátil tipo Bourdon, con conexión para toma domiciliaria |
| | Medición de caudales suministrados | Efectuar balances de agua y volumétrico, y ajustar modelo de simulación hidráulica | Medidor ultrasónico o electromagnético portátil |
| | Medición de variación de la demanda de agua en la red | Obtener curva típica de variación de la demanda y coeficientes de variación horaria | Medidor ultrasónico o electromagnético portátil con "data-logger" |
| | Medición de errores de exactitud en macromedidores | Corregir los datos de volúmenes producidos y suministrados | Medidor ultrasónico o electromagnético certificado |
| | Muestreo de consumos de cuota fija | Estimar volumen unitario de consumo mensual y ajustar balance de agua y dotaciones | Formatos de campo |

Fuente: CONAGUA (2012)

Información a recopilar en campañas de medición del organismo operador

| Campaña de medición | Actividad | Objetivo | Equipo y herramientas |
|--------------------------------------|--|---|--|
| Hidráulica | Muestreo de errores de exactitud de micromedidores | Ajustar volumen medido facturado en el balance de agua y estimar el estado de exactitud de micromedidores | Bote de 20 litros certificado |
| | Muestreo de ocurrencia de fugas | Estimar el caudal unitario de fugas, zonas y porcentajes de ocurrencia y tipos de fallas, para el balance de agua y el programa de control de fugas | Formatos de campo, bote calibrado y cronómetro |
| | Levantamiento de cajas de válvulas | Detallar planos de la red, evaluar el estado de las cajas y detectar fugas | Herramientas para destapar cajas y formatos de campo |
| | Levantamientos topográficos | Determinar cotas de cruceros de la red y perfiles de líneas de conducción | Estación total, niveles, sistema de posicionamiento global (GPS), software AutoCad |
| | Vinculación de tomas domiciliarias | Actualizar padrón de usuarios y verificar usos del agua | Formatos de campo, Sistema de Información Geográfico (SIG) |
| Electromecánica en equipos de bombeo | Medición de parámetros eléctricos | Determinar potencia de operación y calcular eficiencia | Analizador de potencia de redes eléctricas o equipos de medición (Voltímetro, Amperímetro, etc.) |
| | Medición de caudal de descarga en bombas | Determinar el caudal de operación del equipo | Medidor de gasto ultrasónico o electromagnético |
| | Medición de presiones en descarga y succión | Obtener carga de operación del equipo | Manómetro portátil tipo Bourdon |
| | Definición de niveles de referencia en bombeos | Obtener carga de operación y pérdidas de carga hidráulica | Sonda eléctrica, cinta métrica, etc. |

Fuente: CONAGUA (2012)

ANEXO 3.B

Integración de indicadores gobernabilidad y gobernanza: hacia el benchmarking

Factores para medir la gobernanza de la prestación del servicio de agua potable

| INDICADORES | INDICES o FACTORES | | Unidad de Medida |
|----------------|--|---|------------------|
| Gobernanza (+) | Permanencia Gerencial | $PG = 1 - \frac{NCG_t}{CG_t}$ | entre 0 y 1 |
| | Estabilidad general del Personal | $DP = 1 - \frac{NEE_t}{NET_t}$ | entre 0 y 1 |
| | Competitividad salarial | $CS = (S_t + S_{t-1}) / (IPM_t + IPM_{t-1})$ | entre 0 y 1 |
| | Grado de profesionalización | $DP = \frac{NPP_t}{NET_t}$ | entre 0 y 1 |
| | Conflictividad Organizacional | $CL = 1 - \frac{JL_t}{NET_t}$ | entre 0 y 1 |
| | Efectividad en la rendición de cuentas | $PCom = \frac{\sum FCj}{FCT} = \frac{\sum FCj}{20}$ | entre 0 y 1 |

Fuente: Rojas (2010)

Factores para medir la legitimidad de la prestación del servicio de agua potable

| INDICADORES | INDICES o FACTORES | | Unidad de Medida |
|-----------------|---|--|--|
| Legitimidad (+) | Satisfacción en la continuidad del suministro | $SaC = \frac{\sum_i^n UMSCo_i + \sum_{j=1}^m USCo_j}{UT}$ | entre 0 y 1 |
| | Satisfacción en la calidad físico química y bacteriológica del agua | $SaC = \frac{\sum_i^n UMSCa_i + \sum_{j=1}^m USCa_j}{UT}$ | entre 0 y 1 |
| | Satisfacción en la atención al usuario | $SaC = \frac{\sum_i^n UMSATC_i + \sum_{j=1}^m USATC_j}{UT}$ | entre 0 y 1 |
| | Aceptación social del ajuste tarifario | $TAS = \frac{TS_t / (1 + \Delta IPM_t)}{TS_{t-1}}$ | entre 0 a más, generalmente no pasa de 1.3 |
| | Densidad de reclamos | $DR = \frac{\text{Min}(RO + RC) / (\frac{Conex}{1000})}{(RO + RC) / (\frac{Conex}{1000})^t}$ | entre 0 y 1 |

Fuente: Rojas (2010)

Factores para medir la eficacia de la prestación del servicio de agua potable

| INDICADORES | INDICES o FACTORES | | Unidad de Medida |
|--|--|--|------------------|
| Eficacia: cobertura y calidad en la Prestación del Servicio (+) | Cobertura de Agua Potable | $\text{Cobertura de Agua Potable} = \frac{(PSACC_t + PSACP_t)}{PAE_t} \times 100$ | entre 0 y 1 |
| | Cobertura de Alcantarillado | $\text{Cobertura de Alcantarillado} = \frac{PSACA_t}{PAE_t} \times 100$ | entre 0 y 1 |
| | Continuidad Promedio del Servicio | $IC = \frac{\text{Continuidad}_t}{24}$ | entre 0 y 1 |
| | | donde $\text{Continuidad} = \frac{\sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^n (HAP_{ij} \times NCA_{ij})}{\sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^n NCA_{ij}}$ | entre 0 y 1 |
| | Agua Facturada; (1 - ANF) | $1 - \frac{\sum_{i=1}^t (VPTA_i - VFTA_i)}{\sum_{i=1}^t VPTA_i} \times 100$ | entre 0 y 1 |
| | Micromedición | $\text{Micromedición} = \frac{NCMO_t}{NCTA_t} \times 100$ | entre 0 y 1 |

Fuente: Rojas (2010)

ANEXO 3.C
Indicadores Aguas de Mérida C.A.- HIDROVEN C.A.

Indicadores técnico – operativos

| Nº | INDICADOR | COMPONENTE | FORMULA | |
|----|---|--|---|--|
| 1 | COBERTURA DE AGUA POTABLE DE LA EMPRESA EN SU AMBITO DE RESPONSABILIDAD (CAP_{AR}) | Población servida con agua potable en el ámbito de Responsabilidad de la Empresa(PSAP _{AR}) | $CAP_{AR} = (PSAP_{AR} / P_{AR}) * 100$ | |
| | | Población total en el ámbito de Responsabilidad de la Empresa(P _{AR}) | | |
| 2 | COBERTURA EN RECOLECCIÓN DE AGUAS SERVIDAS DE LA EMPRESA EN SU ÁMBITO DE RESPONSABILIDAD (CRAS_J) | Población servida con recolección de aguas servidas en su ámbito de responsabilidad (PSRAS _{AR}) | $CRAS_{AR} = (PSRAS_{AR} / P_{AR}) * 100$ | |
| | | Población total en el ámbito de Responsabilidad de la Empresa(P _{AR}) | | |
| 3 | COBERTURA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS DE LA EMPRESA EN SU ÁMBITO DE RESPONSABILIDAD (CTAS_{AR}) | Población servida con tratamiento de aguas servidas en el ámbito de Responsabilidad (PST _{AR}) | $CTAS_{AR} = (PST_{AR} / P_{AR}) * 100$ | |
| | | Población total en el ámbito de Responsabilidad de la Empresa(P _{AR}) | | |
| 4 | CALIDAD DEL AGUA EN PARÁMETROS FISICOQUIMICOS (ORGANOLÉPTICOS) (CA_{OL}) (*) | Número de muestras captadas en el efluente del sistema de potabilización, que cumplen con las normas de los parametros organolépticos (NMN _{FQ}) | $CA_{FQ} = \frac{\sum ((NMN_{OL} / NMT_{OL})_i * VAP_i)}{\sum VAP} * 100$ | |
| | | Número de muestras totales captadas en el efluente del sistema de potabilización para análisis organolépticos.(NMT _{FQ}) | | Siendo: i cada sistema de potabilización |
| | | Volumen de agua potable del sistema de potabilización (VAP _i) (m ³) | | La ponderación de este indicador debe realizarse de acuerdo al tipo de tratamiento según lo siguiente: a.- Sistemas con solo cloración b.- Sistemas con filtración y cloración c.- Sistemas con coagulación, floculación, sedimentación y cloración d.- Tratamiento completo (coagulación, floculación, sedimentación, filtración y cloración) |
| | | Volumen de agua potable (VAP) (m ³) | | Adicionalmente se debe indicar el número de muestras fuera de norma y el número de muestras tomadas por sistema de |

Indicadores técnico – operativos

| N° | INDICADOR | COMPONENTE | FORMULA |
|----|---|--|--|
| 5 | CALIDAD DEL AGUA, cloro residual (CA_{INOR}) (*) | <p>Número de muestras captadas en el efluente del sistema de potabilización, que cumplen con las normas en cuanto al cloro residual. (NMN_{INOR})</p> <hr/> <p>Número de muestras totales captadas en el efluente del sistema de potabilización para análisis de cloro residual (NMT_{INOR})</p> <hr/> <p>Volumen de agua potable del sistema de potabilización (VAP_i) (m³)</p> <hr/> <p>Volumen de agua potable (VAP) (m³)</p> | $CA_{INOR} = \frac{\sum ((NMN_{CLR} / NMT_{CLR})_i * VAP_i)}{\sum VAP} * 100$ <p>Siendo: i cada sistema de potabilización</p> <p>La ponderación de este indicador debe realizarse de acuerdo al tipo de tratamiento según lo siguiente: a.- Sistemas con solo cloración b.- Sistemas con filtración y cloración c.- Sistemas con coagulación, floculación, sedimentación y cloración d.- Tratamiento completo (coagulación, floculación, sedimentación, filtración y cloración)</p> <p>Adicionalmente se debe indicar el número de muestras fuera de norma y el número</p> |
| 6 | CALIDAD BACTERIOLOGICA DEL AGUA (CA_{MB}) (*) | <p>Número de muestras captadas en el efluente del sistema de potabilización, que cumplen con las normas en el aspecto microbiológico (NMN_{MB})</p> <hr/> <p>Número de muestras totales captadas en el efluente del sistema de potabilización para análisis microbiológico. (NMT_{MB})</p> <hr/> <p>Volumen de agua potable del sistema de potabilización (VAP_i) (m³)</p> <hr/> <p>Volumen de agua potable (VAP) (m³)</p> | $CA_{MB} = \frac{\sum ((NMN_{MB} / NMT_{MB})_i * VAP_i)}{\sum VAP} * 100$ <p>Siendo: i cada sistema de potabilización</p> <p>La ponderación de este indicador debe realizarse de acuerdo al tipo de tratamiento según lo siguiente: a.- Sistemas con solo cloración b.- Sistemas con filtración y cloración c.- Sistemas con coagulación, floculación, sedimentación y cloración d.- Tratamiento completo (coagulación, floculación, sedimentación, filtración y cloración)</p> <p>Adicionalmente se debe indicar el número de muestras fuera de norma y el número</p> |

Indicadores técnico – operativos

| Nº | INDICADOR | COMPONENTE | FORMULA |
|----|---|--|--|
| 7 | EFICIENCIA EN LA CONDUCCIÓN DE AGUA CRUDA (% ECAC) | Volumen de agua a la entrada del sistema de potabilización (VE) (m ³) | % ECAC = (\sum VE / \sum VCF) *100 |
| | | Volumen de agua captada en Fuente (VCF)(m ³) | |
| 8 | EFICIENCIA EN LA CONDUCCIÓN DE AGUA POTABLE (% ECAP) | Volumen de agua a la entrada de la red de distribución (VER)(m ³) | % ECAP = (\sum VER / \sum VAP) *100 |
| | | Volumen Agua Potable (VAP) (m ³) | |
| 9 | PERDIDA EN EL PROCESO DE POTABILIZACIÓN (% PPP) | Volumen de agua a la entrada del sistema de potabilización (VE) (m ³) | %PPP = ((\sum VE - \sum VAP) / \sum VE) *100 |
| | | Volumen de Agua Potable (VAP) (m ³) | |
| 10 | VOLUMEN DE AGUA POTABLE POR HABITANTE (VAPph) | Volumen de Agua Potable (VAP) (m ³) | (VAPph) = \sum VAP / P _{AR} |
| | | Población servida con agua potable en el ámbito de Responsabilidad de la Empresa(P _{SAP_{AR}}) | |
| 11 | % DE AGUA POTABLE CLORADA ENTREGADA A LA RED (% AC) | Volumen del agua potable que es clorada (m ³) | (%AC) = (\sum VAC / VAP) * 100 |
| | | Volumen de Agua Potable (VAP) (m ³) | |
| 12 | EFFECTIVIDAD EN LA ATENCIÓN DE RECLAMOS TECNICOS (EART) | Reclamos TECNICOS atendidos (RT _A) | EART = (RT _A / RT _R) *100 |
| | | Total de reclamos TECNICOS recibidos (RT _R) | |

Indicadores gestión comercial

| N° | INDICADOR | COMPONENTE | FORMULA |
|----|---|---|--|
| 13 | COBERTURA DE VIVIENDA (Cv) | Número de viviendas registradas (VR) | $Ci = (VR / UVT) * 100$ |
| | | Unidades de viviendas Totales (UVT) | |
| 14 | COBERTURA DE MEDIDORES LEIDOS (CL) | Número de medidores leídos (NML) | $CL = (NML / TS) * 100$ |
| | | Número de suscriptores Activos (TS) | |
| 15 | COBERTURA DE MEDIDORES LEIDOS (CL _s) excluyendo los suscriptores sociales. | Número de medidores leídos excluyendo los suscriptores sociales (NML _s) | $CL_s = (NML_s / (TS - TS_s)) * 100$ |
| | | Número de suscriptores activos (TS) | |
| | | Número de Suscriptores sociales activos (TS _s) | |
| 16 | % DE M3 FACTURADOS CON MEDICION (VM) | Volumen de agua facturada medida (VFM) | $VM = (VFM / VF) * 100$ |
| | | Volumen facturado (VF) (m ³) | |
| 17 | % DE M3 FACTURADOS CON MEDICION (VM _s) excluyendo los suscriptores sociales | Volumen de agua facturada medida excluyendo los suscriptores sociales (VFM _s) | $VM_s = (VFM_s / (VF - VFS)) * 100$ |
| | | Volumen facturado (VF) (m ³) | |
| | | Volumen facturado social (VFS) (m ³) | |
| 18 | VOLUMEN PROMEDIO FACTURADO RESIDENCIAL POR HABITANTE (VPFph) | Volumen facturado residencial (VFR) (m ³) | $VPFph = (VFR * 1000 / Nhf) / \text{No. Dia del periodo de eval.}$ |
| | | Número de habitantes facturados (Nhf) | |
| 19 | CONSUMO PROMEDIO MEDIDO (Cph) | Volumen de agua facturada medida residencial (VFMR) | $Cph = (VFMR * 1000 / Nhm) / \text{No. Dia del periodo de eval.}$ |
| | | Número de habitantes con medidores leídos (Nhm) | |

Indicadores gestión comercial

| N° | INDICADOR | COMPONENTE | FORMULA |
|----|---|---|---|
| 20 | AGUA NO FACTURADA (%ANF) | Volumen Agua Potable (VAP) (m ³) | $\% \text{ ANF} = (\text{VAP} - \text{VF}) / \text{VAP} * 100$ |
| | | Volumen facturado (VF) (m ³) | |
| 21 | COBRABILIDAD en m ³ | Volumen de agua cobrada en m ³ (VC _{m3}) | $\% \text{ Co} = \text{VC}_m^3 / \text{VF}_m^3$ |
| | | Volumen facturado (VF) (m ³) | |
| 22 | COBRABILIDAD GENERAL | Recaudación en Bs. (R) | $\% \text{ Co} = \text{R} / \text{MF}_{\text{Bs}}$ |
| | | Monto total Facturado (MF _{Bs}) | |
| 23 | COBRABILIDAD DEL AÑO | Recaudación correspondiente a la facturación del año en Bs. | $\% \text{ Co}_{\text{año}} = \text{R}_i / \text{MF}_{\text{Bs}}$ |
| | | Monto total Facturado (MF _{Bs}) | |
| 24 | EFECTIVIDAD EN LA ATENCIÓN DE RECLAMOS COMERCIALES (EARC) | Reclamos COMERCIALES resueltos (RC _A) | $\text{EARC} = (\text{RC}_A / \text{RC}_R) * 100$ |
| | | Total de reclamos COMERCIALES reportados en la oficina de la empresa (RC _R) | |

Indicadores gestión administrativo – financieros

| Nº | INDICADOR | COMPONENTE | FORMULA |
|----|--|---|--|
| 25 | COSTO MEDIO UNITARIO DEL AGUA FACTURADA (CMR) (**) | Costos operativos y Gastos administrativos. (CGT) | $CMR = CGT / VF$ |
| | | Volumen facturado (VF) (m3) | |
| 26 | PRECIO MEDIO UNITARIO DEL AGUA POTABLE (PM) (**) | Monto total Facturado (MF _{Bs}) | $PM = MF_{Bs} / VF$ |
| | | Volumen facturado (VF) (m3) | |
| 27 | ROTACION DE CUENTAS POR COBRAR (Rcxc) | Monto total Facturado (MF _{Bs}) | $RCXC = \text{dias del periodo} / MF_{Bs} / CxC$ |
| | | Total Cuentas por Cobrar a suscriptores (CxC) | |
| 28 | GASTOS CUBIERTOS CON RECAUDACIÓN (Gr) (**) | Recaudación en Bs. (R) | $Gr = (R / CGT) * 100$ |
| | | Costos operativos y Gastos administrativos. (CGT) | |

ANEXOS CAPITULO 5

ANEXO 5.A
Síntesis del diagnóstico de los acueductos administrados por
Aguas de Mérida C.A.

Desarrollo de una metodología para la evaluación del desempeño y la sostenibilidad ambiental en la gestión del agua potable. Caso de Estudio: Aguas de Mérida C.A. (Venezuela)

Acueductos administrados por Aguas de Mérida y sus fuentes abastecedoras de agua

| Nº | NOMBRE DEL ACUEDUCTO | MUNICIPIO | PARROQUIA | REGIÓN HIDROGRÁFICA | CUENCA | SUBCUENCA | NOMBRE DE LA FUENTE SUPERFICIAL | COORDENADAS UTM | ALTITUD (m.s.n.m.) |
|----|---|---|--|--|-----------|-------------------|---------------------------------|-------------------|--------------------|
| 1 | Acueducto de Mérida | Libertador | Gonzalo Picón Febres | Lago de Maracaibo y Golfo de Venezuela | Río Chama | Río Mucujún | Río Mucujún | E267.584 N956.547 | 1.940 |
| | | | Gonzalo Picón Febres | Lago de Maracaibo y Golfo de Venezuela | Río Chama | Río Mucujún | Quebrada La Cuesta | E265.460 N957.368 | 2.248 |
| | | | Antonio Spinetti Dini | Lago de Maracaibo y Golfo de Venezuela | Río Chama | Río Albarregas | Río Albarregas | E262.956 N954.361 | 1.890 |
| 2 | Acueducto La Pedregosa | Libertador | Lasso de la Vega | Lago de Maracaibo y Golfo de Venezuela | Río Chama | Río La Pedregosa | Río La Pedregosa | E258.779 N953.208 | 1.890 |
| 3 | Acueducto Pozo Azul | Libertador | J.J.Osuna Rodríguez | Lago de Maracaibo y Golfo de Venezuela | Río Chama | Quebrada Carvajal | Quebrada Carvajal | E256.266 N951.124 | 1.810 |
| 4 | Acueducto de Chamita | Libertador | Jacinto Plaza | Lago de Maracaibo y Golfo de Venezuela | Río Chama | Quebrada La Fría | Quebrada La Fría | E261.843 N945.964 | 1.460 |
| 5 | Acueducto de Lagunillas y San Juan | Campo Elias y abastece al Municipio Sucre | Jají. (trasvase desde Municipio Campo Elias) | Lago de Maracaibo y Golfo de Venezuela | Río Chama | Río Las González | Río Las González | E246.463 N947.641 | 1.270 |

Acueductos administrados por Aguas de Mérida y sus fuentes abastecedoras de agua

| Nº | NOMBRE DEL ACUEDUCTO | MUNICIPIO | PARROQUIA | REGIÓN HIDROGRÁFICA | CUENCA | SUBCUENCA | NOMBRE DE LA FUENTE SUPERFICIAL | COORDENADAS UTM | ALTITUD (m.s.n.m.) |
|----|---|--|--|--|-------------------|----------------------------|---------------------------------|-------------------|--------------------|
| 6 | Acueducto El Molino | Sucre | Capital | Lago de Maracaibo y Golfo de Venezuela | Río Chama | Quebrada El Molino | Quebrada El Molino | E234.174 N943.483 | 1.540 |
| 7 | Acueducto Mocoyón | Sucre | Jaji. (trasvase desde Municipio Campo Elías) | Lago de Maracaibo y Golfo de Venezuela | Río Chama | Quebrada El Quebradón | Quebrada El Quebradón | E239.334 N948.444 | 1.860 |
| 8 | Acueducto de Chiguará | Sucre | Chiguará | Lago de Maracaibo y Golfo de Venezuela | Río Chama | Quebrada La Sucia | Quebrada Las Uvas | E226.395 N945.059 | 1.520 |
| | | | | | | Quebrada La Toma | Quebrada La Toma | E221.222 N941.129 | 1.288 |
| 9 | Acueducto Llano El Anís | Sucre | Estanquez | Lago de Maracaibo y Golfo de Venezuela | Río Chama | Galerías filtrantes | Galerías filtrantes | E225.321 N935.936 | 520 |
| 10 | Acueducto Chama-Mérida (Villa Libertad) | Campo Elías pero abastece al Municipio Sucre | Ignacio Fernández Peña. (trasvase desde Municipio Campo Elías) | Lago de Maracaibo y Golfo de Venezuela | Río Chama | Río Nuestra Señora | Río Nuestra Señora | E248.694 N940.359 | 909 |
| 11 | Acueducto de Tabay | Santos Marquina | Capital | Lago de Maracaibo y Golfo de Venezuela | Río Chama | Quebrada La Muñoz | Quebrada La Muñoz | E270.298 N956.930 | 2.360 |
| 12 | Acueducto de Santo Domingo | Cardenal Quintero | Capital | Alto Apure | Río Santo Domingo | Quebrada Del Pueblo | Quebrada Del Pueblo | E312.143 N980.710 | 2.520 |
| | | | | | | Quebrada El Manzano | Quebrada El Manzano | E311.094 N977.997 | 2.440 |
| 13 | Acueducto de Timotes | Miranda | Capital | Lago de Maracaibo y Golfo de Venezuela | Río Motatán | Quebrada Los Cachos | Quebrada Los Cachos | E307.036 N989.880 | 2.507 |
| | | | | | | Quebrada Mucumbas | Quebrada Mucumbas | E308.385 N991.836 | 2.507 |
| 14 | Acueducto de Chachopo | Miranda | Andrés Eloy Blanco | Lago de Maracaibo y Golfo de Venezuela | Río Motatán | Quebrada Mucunantú | Quebrada Mucunantu | E305.421 N987.028 | 2.880 |
| 15 | Acueducto de Pueblo Llano | Pueblo Llano | Capital | Alto Apure | Río Santo Domingo | Río Pueblo Llano | Manantial Aguas Regadas | E314.842 N988.054 | 2.680 |
| 16 | Acueducto de El Vigía | Alberto Adriani | Trasvase desde los Municipios Sucre y Andrés | Lago de Maracaibo y Golfo de Venezuela | Río Chama | Río Cacique | Río Cacique | E218.620 N954.950 | 260 |
| | | | Trasvase desde los Municipios Sucre y Andrés Bello | Lago de Maracaibo y Golfo de Venezuela | Río Chama | Río Caña Brava o Quebradón | Río Caña Brava o Quebradón | E218.382 N953.947 | 322 |
| | | | Trasvase desde los Municipios Sucre y Andrés Bello | Lago de Maracaibo y Golfo de Venezuela | Río Chama | Quebrada La Roncona | Quebrada La Roncona | E218.457 N955.107 | 280 |

Desarrollo de una metodología para la evaluación del desempeño y la sostenibilidad ambiental en la gestión del agua potable. Caso de Estudio: Aguas de Mérida C.A. (Venezuela)

Acueductos administrados por Aguas de Mérida y sus fuentes abastecedoras de agua

| Nº | NOMBRE DEL ACUEDUCTO | MUNICIPIO | PARROQUIA | REGIÓN HIDROGRÁFICA | CUENCA | SUBCUENCA | NOMBRE DE LA FUENTE SUPERFICIAL | COORDENADAS UTM | ALTITUD (m.s.n.m.) |
|----|---|---------------------------|--------------------|--|------------|--------------|---|--------------------|--------------------|
| 17 | Acueducto Mucujepe | Alberto Adriani | Héctor Amable Mora | Lago de Maracaibo y Golfo de Venezuela | Río Chama | Río Mucujepe | Quebrada La Blanca | E218.000 N957.902 | 376 |
| 18 | Acueducto de Santa Elena de Arenales | Obispo Ramos de Lora | Capital | Lago de Maracaibo y Golfo de Venezuela | Río Capaz | Río Limones | Río Limones | E230.703 N972.326 | 326 |
| 19 | Acueducto de Los Caños | Obispo Ramos de Lora | Capital | Lago de Maracaibo y Golfo de Venezuela | Río Guamo | Río Perdido | Quebrada El Merideño | E237.216 N974.524 | 450 |
| 20 | Acueducto de La Azulita | Andrés Bello | Capital | Lago de Maracaibo y Golfo de Venezuela | Río Guamo | Río Capaz | Quebrada Guerrero | E229.289 N959.158 | 1.520 |
| | | | Capital | Lago de Maracaibo y Golfo de Venezuela | Río Guamo | Río Capaz | Río Capaz (Nota: El caudal disponible ha sido aforado sólo en el dique lateral existente). | E 234.389 N961.413 | 1.300 |
| 21 | Acueducto de Tucaní | Caracciolo Parra y Olmedo | Capital | Lago de Maracaibo y Golfo de Venezuela | Río Tucaní | - | Río Tucaní (Nota: El caudal disponible ha sido aforado sólo en el dique lateral existente). | E252.477 N989.136 | 340 |

Caudales disponibles y promedio aprovechados en m³/año por sistema de acueducto

| Nº | NOMBRE DEL ACUEDUCTO | NOMBRE DE LA FUENTE SUPERFICIAL | CAUDAL DISPONIBLE POR FUENTE m ³ /AÑO | CAUDAL PROMEDIO APROVECHADO POR FUENTE m ³ /AÑO | DESCRIPCION BREVE DEL SISTEMA |
|----|------------------------------------|---------------------------------|--|--|--|
| 1 | Acueducto de Mérida | Río Mucujún | 59.067.429,12 | 32.505.269,00 | - Sistema de acueducto superficial que consta de los siguientes componentes: dique toma frontal, desarenadores, línea de aducción sedimentadores, planta de potabilización convencional, estanques de almacenamiento y redes de distribución. |
| | | Quebrada La Cuesta | 13.423.864,32 | 518.400,00 | - Sistema de acueducto superficial que consta de los siguientes componentes: dique toma frontal, desarenador, línea de aducción sedimentadores, planta de potabilización convencional, estanques de almacenamiento y redes de distribución. NOTA: Fuente auxiliar en época de estiaje Acueducto Metropolitano de la Ciudad de Mérida. |
| | | Río Albarregas | 18.961.309,44 | 8.506.965,00 | - Sistema de acueducto superficial que consta de los siguientes componentes: dique toma frontal, desarenadores, línea de aducción, planta de potabilización convencional, estanques de almacenamiento y redes de distribución. |
| 2 | Acueducto La Pedregosa | Río La Pedregosa | 19.873.900,80 | 4.059.938,00 | - Sistema de acueducto superficial que consta de los siguientes componentes: dique toma frontal, desarenador, línea de aducción estanque de almacenamiento con caseta de cloración y redes de distribución. |
| 3 | Acueducto Pozo Azul | Quebrada Carvajal | 1.804.032,00 | 2.909.191,00 | - Sistema de acueducto superficial que consta de los siguientes componentes: dique toma frontal, desarenador, línea de aducción estanque de almacenamiento con caseta de cloración y redes de distribución. |
| 4 | Acueducto de Chamita | Quebrada La Fría | 34.820.928,00 | 4.535.997,00 | - Sistema de acueducto superficial que consta de los siguientes componentes: dique toma frontal, desarenador, línea de aducción estanque de almacenamiento con caseta de cloración y redes de distribución. |
| 5 | Acueducto de Lagunillas y San Juan | Río Las González | 36.968.348,16 | 6.307.200,00 | - Sistema de acueducto superficial que consta de los siguientes componentes: dique toma lateral, desarenadores, línea de aducción estanques de almacenamiento, planta de potabilización y redes de distribución. |

Caudales disponibles y promedio aprovechados en m³/año por sistema de acueducto

| Nº | NOMBRE DEL ACUEDUCTO | NOMBRE DE LA FUENTE SUPERFICIAL | CAUDAL DISPONIBLE POR FUENTE m ³ /AÑO | CAUDAL PROMEDIO APROVECHADO POR FUENTE m ³ /AÑO | DESCRIPCION BREVE DEL SISTEMA |
|----|--|---------------------------------|--|--|--|
| 6 | Acueducto El Molino | Quebrada El Molino | 2.608.381,44 | 2.207.520,00 | .- Sistema de acueducto superficial que consta de los siguientes componentes: dique toma frontal, desarenador, línea de aducción estanque de almacenamiento, planta de potabilización (sin funcionamiento) y redes de distribución. |
| 7 | Acueducto Mocoyón | Quebrada El Quebradón | 3.400.911,36 | 159.266,45 | .- Sistema de acueducto superficial que consta de los siguientes componentes: dique toma frontal, desarenador, línea de aducción estanque de almacenamiento con caseta de cloración y redes de distribución. |
| 8 | Acueducto de Chiguará | Quebrada Las Uvas | 218.350,08 | 124.416,00 | .- Sistema de acueducto superficial que consta de los siguientes componentes: dique toma frontal, desarenador, línea de aducción estanque de almacenamiento con caseta de cloración y redes de distribución. |
| | | Quebrada La Toma | 311.040,00 | 248.832,00 | La línea de aducción "La Toma" se encuentra ubicada a 4 Km aproximadamente del estanque principal del Acueducto Chiguará, en la hacienda La Toma, esta conformado por dos pequeñas tanquillas de captación y canales de conducción artesanales, conformados por cemento y piedra con tramos de tubería PEAD 110 mm, hasta una canal principal que recoge el agua de estos canales y la humedad de los terrenos aledaños, que a su vez funciona como un canal desarenador y desbaste con pequeñas rejillas de cabillas 1/2", la línea de aducción esta conformada por un tramo de 100 m PEAD 110 mm y luego reduce a 3" en tubería HG hasta el estanque principal, donde se mezcla con el agua aportada por la línea de aducción La Uva, se desinfecta con Hipoclorito de Calcio, a través de un sistema de desinfección por goteo y se distribuye a las redes de la comunidad. |
| 9 | Acueducto Llano El Anis | Galerías filtrantes | 684.288,00 | 230.284,67 | .- Sistema de acueducto subterráneo que consta de los siguientes componentes: tubo ranurado a la margen derecha del río Chama, tanquilla de almacenamiento, estación de bombeo (2 motobombas sumergibles KSB, UPH 294/4, 3.500 rpm, 41HP, caudal de bombeo 17 l/s para 105 metros), línea de aducción estanque de almacenamiento con caseta de cloración y redes de distribución. |
| 10 | Acueducto Chama-Mérida (Villa Libertad) | Río Nuestra Señora | 61.733.664,00 | 756.864,00 | .- Sistema de acueducto superficial que consta de los siguientes componentes: dique toma lateral, desarenadores, línea de aducción, planta de potabilización, estanque de almacenamiento y redes de distribución. |

Caudales disponibles y promedio aprovechados en m³/año por sistema de acueducto

| Nº | NOMBRE DEL ACUEDUCTO | NOMBRE DE LA FUENTE SUPERFICIAL | CAUDAL DISPONIBLE POR FUENTE m ³ /AÑO | CAUDAL PROMEDIO APROVECHADO POR FUENTE m ³ /AÑO | DESCRIPCION BREVE DEL SISTEMA |
|----|----------------------------|---------------------------------|--|--|--|
| 11 | Acueducto de Tabay | Quebrada La Muñoz | 1.108.546,56 | 46.396,80 | - Sistema de acueducto superficial que consta de los siguientes componentes: dique toma frontal, desarenador, línea de aducción estanque de almacenamiento con caseta de cloración y redes de distribución. |
| 12 | Acueducto de Santo Domingo | Quebrada Del Pueblo | 5.394.677,76 | 98.496,00 | - Sistema de acueducto superficial que consta de los siguientes componentes: dique toma frontal, desarenador, línea de aducción estanque de almacenamiento con caseta de cloración y redes de distribución. |
| | | Quebrada El Manzano | 933.120,00 | 46.656,00 | - Sistema de acueducto superficial que consta de los siguientes componentes: dique artesanal, línea de aducción de 110 mm, pead 50 PSI, estanque de almacenamiento de 100 m ³ y redes de distribución. |
| 13 | Acueducto de Timotes | Quebrada Los Cachos | 3.487.380,48 | 155.520,00 | - Sistema de acueducto superficial que consta de los siguientes componentes: dique toma frontal, desarenador, línea de aducción estanque de almacenamiento con caseta de cloración y redes de distribución. |
| | | Quebrada Mucumbas | 2.774.476,80 | 77.760,00 | Mucumbas Alto: - Sistema de acueducto superficial que consta de los siguientes componentes: dique toma frontal, desarenador de 30 l/s, línea de aducción PEAD 110 mm, 150 psi, estanque de almacenamiento de 600 m ³ y redes de distribución. Mucumbas Bajo: - Sistema de acueducto superficial que consta de los siguientes componentes: dique toma lateral, desarenador de 20 l/s (No se encuentra en funcionamiento), línea de aducción tubería HG y PEAD 110 mm, 150 psi hasta el estanque de almacenamiento de 600 m ³ y redes de distribución. |
| 14 | Acueducto de Chachopo | Quebrada Mucunantu | 2.831.397,12 | 37.584,00 | - Sistema de acueducto superficial que consta de los siguientes componentes: dique toma frontal, desarenador, línea de aducción estanque de almacenamiento con caseta de cloración y redes de distribución. NOTA: A escasos 1000 m existe otro dique toma frontal, sin funcionamiento. |
| 15 | Acueducto de Pueblo Llano | Manantial Aguas Regadas | 869.356,80 | 64.800,00 | - Sistema de acueducto superficial que consta de los siguientes componentes: dique toma frontal, desarenador, línea de aducción estanque de almacenamiento con caseta de cloración y redes de distribución. |

Caudales disponibles y promedio aprovechados en m³/año por sistema de acueducto

| Nº | NOMBRE DEL ACUEDUCTO | NOMBRE DE LA FUENTE SUPERFICIAL | CAUDAL DISPONIBLE POR FUENTE m ³ /AÑO | CAUDAL PROMEDIO APROVECHADO POR FUENTE m ³ /AÑO | DESCRIPCION BREVE DEL SISTEMA |
|----|---|---|--|--|--|
| 16 | Acueducto de El Vigía | Río Cacique | 20.509.977,60 | 1.709.164,80 | .- Sistema de acueducto superficial que consta de los siguientes componentes: dique toma frontal, desarenadores, línea de aducción, planta de planta de potabilización, estanque de almacenamiento con cloración y redes de distribución. |
| | | Río Caña Brava o Quebradón | 15.036.606,72 | 1.253.050,56 | .- Sistema de acueducto superficial que consta de los siguientes componentes: dique toma frontal, desarenadores, línea de aducción, planta de planta de potabilización, estanque de almacenamiento con cloración y redes de distribución. |
| | | Quebrada La Roncona | 3.485.825,28 | 290.485,44 | .- Sistema de acueducto superficial que consta de los siguientes componentes: dique toma frontal, desarenadores, línea de aducción, planta de potabilización, estanque de almacenamiento con cloración y redes de distribución. NOTA: Fuente auxiliar Acueducto El Vigía. |
| 17 | Acueducto Mucujepe | Quebrada La Blanca | 6.537.749,76 | 544.812,48 | .- Sistema de acueducto superficial que consta de los siguientes componentes: dique toma frontal, desarenadores, línea de aducción, estanque de almacenamiento con caseta de cloración y redes de distribución. |
| 18 | Acueducto de Santa Elena de Arenales | Río Limones | 27.690.024,96 | 233.280,00 | .- Sistema de acueducto superficial que consta de los siguientes componentes: dique toma lateral, desarenadores, línea de aducción, planta de potabilización, estanque de almacenamiento con cloración y redes de distribución. |
| 19 | Acueducto de Los Caños | Quebrada El Merideño | 9.568.212,48 | 77.760,00 | .- Sistema de acueducto superficial que consta de los siguientes componentes: dique toma frontal, desarenador, línea de aducción, estanque de almacenamiento con caseta de cloración y redes de distribución. |
| 20 | Acueducto de La Azulita | Quebrada Guerrero | 2.352.395,52 | 51.840,00 | .- Sistema de acueducto superficial que consta de los siguientes componentes: dique toma frontal, desarenador, línea de aducción, planta de potabilización UPA, estanque de almacenamiento y redes de distribución. |
| | | Río Capaz (Nota: El caudal disponible ha sido aforado sólo en el dique lateral existente). | 8.398.080,00 | 207.360,00 | .- Sistema de acueducto superficial que consta de los siguientes componentes: dique toma lateral, desarenador, línea de aducción, planta de potabilización UPA, estanque de almacenamiento con cloración y redes de distribución. |
| 21 | Acueducto de Tucani | Río Tucaní (Nota: El caudal disponible ha sido aforado sólo en el dique lateral existente). | 8.695.434,24 | 129.600,00 | .- Sistema de acueducto superficial que consta de los siguientes componentes: dique toma lateral, desarenadores, línea de aducción, planta de potabilización UPA, estanque de almacenamiento con cloración y redes de distribución. |
| | | | 373.549.708,80 | 68.094.709,20 | |

Caudales aprovechados en m³/año por sistema de acueducto y población a servir

| Nº | NOMBRE DEL ACUEDUCTO | NOMBRE DE LA FUENTE SUPERFICIAL | CAUDAL MÁXIMO EXTRAIDO POR FUENTE EN LITROS/SEGUNDO | CAUDAL MÁXIMO ANUAL DE AGUA EXTRAIDO POR FUENTE DE ABASTECIMIENTO | PRODUCCIÓN TOTAL DE AGUA DEL SISTEMA (m ³ /año) | TIPO DE SISTEMA DE POTABILIZACIÓN | NÚMERO DE SUSCRIPTORES REGISTRADOS | POBLACIÓN ESTIMADA SERVIDA POR ACUEDUCTO | REQUERIMIENTO DE AGUA PARA CONSUMO (m ³ /año) SEGÚN NORMA OMS |
|----|---|---------------------------------|---|---|--|-----------------------------------|------------------------------------|--|--|
| 1 | Acueducto de Mérida | Río Mucujún | 1.200,00 | 37.843.200,00 | 44.064.000,00 | Tipo 4 Convencional Completo | 29.613 | 182.709 | 16.672.196 |
| | | Quebrada La Cuesta | 200 | 6.220.800,00 | | Tipo 4 Convencional Completo | | | |
| | | Río Albarregas | 300,00 | 9.460.800,00 | 9.460.800,00 | Tipo 4 Convencional Completo | | | |
| 2 | Acueducto La Pedregosa | Río La Pedregosa | 130,53 | 4.059.937,94 | 4.059.938,00 | Tipo 1 sólo desinfección | 1.841 | 16.274 | 1.485.003 |
| 3 | Acueducto Pozo Azul | Quebrada Carvajal | 92,00 | 2.909.191,00 | 2.909.191,00 | Tipo 1 sólo desinfección | 0 | 18.144 | 1.655.640 |
| 4 | Acueducto de Chamita | Quebrada La Fría | 144,00 | 4.478.976,00 | 4.535.997,00 | Tipo 1 sólo desinfección | 722 | 32179 | 2.936.334 |
| 5 | Acueducto de Lagunillas y San Juan | Río Las González | 220 | 6.842.880,00 | 3.282.348,55 | Tipo 4 Convencional Completo | 6.485 | 37.414 | 3.414.028 |
| 6 | Acueducto El Molino | Quebrada El Molino | 70 | 2.177.280,00 | 1.733.611,97 | Tipo 1 sólo desinfección | 547 | 9.790 | 893.338 |
| 7 | Acueducto Mocoyón | Quebrada El Quebradón | 8 | 248.832,00 | 159.266,45 | Tipo 1 sólo desinfección | 105 | 472 | 43.070 |
| 8 | Acueducto de Chiguará | Quebrada Las Uvas | 4,305 | 133.902,72 | 413.838,72 | Tipo 1 sólo desinfección | 707 | 10.478 | 956.118 |
| | | Quebrada La Toma | 9 | 279.936,00 | | | | | |
| 9 | Acueducto Llano El Anís | Galerías filtrantes | 20 | 622.080,00 | 230.284,67 | Tipo 1 sólo desinfección | 488 | 2.208 | 201.480 |
| 10 | Acueducto Chama-Mérida (Villa Libertad) | Río Nuestra Señora | 30 | 756.864,00 | 515.812,00 | Tipo 1 sólo desinfección | 39 | 5.580 | 509.175 |

Desarrollo de una metodología para la evaluación del desempeño y la sostenibilidad ambiental en la gestión del agua potable. Caso de Estudio: Aguas de Mérida C.A. (Venezuela)

Caudales aprovechados en m³/año por sistema de acueducto y población a servir

| Nº | NOMBRE DEL ACUEDUCTO | NOMBRE DE LA FUENTE SUPERFICIAL | CAUDAL MÁXIMO EXTRAÍDO POR FUENTE EN LITROS/SEGUNDO | CAUDAL MÁXIMO ANUAL DE AGUA EXTRAÍDO POR FUENTE DE ABASTECIMIENTO | PRODUCCIÓN TOTAL DE AGUA DEL SISTEMA (m ³ /año) | TIPO DE SISTEMA DE POTABILIZACIÓN | NÚMERO DE SUSCRIPTORES REGISTRADOS | POBLACIÓN ESTIMADA SERVIDA POR ACUEDUCTO | REQUERIMIENTO DE AGUA PARA CONSUMO (m ³ /año) SEGÚN NORMA OMS |
|----|--------------------------------------|---|---|---|--|-----------------------------------|------------------------------------|--|--|
| 11 | Acueducto de Tabay | Quebrada La Muñoz | 25,00 | 777.600,00 | 777.600,00 | Tipo 1 sólo desinfección | 311 | 19.547 | 1.783.664 |
| 12 | Acueducto de Santo Domingo | Quebrada Del Pueblo | 60 | 1.866.240,00 | 1.213.056,00 | Tipo 1 sólo desinfección | 851 | 5.984 | 546.040 |
| | | Quebrada El Manzano | 20 | 622.080,00 | | | | | |
| 13 | Acueducto de Timotes | Quebrada Los Cachos | 25 | 777.600,00 | 902.016,00 | Tipo 1 sólo desinfección | 1.019 | 18.179 | 1.658.834 |
| | | Quebrada Mucumbas | 50 | 1.555.200,00 | | | | | |
| 14 | Acueducto de Chachopo | Quebrada Mucunantu | 20,00 | 622.080,00 | 622.080,00 | Tipo 1 sólo desinfección | 311 | 2.796 | 255.135 |
| 15 | Acueducto de Pueblo Llano | Manantial Aguas Regadas | 25 | 777.600,00 | 777.600,00 | Tipo 1 sólo desinfección | 0 | 13.507 | 1.232.514 |
| 16 | Acueducto de El Vigía | Río Cacique | 659,40 | 20.509.977,60 | 39.032.409,60 | Tipo 4 Convencional Completo | 23.124 | 145.637 | 13.289.376 |
| | | Río Caña Brava o Quebradón | 483,43 | 15.036.606,72 | | Tipo 4 Convencional Completo | | | |
| | | Quebrada La Roncona | 112,07 | 3.485.825,28 | | Tipo 4 Convencional Completo | | | |
| 17 | Acueducto Mucujeje | Quebrada La Blanca | 50 | 1.555.200,00 | 1.555.200,00 | Tipo 1 sólo desinfección | 1.059 | | |
| 18 | Acueducto de Santa Elena de Arenales | Río Limones | 90 | 2.799.360,00 | 2.799.360,00 | Tipo 1 sólo desinfección | 1.728 | 13.775 | 1.256.969 |
| 19 | Acueducto de Los Caños | Quebrada El Merdeño | 30 | 933.120,00 | 933.120,00 | Tipo 1 sólo desinfección | 337 | 1745 | 159.231 |
| 20 | Acueducto de La Azulita | Quebrada Guerrero | 20 | 622.080,00 | 622.080,00 | Tipo 4 UPA | 1.033 | 15.921 | 1.452.791 |
| | | Río Capaz (Nota: El caudal disponible ha sido aforado sólo en el dique lateral existente). | 80 | 2.488.320,00 | 2.488.320,00 | Tipo 4 UPA | | | |
| 21 | Acueducto de Tucaní | Río Tucaní (Nota: El caudal disponible ha sido aforado sólo en el dique lateral existente). | 50 | 1.555.200,00 | 1.555.200,00 | Tipo 4 UPA | 2.077 | 32.678 | 2.981.868 |
| | | | | | | 124.643.130 | 72.397 | 585.017 | 53.382.801 |

ANEXO 5.B

Calidad de agua de las fuentes abastecedoras de agua superficiales

Desarrollo de una metodología para la evaluación del desempeño y la sostenibilidad ambiental en la gestión del agua potable. Caso de Estudio: Aguas de Mérida C.A. (Venezuela)

| N° | NOMBRE DEL ACUEDUCTO | NOMBRE DE LA FUENTE SUPERFICIAL | PARÁMETROS FÍSICO - QUÍMICOS | | | | | | | | | | | | | | | | | | PARÁMETROS BACTERIOLÓGICOS | | | |
|----|---|---------------------------------|------------------------------|---------------|-------|------|------|------|--------------|------|------|-------------------|-------|-------|----------|------------------|--------------|-------|-------|------|----------------------------|------|--------------------|--------------------|
| | | | Temperatura | Conductividad | TSD | SO4 | NO3 | CO3 | Dureza Calc. | Mg | Cu | Alcalinidad Total | pH | FLUOR | Fe total | Índice Langelier | Dureza Total | Cl | NO2 | HCO3 | Ca | k | COLIFORMES TOTALES | COLIFORMES FECALES |
| 1 | Acueducto de Mérida | Río Mucujún | 15,30 | 58,94 | 29,47 | 4,00 | 1,10 | 0,00 | 23,00 | 1,46 | 0,04 | 28,00 | 7,20 | | 0,14 | -0,40 | 29,00 | | | 0,65 | 9,21 | 1,50 | 110.000,00 | 110.000,00 |
| | | Quebrada La Cuesta | 22,60 | 74,83 | 37,41 | | | | | | | | 14,00 | 7,10 | | | | 28,00 | | | | | 3,00 | 0,00 |
| | | Río Albarregas | 16,40 | 50,20 | 25,10 | 4,00 | 0,90 | 0,00 | 14,00 | 1,21 | 0,10 | 18,00 | 7,00 | | 0,14 | -0,30 | 19,00 | | | 0,45 | 5,61 | 0,80 | 23,00 | 9,00 |
| 2 | Acueducto La Pedregosa | Río La Pedregosa | 19,30 | 50,16 | 25,08 | 4,00 | 1,00 | 0,00 | 14,00 | 1,94 | 0,02 | 20,00 | 7,10 | | 0,09 | -0,20 | 22,00 | | | 0,40 | 5,61 | 0,70 | 1.500,00 | 21,00 |
| 3 | Acueducto Pozo Azul | Quebrada Carvajal | 19,60 | 54,87 | 27,44 | 2,00 | 1,10 | 0,00 | 17,00 | 1,70 | 0,05 | 23,00 | 7,10 | | 0,09 | -2,00 | 24,00 | | | 0,60 | 6,81 | 1,10 | 93,00 | 93,00 |
| 4 | Acueducto de Chamita | Quebrada La Fría | 18,00 | 35,03 | 17,52 | 1,00 | 0,90 | 0,00 | 9,00 | 2,19 | 0,07 | 18,00 | 7,10 | | 0,09 | -0,20 | 18,00 | | | 0,45 | 3,60 | 1,10 | 23,00 | 23,00 |
| 5 | Acueducto de Lagunillas y San Juan | Río Las González | 18 | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | 45 | 7,2 | --- | 0,11 | -0,1 | 54 | --- | --- | --- | --- | --- | 240 | 240 |
| 6 | Acueducto El Molino | Quebrada El Molino | 19 | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | 48 | 7,1 | --- | --- | -0,2 | 60 | --- | --- | --- | --- | --- | 1500 | 1500 |
| 7 | Acueducto Mocoyón | Quebrada El Quebradón | 18 | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | 35 | 7,4 | --- | --- | -0,30 | 48 | --- | --- | --- | --- | --- | 240 | 240 |
| 8 | Acueducto de Chiguará | Quebrada La Sucia | 16 | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | 54 | 6,9 | --- | --- | 0 | 52 | --- | --- | --- | --- | --- | 24.000 | 24.000 |
| | | Quebrada La Toma | --- | --- | 10 | --- | --- | --- | 140 | --- | --- | 120 | 7,1 | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | Menor a 2000 | Menor a 2000 |
| 9 | Acueducto Llano El Anís | Galerías filtrantes | 24 | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | 180 | 7,6 | --- | --- | 0,1 | 280 | --- | --- | --- | --- | --- | 240 | 240 |
| 10 | Acueducto Chama-Mérida (Villa Libertad) | Río Nuestra Señora | 20 | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | 84 | 7,2 | --- | --- | -0,1 | 80 | --- | --- | --- | --- | --- | 4.600 | 4.600 |
| 11 | Acueducto de Tabay | Quebrada La Muñoz | 22,00 | 23,03 | 11,53 | --- | --- | --- | --- | --- | --- | 13,00 | 7,10 | --- | --- | --- | 14,00 | --- | --- | --- | --- | --- | 43,00 | 43,00 |
| 12 | Acueducto de Santo Domingo | Quebrada Del Pueblo | 21,70 | 50,64 | 25,32 | --- | --- | --- | --- | --- | --- | 16,00 | 7,10 | --- | --- | --- | 17,00 | --- | --- | --- | --- | --- | 210,00 | 210,00 |
| | | Quebrada El Manzano | 21,80 | 52,43 | 26,50 | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | 20,00 | 7,10 | --- | --- | --- | 21,00 | --- | --- | --- | --- | --- | 23,00 |
| 13 | Acueducto de Timotes | Quebrada Los Cachos | 21,40 | 35,92 | 16,96 | --- | --- | --- | --- | --- | --- | 13,00 | 7,10 | --- | --- | --- | 14,00 | --- | --- | --- | --- | --- | 2.100,00 | 1.500,00 |
| | | Quebrada Mucumbas | 21,50 | 38,48 | 19,24 | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | 17,00 | 7,10 | --- | --- | --- | 18,00 | --- | --- | --- | --- | --- | 750,00 |
| 14 | Acueducto de Chachopo | Quebrada Mucunantu | 21,00 | 34,05 | 17,02 | --- | --- | --- | --- | --- | --- | 15,00 | 7,10 | --- | --- | --- | 16,00 | --- | --- | --- | --- | --- | 24.000,00 | 4.600,00 |
| 15 | Acueducto de Pueblo Llano | Manantial Aguas Regadas | 22,60 | 94,01 | 47,12 | --- | --- | --- | --- | --- | --- | 33,00 | 7,10 | --- | --- | --- | 35,00 | --- | --- | --- | --- | --- | 43,00 | 43,00 |
| 16 | Acueducto de El Vigía | Río Cacicque | 21 | 180,9 | 90,43 | 16 | 0,5 | 1 | 54 | 1,9 | --- | 66 | 8,12 | 0,53 | 0,07 | 0,04 | 62 | 7 | 0,005 | 1 | 21,60 | --- | 24.000,00 | 24.000,00 |
| | | Río Caña Brava o Quebradón | 21 | 189,3 | 94,65 | 21 | 0,6 | 1 | 66 | 3,4 | --- | 86 | 8,17 | 0,81 | 0,16 | 0,13 | 80 | 8 | 0,009 | 1 | 26,40 | --- | 24.000,00 | 24.000,00 |
| | | Quebrada La Roncona | 21 | 143,5 | 71,8 | 12 | 0,2 | 1 | 48 | 1,46 | --- | 60 | 8,05 | 0,21 | 0,02 | 0,03 | 54 | 7 | 0,003 | 1 | 19,20 | --- | 4.600,00 | 4.600,00 |
| 17 | Acueducto Mucujepe | Quebrada La Blanca | 22 | 130,2 | 64,38 | --- | --- | --- | --- | --- | --- | 61 | 8,14 | --- | --- | --- | 56 | 7 | --- | --- | --- | --- | 11.000 | 11.000 |
| 18 | Acueducto de Santa Elena de Arenales | Río Limones | 22 | 102,8 | | | | | 48 | | | 55 | 8,19 | | | | 48 | | | | | | 24000 | 24000 |
| 19 | Acueducto de Los Caños | Quebrada El Merdeño | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 11000 | 11000 |
| 20 | Acueducto de La Azulita | Quebrada Guerrero | 21 | 108,2 | 54,1 | | | | 56 | | | 57 | 7,53 | | | 7,53 | | | | | | | 1500 | 1500 |
| | | Río Capaz | 21 | 93,8 | 46,91 | | | | 61,86 | | | 50 | 7,2 | | | 7,2 | | 40 | | | | | | 4600 |
| 21 | Acueducto de Tucaní | Río Tucaní | 22 | 68,2 | 34,12 | | | | 8 | | | 25 | 7,26 | | | 7,26 | 8 | | | | | | 11000 | 11000 |

Fuente: Datos registrados hasta el año 2014 suministrados por Dpto. de Producción de Aguas de Mérida por Subgerencia Operativa

ANEXO 5.C

Síntesis de aspectos relevantes de la investigación realizada en el marco de la tesis doctoral intitulada “Aproximación de las unidades ambientales y capacidad de acogida en la subcuenca del río Mucujún”

Fuente abastecedora de agua: Subcuenca del río Mucujún

Modelo territorial actual

Medio físico – natural

El área de estudio se encuentra ubicada en los Andes venezolanos del estado Mérida, denominado hidrográficamente como subcuenca del río Mucujún, delimitada por las coordenadas 8°36'06" lat. Norte 71°07'51" long. Este y 8°49'19" lat. Norte 70°59'14" lat. Este.

La sub-cuenca del río Mucujún, desde el punto de vista político –territorial, está ubicada en el municipio Libertador y pertenece a la parroquia Gonzalo Picón Febres al norte de la ciudad de Mérida, estado Mérida, Venezuela, comprende un área estimada en 19.450 hectáreas.

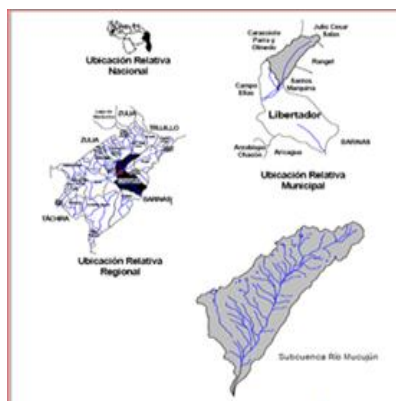


Imagen 6.18. Ubicación relativa subcuenca del río Mucujún.

Según el censo de población realizado por el Instituto Nacional de Estadística (INE) del año 2001 cuenta con una población de 5.463 habitantes y se registra un total 1.377 viviendas de las cuales 1.158 están ocupadas permanentemente. Esta población se encuentra distribuida en 15 sectores o centros poblados, que desde el punto de vista funcional presentan características rurales. Es importante, resaltar que la población viene creciendo exponencialmente, ya que existe registros que indica que para el año 1963, habitaban en la cuenca 1348 habitantes, 2200 habitantes para el año 1976 y 3145 para el año 1985.

La Subcuenca del río Mucujún, está caracterizada por rasgos físico – naturales asociados a cinco tipos de paisajes identificados en los sistemas ambientales venezolanos agrupados por características similares definidos por el clima, geología, geomorfología, vegetación y usos de la tierra, estas zonas son:



Zonas de paisaje de la subcuenca del río Mucujún.

| Zonas por Tipo de Paisaje Predominante | Ubicación |
|--|---|
| Páramo | Constituido por los páramos Los Leones, La Culata, El Escorial y Tucani. |
| Zonas de Transición | Esta franja está presente a ambas márgenes del río Mucujún entre los 2500 y 3400 m.s.n.m. |
| Montañas Medias | Está presente en la margen derecha del río Mucujún entre Mérida y la quebrada La Vergara, oscilando entre las altitudes de los 1800 – 2500 m.s.n.m. |
| Valle Alto Paramero | Esta comprendido entre los sectores quebrada La Vergara y La Culata. |
| Valle Alto Húmedo | Se encuentra entre la entrada de Mérida y la quebrada La Vergara. |

Fuente: Sistemas ambientales venezolanos, Regiones Naturales 7A-7B, volumen I,II,III,1983.

i. Clima

En toda la Subcuenca, el clima está influenciado por la confluencia de los vientos descendentes provenientes de la cuenca del río Mucujún y de los ascendentes que se trasladan a lo largo del cañón del río Chama (Camacho, 2010), además por las diferentes altitudes presentes, además de la precipitación y temperatura.

La temperatura esta notablemente influenciada por el relieve con promedio anual entre los 14 y los 9 grados centígrados, tomando en cuenta que la zona puede considerarse como isotérmica debido a que la diferencia térmica entre el mes más caliente y el mes más frío es menor a 5 grados centígrados (Ataroff *et al*, 2003), (Monsalve *et al*, 2005).

La precipitación promedio anual varía entre los 1000 y los 3000 m.m., sin meses secos pero con tendencia a contar con menor precipitación en los meses de enero, febrero, marzo y julio, alta nubosidad, alta humedad relativa y baja insolación todo el año.

De acuerdo al tipo de paisaje, el clima de la subcuenca se caracteriza de la siguiente manera:

Clima según zonas de paisaje de la subcuenca del río Mucujún.

| Zonas por tipo de paisaje predominante | Ubicación |
|--|---|
| Páramo | Clima paramero, asociación de húmedo, muy húmedo, pluvial montano, pluvial alpino, alpino y nival desde los 3600 a 4400 m.s.n.m. Temperatura media anual 1,5 - 11 °C, precipitación media anual de 900 a 1500 m.m. con 7 a 9 meses húmedos. En las zonas más altas se presentan escarchas nocturnas con frecuencia y temperaturas menores a 0 °C. |
| Zonas de Transición | Asociación de bosque húmedo y muy montano bajo, temperatura media que varía entre 6 y 18 °C, precipitación media anual entre 1000 y 1700 m.m., con 8 a 9 meses húmedos. |
| Montañas Medias | Predomina el bosque húmedo y muy montano bajo, temperatura media anual de 12 a 18 °C, precipitación media anual 1200 – 1700 m.m. con 6 a 9 meses húmedos. Entre los 2300 -2500 m.s.n.m. ocurren heladas nocturnas ocasionales. |
| Valle Alto Paramero | Predomina el bosque muy húmedo, temperatura media anual de 6 a 12 °C, precipitación media anual 1000 – 1700 m.m. con 9 meses húmedos. En esta zona ocurren heladas nocturnas. |
| Valle Alto Húmedo | Predomina el bosque húmedo montano bajo, temperatura media anual de 12 a 18 °C, precipitación media anual de 1200 a 1400 m.m. con 7 meses húmedos. |

Fuente: Florida (2004)

En la subcuenca del río Mucujún, debido a las variaciones de altitud y su influencia en las variables climáticas, en términos generales, existen los siguientes pisos climáticos:

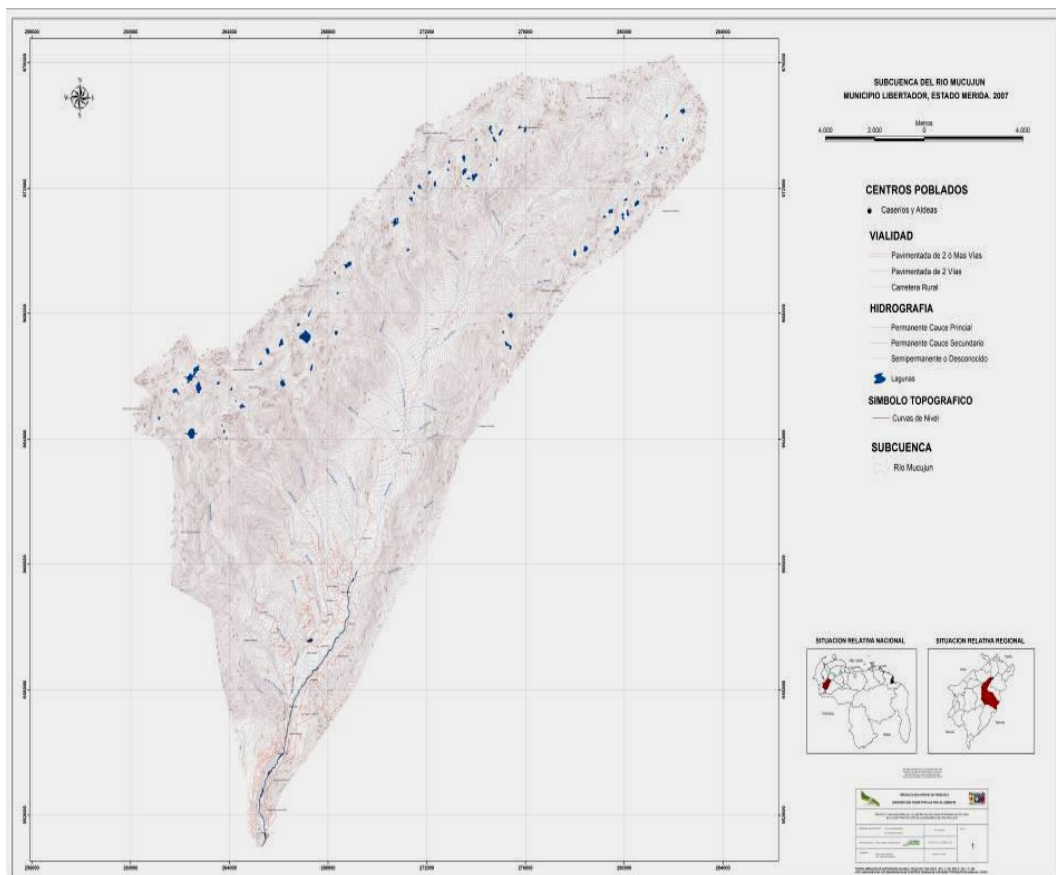
Pisos de la subcuenca del río Mucujún

| Piso Climático | Altitud (m.s.n.m.) | Denominación | Características Generales |
|--|--------------------|---------------------|---|
| Mesotérmico | Hasta 2400 | Bajo Mucujún | Presenta temperatura media de 18,8 °C, precipitaciones abundantes durante todo el año y la vegetación es de bosque pluvial. |
| Mesotérmico con inviernos secos | 2400 - 3100 | Alto Mucujún | Presenta temperatura media de 12,5 °C, las precipitaciones son menores, la radiación solar es más fuerte. |
| Paramero | 3000 – 3100 y más | Paramero | La temperatura media del mes más cálido, por debajo de 10 °C, durante la estación seca ocurren frecuentes heladas nocturnas y durante la lluviosa cae nieve algunas veces |

Fuente: Florida (2004)

ii. Hidrografía

El curso hídrico principal del área de estudio es el río Mucujún, el cual nace del escurrimiento de varias lagunas de origen glaciar en el páramo de la culata y de las aguas de escorrentía de la zona y tiene una longitud de cauce de 31 km con una pendiente media de cauce del 10%.



Fuente: Ministerio del Poder Popular para el Ambiente, (2007).

Hidrografía, subcuenca del río Mucujún.

Los afluentes principales del río son las quebradas Las Verdes, El Arado, La Torre, El Robo, La Boba y La Cuesta, siendo esta última el tributario más importante. Los principales Sistemas de Lagunas son de origen glaciar están ubicadas en la cuenca alta de

la qda. La Cuesta, La Vergara, y los Verdes y en la margen izquierda sobresale la quebrada Los Anillos hacia la parte alta (Ministerio de Ambiente, 1998).

El patrón de la red de drenaje es irregular, no definido, conformando una confluencia de varias quebradas tales como: La Caña, La Vergara, Agua la Lejía, La Carbonera, El Arado, El Robo, La Boba y otras que drenan al curso principal del río. Es el asiento de numerosos cursos de agua generan grandes caudales que satisfacen la demanda actual y futura para el consumo humano (Monsalve *et al*, 2005 citado por Contreras *et al*, 2009).

Por tanto, el río Mucujún, como colector principal de la zona, constituye la mayor fuente de abastecimiento de agua para uso doméstico y agropecuario. Se ha estimado en un 65-70% la proporción de agua que recibe, desde esta subcuenca a la ciudad de Mérida con un aproximado de 287.387 mil habitantes (Aguas de Mérida C.A., 2012).

iii. Geología

La subcuenca del río Mucujún cuenta con ocho (8) formaciones geológicas, las cuales se describen a continuación:

Geología, subcuenca del río Mucujún

| Era o periodo geológico | Formación | Litología predominante | Localización |
|-----------------------------------|--|---|---|
| Precámbrico | Grupo Iglesias | Gneis pigmática | En el norte de la vertiente derecha |
| Pérmico | Palmarito | Calizas negras y lutitas | En la vertiente derecha, aguas arriba del barrio San Benito |
| Cenozoico-Mioceno | Mucujún (Palma) | Areniscas, arcillas y lutitas grisáceas | Norte de la margen derecha, entre las quebradas El Palmar, La Cuesta y La Boba. |
| Cenozoico Paleoceno Eoceno | El Valle, Terciario inferior sin diferenciar | Areniscas y Lutitas | Entre las quebradas La Boba y La Vergara. |
| Cretáceo medio y superior | Colón y La Luna | Calizas grises, lutitas y areniscas | Entre la quebrada La Vergara y Pozo Hondo. |
| Post-cretáceo | Granito | Granodiorita del Carmen | Montañas medias al sur y sureste de la margen izquierda |
| Cuaternario | Aluviones recientes, morrenas y terrazas | Sedimentos de origen fluvio-torrencial pegmatitas, cuarzitas, material clástico, arcillas y lutitas | A todo lo largo del curso del río Mucujún y de sus principales afluentes |

Fuente: Cidiat (1985)

Y de acuerdo al tipo de paisaje en se ha sectorizado la subcuenca del río Mucujún, predominan las siguientes características relevantes:

Características geológicas por tipo de paisaje, subcuenca del río Mucujún

| Tipo de Paisaje | Geología |
|-------------------------------------|--|
| El Páramo | Está constituido por una formación de esquistos, gneis de grano grueso, asociación de ortogneises, gneis migmatitos con inyección de apilitas, se presentan algunos horizontes intrusivos de anfíbolitas, permeabilidad muy baja, máximo riesgo sísmico (Predomina la formación Sierra Nevada). |
| Zonas de Transición | En esta existe una asociación de esquistos, gneis de grano grueso y asociación de ortogneises (formación Sierra Nevada) y granito tipo granodiorita del Carmen muy Alterado, con permeabilidad baja y alto riesgo sísmico. |
| Montañas Medias | Esta unidad presenta dos variantes: 1. Constituidas por rocas sedimentarias originadas de material clástico principalmente arcillas y lutitas grisáceas, irregularmente interespecificadas con areniscas argiláceas, permeabilidad muy baja con alto riesgo sísmico. 2. La segunda variante lo constituye el cerro El Escorial, cuya litología se identifica con granitos del tipo Granodiorita del Carmen muy alterado, biotita con abundante cuarzo y biotita, permeabilidad baja y alto riesgo sísmico. |
| Valle Alto Húmedo - Paramero | A este lo componen sedimentos de textura variable de origen fluvio –torrencial y fluvio-coluvial, siendo predominante en el perfil detritus originados de gneis, con ocurrencia de pegmatitas y cuarcitas, además existen bloques de areniscas con una matriz arcillosa, permeabilidad media, alto riesgo sísmico. |

Fuente: Sistemas ambientales venezolanos, Regiones Naturales 7A-7B, volumen I, II, III, 1983.

iv. Geomorfología

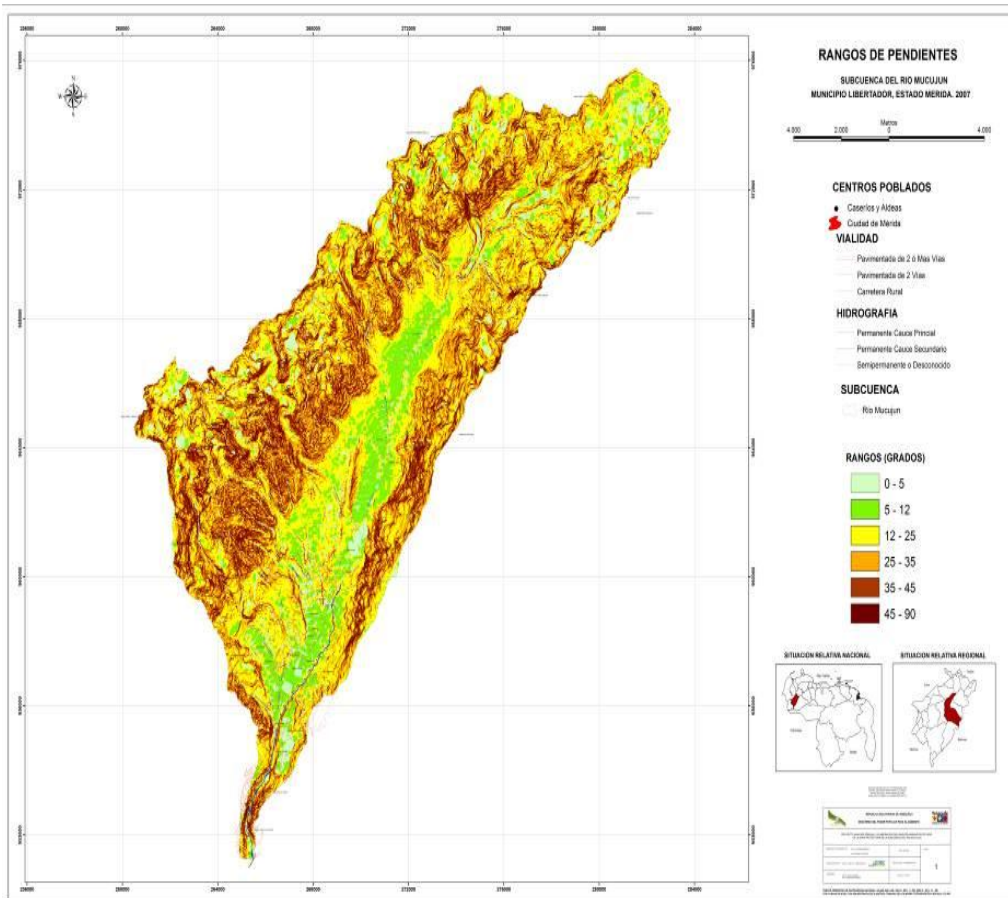
Las variedades litológicas presentes en el área, conjuntamente con los procesos geomorfológicos determinan grandes variaciones topográficas.

Este territorio intermontano está rodeado por subsistemas montañosos, cuyas faldas contribuyen por la acción fluvio-torrencial de diferentes edades del cuaternario conforman valles intramontanos y conos de deyección a formar el gran valle del Río Mucujún así como también los medios de abrasión de las montañas altas que conforman los páramos glaciares generan relieves abruptos.

Este valle tiene una orientación franco nor-este. Entre las cordilleras circundantes se reconoce el sistema de Los Leones, por su límite sur-oeste; este sistema se continúa con el del Páramo de Los Conejos, nor-este, que se fusiona en valles de más de 3.000 metros, con el sistema de La Culata, nor-este, y finalmente se continúa con el Filo El Escorial, en orientación sur-este.

La presencia de erosión hídrica a manera de escurrimiento moderado y difuso da como resultado la formación de cárcavas y cicatrices de desprendimiento. La combinación de estos factores da como resultado un relieve que varía de quebrado o accidentado, oscilando los valores de pendiente que van desde un 15% y más del 75% (Imagen 6.20), gran parte de esta fisiografía refleja la estructura de los andes venezolanos, y que

además se caracterizan geomorfológicamente por el modelado glacial por encima de los 3000 metros con circos, aristas, Till morrénico y valles en “U” y por modelado fluvio-glacial por debajo de ese nivel, evidenciado por terrazas fluvio-glaciales (Schubert, 1980).



Fuente: Ministerio del Poder Popular para el Ambiente, (2007)

Rango de pendientes, subcuenca del río Mucujún.

La zona está constituida por dos sistemas de relieve: una zona de alta vertiente, caracterizada por el modelo glacial del paisaje; y una zona de vertiente en la que se encuentran menores pendientes, valles más amplios, formas redondeadas y escasa influencia gla-

ciar en la conformación del paisaje (Monsalve *et al*, 2005) y según el tipo de paisaje presenta las siguientes características relevantes:

Relieve por tipo de paisaje, subcuenca del río Mucujún

| Tipo de paisaje | Características relevantes |
|-----------------------------------|---|
| El Páramo | Existen medios de ablación de montañas altas, abruptos, que conforman páramos glaciares. Cadenas sinclinales y anticlinales caracterizados por crestas en forma de riscos, circos glaciares y acumulaciones propias de la acción glaciar. |
| Zonas de Transición | Predomina la ablación de montañas medias y altas, abruptas, de estructura geológica compleja, asociado a relieves metamorfizados. |
| Montañas Medias | Medios de ablación de tipo de montañas medias abruptas, de estructura geológica compleja, asociados a relieves metamorfizados en forma de cadenas de monoclinales caracterizados por crestas muy inclinadas, cimas planas, cortes y escarpes de fallas. |
| Valle Alto Húmedo-Paramero | Está constituido por medios deposicionales originados por dinámica fluviotorrencial en edades diferentes del cuaternario, en forma de conos de deyección coalescentes alternándose con pequeñas extensiones de terrazas pleistocénicas. |

Fuente: Florida (2004)

Y Según Florida (2004), la geomorfología y el relieve se caracteriza de la siguiente manera:

Características geomorfológicas, subcuenca del río Mucujún

| Cuenca | Altitud (m.s.n.m.) | Características |
|--------------|--------------------|---|
| ALTA | 2900 – 4500 | Está conformada por una litología fundamentalmente cristalina (Granito, Gneis, esquistos y granodiorita) que ofrecen mayor resistencia a ser alterada. Existe predominio de escurrimiento superficial concentrado producto de la cobertura vegetal y las pendientes fuertes. Existen procesos glaciares como la gelifración que han dado como resultado un relieve accidentado, conformado por una alineación de altos picos, rocas aborregadas, estriadas, laminadas, fracturadas, y todo un sistema lagunar glaciar distribuidas cerca de la divisoria de aguas a lo largo de las vertientes. |
| MEDIA | 2300 -2900 | Está constituida por una litología de rocas sedimentarias (lutitas, areniscas, arcilitas predominantemente), que han favorecido la meteorización del material, dando origen aún relieve de colinas. El Escurrimiento superficial es más intenso, producto de las altas precipitaciones, disminución de pendientes, cobertura vegetal intervenida, lo que favorece a la activación de procesos erosivos y movimientos en masa. |
| BAJA | 1400 - 2300 | Esta zona se caracteriza por predominar materiales litológicos de fácil alteración provenientes de las formaciones geológicas Mucujún y el Valle, observándose condiciones de quiebres bruscos de pendientes, ocurrencia de precipitaciones altas, todos estos factores favorecen que la activación de movimientos en masa como soliflucción, reptación, terracetos y desprendimientos. |

v. Suelos

En cuanto a la edafología de la zona, es diversa debido a que afloran las formaciones geológicas descritas anteriormente, que aportan variada composición litológica y mineralógica, a nivel general se pueden describir los siguientes:

Suelos, subcuenca del río Mucujún

| Cuenca | Altitud (m.s.n.m.) | Litología característica | Suelos predominantes |
|--------|--------------------|--|--|
| ALTA | 2900 – 4500 | Está constituida por rocas (granito, gneis, esquistos y granodiorita) | Con pendientes de 30 a 50%, dominio de afloramientos rocosos. |
| MEDIA | 2300 -2900 | Rocas Sedimentarias (lutitas, areniscas, arcillas) | Una mezcla de entisoles con inceptisoles con pendientes de 20 a 40 % |
| BAJA | 1400 - 2300 | Presencia de Formación Mucujún y El Valle, de fácil alteración litológica. | Presencia de entisoles, con pendientes de 10 a 20%. |

vi. Vegetación

Con una vegetación que responde principalmente a las variaciones en gradiente termohídrico (Monasterio & Reyes, 1980).

Vegetación, subcuenca del río Mucujún

| Zonas por Tipo de Paisaje Predominante | Características |
|--|---|
| Páramo | Vegetación poco intervenida se alterna con superficies lagunares y afloramientos rocosos. |
| Zonas de Transición | Bosque siempre verde de mediano dosel y mediana densidad con gradación hacia matorral y vegetación propia del páramo |
| Montañas Medias | Alternancia de matorral siempre verde de mediano dosel y cobertura, con bosque siempre verde de mediano dosel y cobertura moderadamente intervenida, el cual tiende a desarrollarse en las zonas de mayor concentración de humedad. |
| Valle Alto Paramero | Asociación de matorral ralo y superficie bajo pastos y cultivos. |
| Valle Alto Húmedo | Pequeñas extensiones de bosques siempre verdes de mediano dosel y cobertura muy intervenido y ubicado a las márgenes del río |

En la subcuenca del río Mucujún se tienen identificados siete sistemas ecológicos en la cuenca del río Mucujún: Paramo, Selva nublada, Bosque secundario, Arbustal Paramero, Pastizales, Cultivos y Pinos (Contreras, 2010), y la vegetación en cada zona responde principalmente a las variaciones en gradiente termohídrico (Monasterio & Reyes, 1980). Es por ello que el área está caracterizada por la presencia de numerosas especies, a partir de los 3000 m.s.n.m. donde se encuentra gran variedad de frailejones (*Espeletia* sp.), el coloradito (*Polylepis sericea*).

En el caso especial del área denominada paramo, según estudio realizado por el Instituto Nacional de Parques (Inparques, 1994), cuenta con las siguientes características relevantes:

- **Desierto Periglacial Seco en rocas aborregadas, picachos y crestas:** No existe vegetación o es casi nula, sólo afloramientos rocosos ígneo-metamórficos pertenecientes a la formación Sierra Nevada.
- **Desierto en mantos de derrubios arenosos de solana sobre gneises y granitos:** En vista de que esta zona está sometida a una intensa y variada actividad climática, la vegetación que se puede encontrar es prácticamente nula, existiendo plantas tipo cojines densos achatados y en forma circular, entre los géneros más importantes *Azorella aciachnea* y se localizan en las zonas altas aproximadamente a los 4500 m.n.s.m (Monasterios, 1980).
- **Desierto en mantos de derrubios blocosos de umbría periglacial sobre gneises y granitos:** Existen refugios microclimáticos favorables al desarrollo de vegetación para algunas especies como el Coloradito (*Polylepis sericeae*) y rosetales, generalmente se localizan en zonas de umbría detrás de picachos o elevaciones ubicados a aproximadamente a los 4000 m.n.s.m.
- **Páramo Rosetal Arbustal de solana y umbría en valles glaciares:** Predomina la vegetación de pequeño porte tipo rosetal sobre complejos morrénicos.
- **Páramo Rosetal Pastizal de umbría y solana en Valles glaciares,** en la zona de umbría se presentan diversas especies de *Coespeletia*.
- **Bosquetes de *Polylepis sericeae*,** se localiza entre los 3700 y 4000 m.s.n.m. con una distribución discontinua, ocupando por lo general lugares que estén protegidos del viento tanto en solana o en umbría, tiene una cobertura de 30 a 70%, este bosque posee tres estratos, el primero entre 3 a 7 metros, el segundo entre 1 y 3 metros y el tercero es un estrato herbáceo y en algunas zonas existen colonizaciones de la especie *Espeletia spp.*

En el valle de la cuenca se establecieron plantaciones de especies exóticas como fresno (*Fraxinus americana*), pino ocarpa (*Pinus oocarpa*), ciprés (*Cupressus lusitanica*). También se encuentran los helechos del género (*Jamesonia*) y numerosos musgos, hepáticas, líquenes y hongos.

Las plantaciones forestales, de mayor relevancia se encuentran ubicadas en las micro cuencas, “El Robo” y “La Boba” que fueron establecidas en los años 1950 y abarcan una superficie aproximada de 115 ha (equivalentes al 7,5% de las dos microcuencas) y su composición se reparte principalmente entre tres especies exóticas *Fraxinus americana* L. (Fresno), *Pinus oocarpa* Schiede ex Schltdl. (Pino amarillo o Pino ocarpa) y *Cupressus lusitanica* Mill. (Ciprés) (Vilanova et al, 2009).

vii. Fauna

La fauna la conforma especies muy variadas algunas de ellas en franco peligro de extinción como el Cóndor de los Andes y el Oso Frontino; mamíferos como: el cachicamo, la locha, el cuchi-cuchi; reptiles y anfibios como el sapito niñera endémico de esta zona.

Medio Socio- Económico

Es una cuenca en cuyo territorio se encuentran recursos de variada índole, que presentan, para los que allí habitan y para sectores externos a la cuenca, opciones de desarrollo que van desde lo agrícola pecuario hasta el turístico y los complejos habitacionales.

i. Población

Desde el punto de vista político- administrativo la cuenca del río Mucujún pertenece al municipio Libertador y corresponde casi totalmente a la parroquia Gonzalo Picón Feres.

En los últimos 30 años, los primeros registros de asentamientos en la subcuenca del Mucujún aparecen a inicios de los años 1970 y a mediados de esa misma década se establecen los primeros asentamientos campesinos del Instituto Agrario Nacional (IAN), para ese tiempo la cuenca contaba con 224 viviendas y 1348 habitantes, caracterizándose por ser eminentemente rural (García, 1996).

Según Gavidia & León (2004) para 1990, se registró una cifra de 4590 habitantes, distribuidos en pequeños centros poblados como: El Playón, San Javier, El Arado, Monterrey, Camellones, Prado Verde, La Caña, Alto Viento y el Vallecito.

En el período 1963 – 1990, la población de la parroquia creció a una tasa anual del 8,9% pasando de 1.348 a 4.590 habitantes. Sin embargo, es importante hacer notar que la tasa de crecimiento en la década de 1990 – 2001 disminuyó a un 1,7%, debido posi-

blemente a las restricciones del reglamento de uso. Sin embargo, el Instituto Nacional de Estadística (INE), registro entre 1961 y el 2001 un incremento poblacional equivalente al 71,1% (1,78%/año).

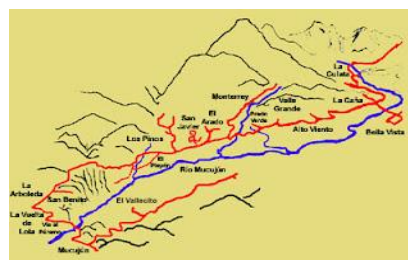
Para el año 2001 según el Instituto Nacional de Estadísticas (INE), el censo 2001, registra un total 1.377 viviendas de las cuales 1.158 están ocupadas permanentemente con una población de 5.463 habitantes. Esta población se encuentra distribuida en 15 sectores o centros poblados, que desde el punto de vista funcional presentan características rurales.

Actualmente, la organización social en la subcuenca está representada por un número aproximado de 25 Consejos Comunales con diferentes áreas de influencia dentro de la subcuenca, entre los cuales se encuentran: Alto de los Pinos, Alto Viento la Vergara, Bella Vista, El Arado A, El Arado B, El Pajonal – integral, El Palmar, El Playón, El Valle, El Vallecito Alto, La Caña, La Caña Alta, La Culata, La Mercedes de El Vallecito, Las Cuadras, Los Camellones, Los Pinos, Monterrey Alto, Monterrey Bajo, Monterrey Medio, Mucujún, Playón Alto, Prado Verde – La Carbonera y San Javier del Valle.

La educación, se imparte en nueve (9) centros escolares que cubren gran parte de la cuenca, incluyendo los niveles de preescolar, básica y media diversificada.

En el área de salud, existen cinco (5) ambulatorios médicos ubicados en El Playón, Prado Verde, La Culata, Monterrey y El Vallecito.

La cuenca cuenta con acueductos rurales, pozos sépticos, algunos tramos de colectores de aguas residuales en algunos sectores, vías de comunicación principales pavimentados y secundarias de carácter agrícola, toda la cuenca tiene servicio de electricidad, transporte público, servicio de aseo urbano domiciliario y gran parte tiene servicio telefónico.



Las actividades establecidas en la subcuenca del río Mucujún, según Cabeza (2007), se expresan de la siguiente manera:

- **La Agricultura, sistemas ecológicos implantados o agro ecosistemas.** Este es un valle de larga tradición agrícola, donde la agricultura se ha expresado bajo muy diversas formas: desde una agricultura tradicional, fundamentada en la gran propiedad y la agricultura tradicional campesina, las agriculturas derivadas de la afecta-

ción de tierras por la Reforma Agraria y la modernización de la actividad mediante la introducción de cultivos de alta rentabilidad como las fresas y las flores, hasta la ganadería lechera semi-intensiva de altura. El paisaje denota esta relación, que podríamos llamar positiva, en la medida en que los usos de la tierra reproducen sistemas biológico-ecológicos equivalentes a los naturales, sin embargo, en la zona se han implementado la agricultura tecnificada y el uso indiscriminado de agroquímicos, que rompe con la armonía del paisaje. Para el año 1998, esta actividad ocupa 1600 hectáreas y los rubros predominantes: papa, zanahoria, hortalizas, repollo, mora, y flores (claveles) y al 2012 estas actividades están siendo desplazadas por la construcción de viviendas para ser utilizadas para el disfrute de fines de semanas y periodos vacacionales.

- **Actividad pecuaria.** Esta actividad se basa en torno a la ganadería de altura, sistema que se caracteriza por el uso intensivo de la tierra con la introducción de pasto kikuyo y la misma se desarrolla en toda la cuenca y con mayor intensidad en los sectores La Culata, La Caña., Alto Viento, Monterrey, El Playón, Prado Verde y El Vallecito. Esta ha disminuido notablemente en la zona, y se han eliminado cuatro (4) fincas ganaderas para convertirlas en desarrollos turísticos, actualmente sólo hay tres (3) fincas dedicadas a la cría de ganado bovino para la producción de leche y caballar con un tipo de manejo intensivos y extensivos con la existencia de pastos introducidos.
- **Actividades truchícolas.** Existe una truchicultura con una producción de 7451 kg/año para 1998 que se mantiene hasta la presente fecha con el asesoramiento del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA).
- **Actividad forestal.** En la subcuenca predominan especies como: *Alnus jorulensis* (Aliso), *Salix humboldtiana* (Sauce), *Fraxinus americana* (Fresno), *Clusia roseae* (Copey) y *Psidium caudatum* (Cinaro). Las mismas son utilizadas para obtener leña y estantillos, ya que la explotación comercial no está permitida en la zona, sin embargo, se evidencian que se realiza de forma ilegal.
- **Actividad industrial.** Según estudio realizado por Molina et al (2009), para el establecimiento de esta actividad fueron deforestadas aproximadamente 2,44 hectáreas en 1952 para establecer el uso del suelo de carácter minero extractivo, para utilizar la arcilla en la elaboración artesanal de materiales de construcción como el bloque y el ladrillo. Esta actividad en el año 2004 logro ocupar 6,81 hectáreas, que representa el 0,035% de la superficie total de la Subcuenca.
- **Recursos arquitectónicos.** En la zona existe infraestructura de valor estético y cultural por el estilo arquitectónico, y con mayor relevancia se destaca La Capilla

de Alto Viento, Iglesia Nuestra Señora de las Mercedes y San Javier del Valle (Complejo Educativo Religioso y Turístico) este último ocupa un área aproximada de 25,40 hectáreas, lo que representa un 0,13% de la superficie de la subcuenca.

- **Recursos turísticos.** La zona de estudio cuenta con un alto potencial turísticos debido al paisaje y clima predominante, entre ellos se destaca:
 - **Río Mucujún.** Principal fuente abastecedora de agua para la ciudad de Mérida, capital del estado, caracterizado por ser un torrente de aguas cristalinas con remansos y rápidos desde sus nacientes.
 - **El Valle del Mucujún.** De gran valor escénico, con condiciones de clima y vegetación característicos de los valles altos intramontanos, sin embargo, la intervención antrópica acelerada y sin planificación, ha venido provocando una degradación del valor paisajístico y escénico del valle.
 - **Páramo La Culata y sistema de lagunas.** Presenta paisajes únicos típicos de valles y circos glaciares, que son únicos a nivel nacional lo que favorece al Ecoturismo e interés científico.
 - **Infraestructura turística.** Existen cinco (5) Hoteles y más de diez (10) posadas turísticas, aparte de la gran cantidad de viviendas con alquiler de habitaciones.
 - **Artesanía.** Se ha incrementado la preparación de dulces caseros, vinos y tejidos, que se comercializan en locales ubicados a las márgenes de la vía principal.
 - **Rutas de Excursionismo –Ecoturismo.** Por encontrarse en el Parque Nacional Sierra La Culata existen caminos o senderos rudimentarios desde la época prehispánica, que permiten comunicar a centros poblados y tienen un alto valor histórico ya que se utilizaban para intercambios de mercancías entre los pobladores. Los caminos reales más conocidos son aquellos dirigidos a:
 - ✓ La zona Sur del Lago: Santa Apolonia, El Charal.
 - ✓ La Cuenca del Chama: Mucuchies, La Toma, San Rafael de Mucuchies, Mucuruba y ciudad de Mérida.
 - ✓ Al Páramo de Los Conejos, Lagunillas y Capazón.

En cuanto a las rutas de excursionismo, el Instituto Nacional de Parques (INPARQUES), cuenta con estudio elaborado por Kauman en 1989 referido a los

caminos de los indios o Caminos reales que hoy en día se continúan utilizando para el turismo de contemplación y científico en el Parque Nacional Sierra de la Culata, los caminos más utilizados son los siguientes:

Rutas de excursionismo de la subcuenca del río Mucujún.

| Caminos | Tipo de ruta | Observaciones |
|---|--|--|
| El Valle – Cabaña Los Curas | Nº 1. Muy Utilizado con un tiempo de recorrido de 2 a 3 horas. | Camino de mediana dificultad, ancho y va paralelo a la Quebrada El Arado hasta el sitio conocido como Cabaña Los curas, el camino se pierde en el páramo en la Divisoria de Agua. Ruta fácilmente visible. |
| Mérida – La Culata (ruta que conduce a el Refugio Barro Negro, Pico Pan de Azúcar y divisoria de agua con río Chama, Torondoy y Tucani) | | De mediana dificultad, corre paralelo al río Mucujún, es el camino más transitado, ruta fácilmente visible, a partir de los Chorros se comienza a dificultar el camino, este camino llega hasta la divisoria de agua del Mucujún bifurcándose hacia otras direcciones. |
| Mérida- El Playón – Los Leones | Nº 3. Poco utilizado con un tiempo de recorrido promedio de 8 horas. | De Alta dificultad y regular visibilidad, corre paralelo a la Quebrada La Cuesta, este camino conduce hacia la zona Sur del Lago. |
| Las Mercedes-El Escorial | | Camino de alta dificultad y regular visibilidad, poco usado que recorre el filo El Escorial hasta el Páramo. |
| Tabay – El Escorial | | El camino es poco visible y de alta dificultad, recorre el Filo El Escorial. |
| La Toma – La Culata | Nº 1. Muy Utilizado con un tiempo de recorrido de 2 a 3 horas. | De alta dificultad y sube por la Quebrada La Toma pasando por el Páramo El Banco, el camino se puede distinguir. |
| | Nº 3. Poco utilizado con un tiempo de recorrido promedio de 8 horas. | De muy alta dificultad no trazados que conduce hasta el Páramo Tucani, sigue la ruta para ir a Llano Ruzio, luego corre paralelo al río Tucani. |

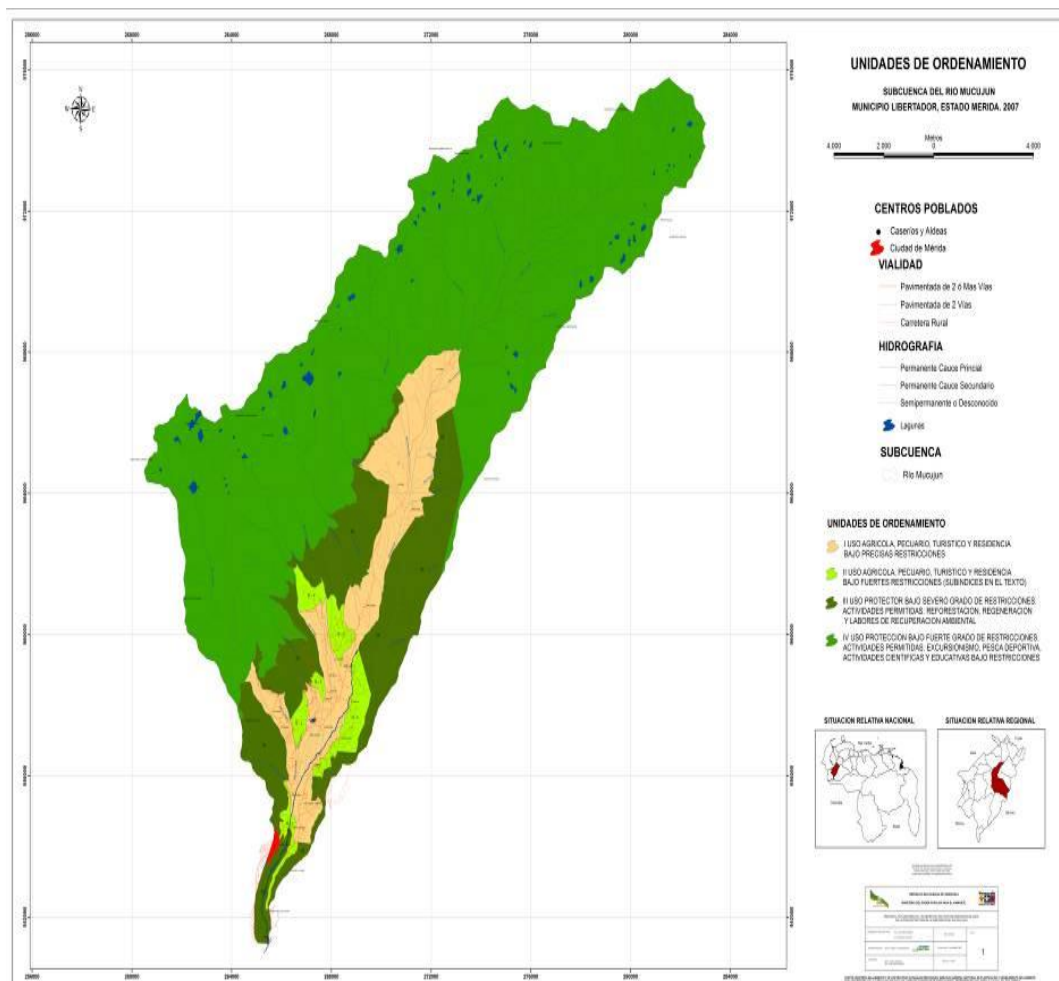
Fuente: Instituto Nacional de Parques, (1994)

Marco legal de la fuente abastecedora de agua

A nivel local el área de la subcuenca de acuerdo a la Resolución No. 773 del 14/8/1985 y publicada en la Gaceta Oficial 33.285 de la misma fecha, fue declarada como Zona Protectora (ZP) dentro del sistema nacional de Áreas Bajo Régimen de Administración Especial (ABRAE) por su importancia como abastecedora de agua para la ciudad de Mérida y por la potencialidad de utilización de los recursos en la cuenca misma y aguas abajo de manera de hacerlo compatible con la preservación de su calidad ambiental y conforme a las capacidades y limitaciones de los recursos naturales presentes en ella. Posteriormente, en el Decreto N° 1.264 (10/09/86), publicado en Gaceta Oficial N° 3.922, de fecha 13/10/86, se establecen las bases del reglamento de uso de la Zona Protectora. Actualmente el Ministerio del Poder Popular para el Ambiente, mantiene activo un proceso de discusión con las comunidades e instituciones referida a las bases para un nuevo reglamento que permitiría una actualización de la situación del uso de la tierra dentro de la subcuenca.

En el año 1989, a propósito de la subcuenca del río Mucujún, se consideró que la protección integral del paisaje natural y cultural tradicional de Los Andes era fundamental para el desarrollo armonioso y sostenido de la industria turística local y nacional. Adicionalmente, como en la zona existen formaciones vegetales, procesos ecológicos, especies biológicas y rasgos físicos únicos se hacía urgente la interconexión física de las distintas unidades del sistema cordillerano de áreas naturales protegidas.

En consecuencia, se creó el Parque Nacional Sierra de La Culata según decreto N° 640 del 7 de diciembre de 1989, posteriormente publicado en la Gaceta Oficial N° 34.439 del 29 de marzo de 1990. En este sentido, cinco años después, mediante el decreto N° 670 del 10 de mayo de 1995 y publicado en la Gaceta Oficial 4907 (Extraordinaria) del 26 de mayo de 1995 se establecieron las bases para el Plan de Ordenamiento y Reglamento de Uso de dicha área protegida, con una superficie total de aproximadamente 200.400 ha (Rincón et al., 2007). De acuerdo a la normativa legal vigente en el área de estudio se tiene las siguientes unidades de ordenamiento de la sub-cuenca del río Mucujún que abarca una superficie de 19.450 hectáreas.



Fuente: Ministerio del Poder Popular para el Ambiente (2007).

Unidades de ordenamiento de la subcuena del rio Mucujún

En atención a la dinámica territorial y su relación con la calidad de agua cruda aguas arriba de la captación del sistema de acueducto urbano de Mérida, y siendo esta la principal fuente abastecedora de agua de la ciudad de Mérida la que se está viendo afectada y por ende compromete el suministro de agua potable a la población merideña, se consideró pertinente profundizar el análisis de esta dinámica territorial, ya que el crecimiento acelerado de los centros poblados de manera desequilibrada, en el que en muchos casos no se respeta el sistema ambiental territorial para el establecimiento de los usos del suelo, está desencadenando problemas ambientales de contaminación del agua

que afecta a corto, mediano y largo plazo el buen vivir de las comunidades usuarias y beneficiarias del recurso hídrico.

Situación que se presenta, y obliga a realizar una retrospectiva al pasado, donde la vocación hídrica de la cuenca del Mucujún fue internalizada por los aborígenes al desarrollar prácticas agrícolas y usos de la cuenca acorde a principios de preservación del ambiente, con la presencia de los colonos españoles en lo que ellos mismos denominaron andes, la protección legal de la cuenca se hizo según la cultura jurídica de la corona hispana. **En un trabajo sobre la degradación de la subcuenca del Mucujún, los autores Urosa & Mata citan a Durgarte para advertir que en 1680 el Cabildo merideño se reservó la propiedad de los bosques de la cuenca del Mucujún para garantizar agua de consumo y regadío. Este recuento breve nos indica la importancia vital que la cuenca del Mucujún tuvo para indígenas y conquistadores.**

A partir de esa época la cuenca del río Mucujún mantuvo sus características rurales hasta los tiempos recientes, los intensivos desarrollos agrícolas, pecuarios y turísticos comenzaron a finales de la década de los 60 del siglo pasado. La vocación agrícola de estas tierras fue transformada en porcina y vacuna en virtud del alto riesgo que representa la existencia de grandes desarrollos agrícolas por el masivo uso de plaguicidas, herbicidas y fertilizantes de origen químico.

Esta cuenca posee una legislación especial ya que ésta constituye la fuente primordial de agua potable para la ciudad de Mérida.

Hoy día, la morfología del territorio, es la expresión de las actividades socioeconómicas, es el producto de una serie de cambios y transformaciones que se han venido manifestando a lo largo de su evolución geo-física e histórica y que han determinado las expresiones actuales de la subcuenca del río Mucujún, por tanto es indispensable analizar el territorio, establecer criterios de sostenibilidad para la planificación del desarrollo y ordenamiento territorial de la zona.

Por tanto, con este estudio se pretende analizar diversas investigaciones que datan de más de 40 años de estudios de línea base, para dar una aproximación de las Unidades Ambientales y capacidad de acogida del territorio como ejercicio de planificación territorial en la sub-cuenca del río Mucujún.

Modelo territorial y unidades ambientales

El modelo territorial de la subcuenca del río Mucujún se generó a partir de la interpretación de la caracterización del sistema ambiental, es decir, a partir del análisis e integración del medio físico –natural, social y económico; y la información se sistematizó en unidades ambientales y los aspectos críticos que los afectan, para los fines de este estudio, se entenderá como Unidad Ambiental, la expresión de los elementos del terri-

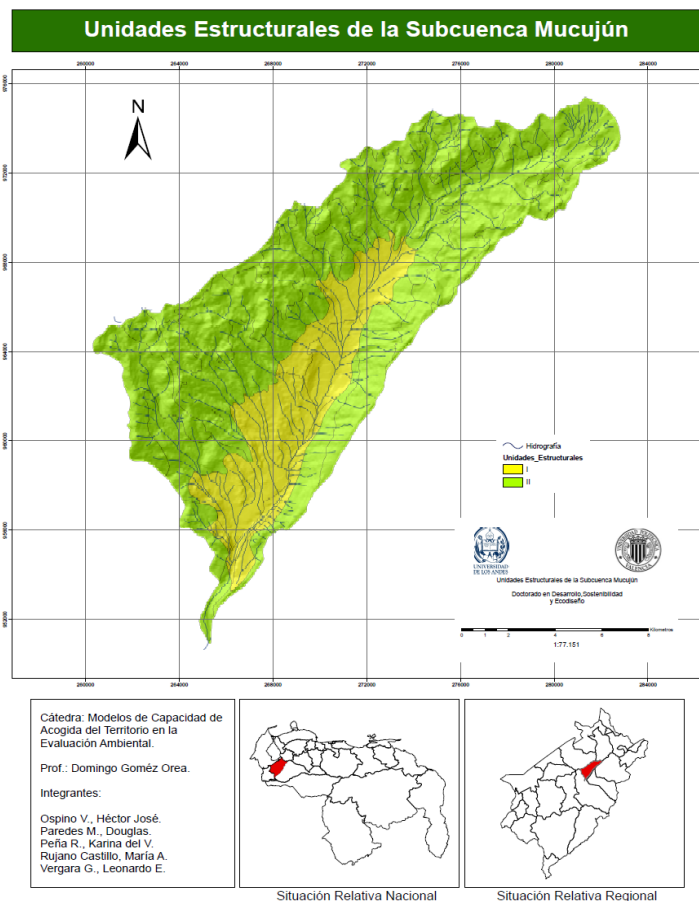
torio en términos operativos para la gestión y planificación ambiental, cada unidad se considerará como un subsistema territorial con características homogéneas con potencialidades y limitaciones del uso del suelo, esto permitirá visualizar el desarrollo con sostenibilidad.

En este sentido, en el presente estudio partió de considerar lo siguiente:

Delimitar una primera aproximación de unidades ambientales estructurales partiendo de la topografía del área de estudio (según porcentajes de pendientes). Aplicando este criterio de análisis se determinaron dos (2) grandes Unidades Estructurales, y se denominaron:

a. **Unidad Ambiental de Fondo de Valle**, caracterizada por un rango de pendientes que oscila entre 12 y 50 %.

b. **Unidad Ambiental Vertientes**, caracterizada por un rango de pendientes que oscila entre 50 y mayor a 60 %.



Unidades estructurales de la subcuenca del río Mucujún

2. A partir de las dos grandes unidades estructurales que forma la subcuenca del río Mucujún, se consideró importante delimitar las unidades ambientales con mayor especificidad, para ello se realizó superposición de información temática de carácter documental, imágenes satelitales y cartografía existente del área de estudio (Zonas de Vida, Geomorfología, Vegetación y Uso Actual del suelo), sobre imágenes de satélite y luego fueron validadas en el terreno atendiendo a criterios ecológicos, científico-cultural, paisajísticos, funcionales, productivos.

Con la aplicación de este método y enfoque se definieron y delimitaron diecisiete (17) Unidades Ambientales Homogéneas (UAHs), en cuanto a sus elementos y factores ambientales.

Unidades Ambientales identificadas en la subcuenca del río Mucujún, parroquia Gonzalo Picón Febres del municipio Libertador del estado Mérida. Año 2012

| Criterio | Número de Unidades Ambientales | Hectáreas | % |
|-----------------------------------|---------------------------------------|------------------|----------|
| Ecológico –Productivo, Científico | 03 | 3186,06 | 16,38 |
| Ecológico | 04 | 3597,91 | 18,50 |
| Ecológico –Productivo | 01 | 1104,70 | 5,68 |
| Ecológico – Científico | 02 | 4621,44 | 23,76 |
| Funcional-Productivo | 02 | 1991,30 | 10,24 |
| Ecológico –Funcional | 01 | 1008,86 | 5,19 |
| Funcional | 04 | 3939,72 | 20,25 |
| Total | 17 | 19.450 | |

Es importante resaltar, que el análisis documental y de campo, permitió caracterizar cada una de las unidades ambientales existentes en la Sub-Cuenca del Río Mucujún de acuerdo a las potencialidades y limitaciones del territorio desde el punto de vista físico-natural y socio-económico-cultural que lo caracterizan y contribuyen al desarrollo local con criterios de sostenibilidad, predominando el criterio Ecológico –Productivo, Científico en un 64,32% de la superficie del territorio en estudio y 35,68 % del territorio predomina el criterio Funcional –Ecológico -Productivo.

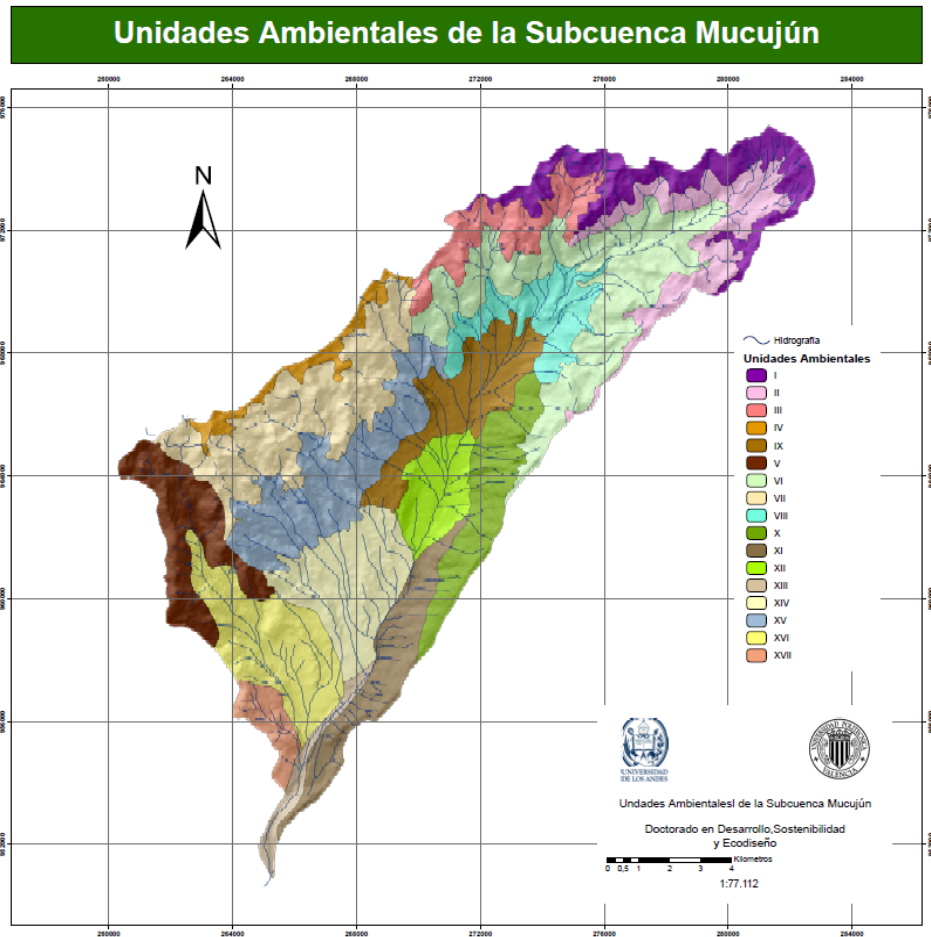
A continuación se presenta lista y fichas de las unidades ambientales identificadas en la sub-cuenca del río Mucujún:

Desarrollo de una metodología para la evaluación del desempeño y la sostenibilidad ambiental en la gestión del agua potable. **Caso de Estudio:** Aguas de Mérida C.A. (Venezuela)

Lista de unidades ambientales identificadas en la subcuenca del río Mucujún, parroquia Gonzalo Picón Febres del municipio Libertador del estado Mérida. Año 2012.

| Código Unidad Ambiental | Denominación | Criterio | Hectáreas (Ha) |
|-------------------------|---|------------------------------------|----------------|
| I | Páramo Desértico con tendencia a nevadas y temperaturas medias anuales menores a 1,5°C, con pendientes escarpadas asociado a fondos de valle con sistema de Humedales dentro del Parque Nacional Sierra de la Culata. | Ecológico - Productivo, Científico | 1263,75 |
| II | Páramo muy Húmedo y heladas frecuentes con predominancia de Frailejón rey, herbazales, arbustos de pequeño porte en forma de almohadillas y rosetas, en terrenos con pendientes pronunciadas y fondos de valle con sistema de humedales dentro del Parque Nacional Sierra de la Culata. | Ecológico - Productivo, Científico | 1102,20 |
| III | Páramo con predominancia de Humedales dentro del Parque Nacional Sierra de la Culata. | Ecológico - Productivo, Científico | 820,11 |
| IV | Afloramientos rocosos con pendientes superiores al 60% dentro del Parque Nacional Sierra de la Culata. | Ecológico | 358,39 |
| V | Sistema de Humedal La Cuesta dentro del Parque Nacional Sierra de la Culata. | Ecológico -Productivo | 1104,70 |
| VI | Alto Páramo muy húmedo | Ecológico - Científico | 2515,48 |
| VII | Páramo con densa coberturas de gramíneas con alturas hasta 0,5 m asociado a presencia de ejemplares de Frailejón de la Especie <i>Espeletia schultzi</i> y frecuentes escarchas nocturnas dentro del Parque Nacional Sierra de la Culata. | Ecológico - Científico | 2105,96 |
| VIII | Matorral Paramero muy húmedo medianamente denso a denso | Funcional-Productivo | 882,82 |
| IX | Bosque muy húmedo montano bajo intervenido en vertiente derecha con pendientes que oscilan entre 12 y 40% con predominancia de cultivos de papas, zanahoria rodeados de cercas vivas, setos de plantaciones de pinos y viviendas aisladas dentro de la zona protectora del Río Mucujún. | Funcional-Productivo | 1108,48 |
| X | Bosque Alto denso en terreno abrupto con pendientes mayores al 50% en vertiente izquierda dentro del Parque Nacional Sierra de la Culata. | Ecológico | 1031,16 |
| XI | Bosque Húmedo Montano Bajo Intervenido presente en terrazas y colinas del Vallecito (vertiente izquierda) bordeada en la parte baja por bosque ripario a las márgenes del río Mucujún dentro la Zona Protectora del Río Mucujún. | Ecológico -funcional | 1008,86 |
| XII | Pastizales arbolados con segmentos de bosque ripario asociados a ganadería extensiva y cultivos de papa en Fondo de Valle dentro la Zona Protectora del Río Mucujún del río Mucujún. | Funcional | 684,67 |
| XIII | Valle encajonado con taludes de fuertes pendientes con presencia de bosque ripario y herbazales. | Ecológico | 489,80 |
| XIV | Bosque Húmedo Montano bajo altamente intervenido sobre abanicos aluviales de las Quebradas La Caña, La Vergara, La Carbonera, El Arado, El Robo, con dominancia de centros poblados de baja a alta densidad asociados a actividades agropecuarias y turísticas dentro la Zona Protectora del Río Mucujún. | Funcional | 1371,88 |
| XV | Bosque Húmedo Montano Bajo sobre Montañas de la Vertiente derecha con pendientes superiores al 30% dentro del Parque Nacional Sierra de la Culata.. | Ecológico | 1718,56 |
| XVI | Fondo de Valle Qda. La Cuesta y la Boba con viviendas aisladas en la parte alta y en la parte bajo centro poblado de alta densidad asociada a actividades agropecuarias, turísticas y de extracción de mineral no metálico de carácter intensivo dentro la Zona Protectora del Río Mucujún. | Funcional | 1486,37 |
| XVII | Zonas inestables de topografía abrupta El Peñón, asociadas a pastizales, matorrales y plantaciones. | Funcional | 396,80 |










Fuente: Elaboración propia.







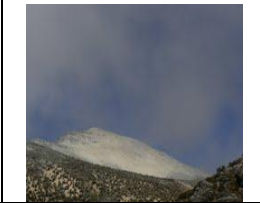




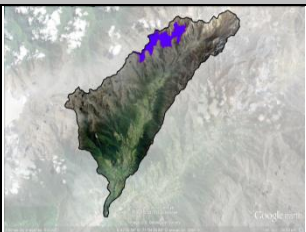





| | | |
|---|------------------------------------|------------------------------------|
| <p>Cátedra: Modelos de Capacidad de Acogida del Territorio en la Evaluación Ambiental.</p> <p>Prof.: Domingo Gómez Orea.</p> <p>Integrantes:</p> <p>Ospino V., Héctor José. Paredes M., Douglas. Peña R., Karina del V. Rujano Castillo, María A. Vergara G., Leonardo E.</p> | <p>Situación Relativa Nacional</p> | <p>Situación Relativa Regional</p> |
|---|------------------------------------|------------------------------------|

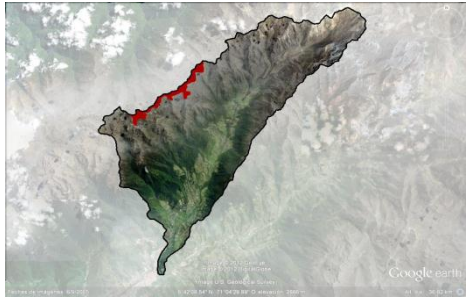


Unidades ambientales de la subcuenca del río Mucujún

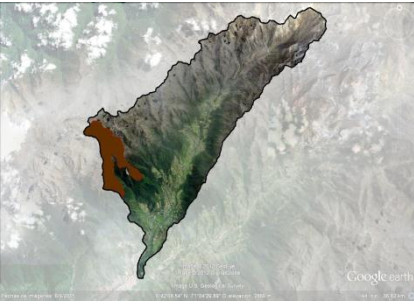
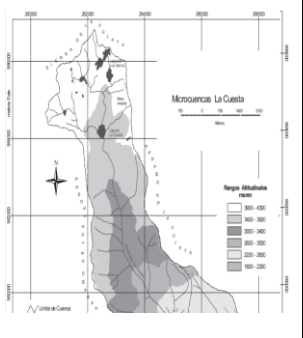
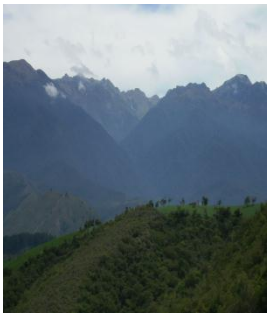

Las fichas descriptivas de cada una de las unidades ambientales identificadas, se presentan a continuación:

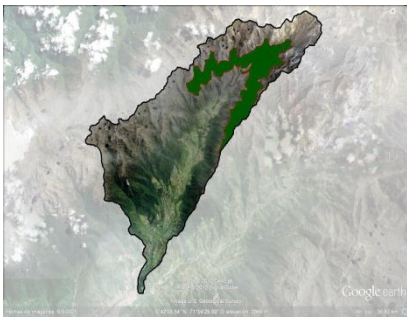

| | | | |
|---|--|--|---|
| UAM- I | Páramo desértico con tendencia a nevadas y temperaturas medias anuales menores a 1.5°C, pendientes escarpadas, asociada a fondos de valle con Sistema de Humedales dentro del Parque Nacional Sierra de la Culata. | | |
| Localización, delimitación y superficie | | | |
| <p>Se encuentra entre 4.175 y 4.500 m.s.n.m., con una superficie de 1.263,75 hectáreas que corresponde al 6 % del área de estudio. Está localizada en la parte superior de la cuenca en las nacientes del Río Mucujún.</p> | |  | |
| <p>Breve Descripción: El modelado glacial y El ecosistema relevante es el Desierto Periglacial, Paramo con tendencia a nevadas y presencia de humedales.</p> | | | |
| Factores ambientales | | | |
| Geología y Geomorfología | Fosa tectónica rodeada de cadenas montañosas plegadas con una dinámica glaci-ar-fluvial. Complejo de morrenas con afloramientos rocosos compuestos por granito, gneis, esquistos y granodiorita derivados del proceso tectónico de elevación de la cordillera andina de Mérida. Pendientes entre 30 a 50%. | | |
| Suelos | Se formaron hace dos mil millones de años aproximadamente y en general son una mezcla de arcilla, arena y cantos depositados por la acción glacial. Predominancia de afloramientos rocosos. | | |
| Vegetación | Especies vegetales endémicos como el Frailejón (<i>Coespeletia spp</i>), herbazales y existiendo plantas tipo cojines densos achatados y en forma circular, entre los géneros más importantes Azorella aciachnea. | | |
| Fauna | Conejo de Paramo | | |
| Paisaje | Alto potencial de vistas. Zonas de calidad y fragilidad paisajística muy alta. | | |
| Usos del Suelo | Excursionismo, ecoturismo e interés científico. | | |
| Sobrecargas o aspectos críticos | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> ✓ Vulnerabilidad a la contaminación del agua y afectación de ecosistema ✓ Punto de interés geológico, geomorfológico: Modelado glacial. ✓ Punto de interés climático: Ocurrencia de Nevadas | | | |
| Imágenes de la unidad | | | |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |



| | | | |
|--|--|--|---|
| UAM-II | Páramo muy Húmedo y heladas frecuentes con predominancia de Frailejón rey, herbazales, arbustos de pequeño porte en forma de almohadillas y rosetas, en terrenos con pendientes pronunciadas y fondos de valle con sistema de humedales dentro del Parque Nacional Sierra de la Culata. | | |
| Localización, delimitación y superficie | | | |
| Se encuentra entre 3800 y 4375 m.s.n.m., con una superficie de 1102,20 hectáreas que corresponde al 5,66 % del área de estudio. Está localizada en la parte superior de la cuenca en las nacientes del río Mucujún. | |  | |
| Breve descripción: Páramo muy Húmedo y heladas frecuentes, con ecosistemas típicos de la Tundra Pluvial andina. Es uno de los complejos morrénicos más extraordinarios por su longitud y belleza de todo los Andes Venezolanos, además de los valles glaciales en forma de u. | | | |
| Factores ambientales | | | |
| Geología y Geomorfología | Modelado glacial, morrenas con valles en forma de U. | | |
| Suelos | Se formaron hace dos mil millones de años aproximadamente y en general son una mezcla de arcilla, arena y cantos depositados por la acción glacial. | | |
| Vegetación | La vegetación es transitoria entre el páramo rosetal y las formas periglaciales. La tundra pluvial andina está compuesta por una escasa cobertura de gramíneas y existen especies: Coloradito (<i>Polylepis sericeae</i>), Frailejón (<i>Coespeletia spp</i>), herbazales y plantas en forma de rosetas. | | |
| Fauna | Conejo de Paramo, más de 400 especies de aves y más de 60 especies de mamíferos. | | |
| Paisaje | Alto potencial de vistas. Zonas de calidad y fragilidad paisajística muy alta. | | |
| Usos del Suelo | Excursionismo, ecoturismo e interés científico. | | |
| Sobrecargas o aspectos críticos | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> ✓ Vulnerabilidad a la contaminación del agua. ✓ Punto de interés geológico, geomorfológico: Modelado glacial. ✓ Punto de interés climático: Ocurrencia de Nevadas. ✓ Vulnerabilidad a la extracción de especies vegetales por su rareza y únicas. | | | |
| Imágenes de la unidad | | | |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |

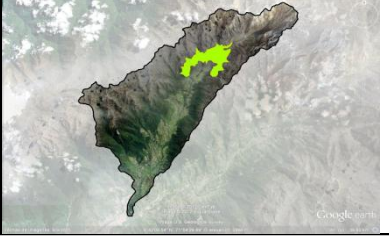
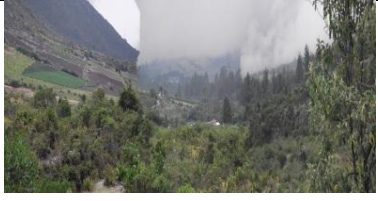






| UAM- III Páramo con predominancia de Humedales dentro del Parque Nacional Sierra de la Culata. | | |
|--|---|--|
| Localización, delimitación y superficie | | |
| <p>Está área se encuentra entre 3950 y 4300 msnm, con una superficie de 820,11 hectáreas que corresponde al 4,22% del área de estudio.</p> |  | |
| <p>Breve descripción: El páramo pluvial subandino es más lluvioso, presenta un promedio anual de precipitación que oscila entre 1000 y 1500 mm y se encuentra en lugares más expuestos cargados de humedad. Presenta un promedio anual de precipitación entre 900 y 1000 mm, así como frecuentes escarchas nocturnas. De excepcional paisaje el sistema de Humedales.</p> | | |
| Factores ambientales | | |
| Geología y Geomorfología | Afloramientos rocosos con pendientes de 30 a 50%, cuya litología está constituida por rocas (granito, gneis, esquistos y granodiorita). El sistema de relieve está caracterizado por el modelo glacial del paisaje. | |
| Suelos | Se formaron hace dos mil millones de años aproximadamente y en general son una mezcla de arcilla, arena y cantos depositados por la acción glacial. Con presencia de afloramientos rocosos. | |
| Vegetación | Páramo pluvial subandino compuesto por una escasa cobertura de gramíneas (0,5m de altura) con ejemplares de frailejón (<i>Espeletia shultzii</i>) | |
| Fauna | Conejo de Paramo, más de 400 especies de aves y más de 60 especies de mamíferos. | |
| Paisaje | Alto potencial de vistas. Zonas de calidad y fragilidad paisajística muy alta. | |
| Usos del Suelo | Excursionismo, ecoturismo e interés científico. | |
| Sobrecargas o aspectos críticos | | |
| <ul style="list-style-type: none"> ✓ Vulnerabilidad a la contaminación del agua. ✓ Punto de interés geológico, geomorfológico: Modelado glacial. ✓ Punto de interés climático: Ocurrencia de Nevadas. ✓ Vulnerabilidad a la extracción de especies vegetales por su rareza y únicas y la pesca deportiva. | | |
| Imágenes de la unidad | | |
|  |  |  |
|  |  | |





| UAM- IV Afloramientos rocosos con pendientes superiores al 60% dentro del Parque Nacional Sierra de la Culata. | |
|--|---|
| Localización, delimitación y superficie | |
| <p>Esta área se encuentra entre 3900 y 4200 msnm, con una superficie de 358,39 hectáreas que corresponde al 1,84 % del área de estudio.</p> |  |
| <p>Breve descripción: Es un área propensa a cambios meteorológicos bruscos, donde predomina las formaciones vegetales herbáceas características de zonas de páramo.</p> | |
| Factores ambientales | |
| Geología y Geomorfología | Afloramientos rocosos con pendientes de 30 a 50%, cuya litología está constituida por rocas (granito, gneís, esquistos y granodiorita). El sistema de relieve está formado por altas vertientes caracterizadas por el modelo glacial del paisaje. |
| Suelos | Capas de rocas expuestas con textura fina a media. |
| Vegetación | Páramo subandino compuesto por muy escasas gramíneas de presencia casi nula. |
| Fauna | Águila Real y otras especies de aves y mamíferos |
| Paisaje | Alto potencial de vistas. Zonas de calidad y fragilidad paisajística muy alta. |
| Usos del Suelo | Excursionismo, ecoturismo e interés científico. |
| Sobrecargas o aspectos críticos | |
| ✓ Punto de interés geológico, geomorfológico: Modelado glacial. | |
| Imágenes de la unidad | |
|  |  |





| UAM- V Sistema de Humedal La Cuesta dentro del Parque Nacional Sierra de la Culata. | | |
|--|---|--|
| Localización, delimitación y superficie | | |
| <p>Esta área se encuentra entre 2600 a 4300 m.s.n.m., con una superficie de 1104,70 hectáreas que corresponde al 5,68 % del área de estudio.</p> |  | |
| Breve descripción: Norte sierra de la culata con afloramiento rocoso, oeste páramo de Los Leones y matorral ralo, sur con bosque bajo, el este con bosque bajo, matorral ralo y paramo la culata, pasa quebrada La Cuesta por el área interna. La Cuesta constituye el tributario más importante del río Mucujún, su nacimiento está dado por un sistema de pequeñas lagunas de origen glacial, dentro de las cuales se encuentra la laguna La Cuesta, de la cual se deriva su nombre (Díaz y Zerpa, 1963). | | |
| Factores ambientales | | |
| Geología y Geomorfología | La Unidad se caracterizan por presentar un relieve abrupto y heterogéneo, debido a la actividad tectónica La litología predominante en el área está representada por las rocas de la formación Mucujún, de edad Mio-Plioceno de matriz más Arenosa en el área que abarca la Unidad (Ghosh y Odreman, 1987). La dinámica geomórfica está dominada por la vigorosidad y el carácter accidentado del relieve y la acción modeladora predominante se deriva de los procesos aluvio-columviales, principales responsables del paisaje morfológico actual, caracterizado por laderas escarpadas en la parte media-superior. | |
| Suelos | Suelos de matriz más Arenosa. | |
| Vegetación | Afloramiento rocoso compuesto por una escasa cobertura de gramíneas (0,5m de altura) y en otras áreas dominancia de Matorral Paramero | |
| Fauna | Águila Real, conejo de paramo, y otras especies de aves y mamíferos | |
| Paisaje | Alto potencial de vistas. Zonas de calidad y fragilidad paisajística muy alta. | |
| Usos del Suelo | Excursionismo, ecoturismo e interés científico. | |
| Sobrecargas o aspectos críticos | | |
| <ul style="list-style-type: none"> ✓ Vulnerabilidad a la contaminación del agua. ✓ Punto de interés geológico, geomorfológico: Modelado glacial. ✓ Vulnerabilidad a la extracción de especies vegetales por su rareza y únicas y la pesca deportiva. ✓ Punto de interés hidrológico: Tributario más importante del río Mucujún e indispensable para abastecimiento de agua potable. | | |
| Imágenes de la unidad | | |
|  |  |  |


| UAM- VI Alto Páramo muy húmedo | |
|---|---|
| Localización, delimitación y superficie | |
| <p>Está área se encuentra entre 3600 y 3800 m.s.n.m., con una superficie de 2515,48 hectáreas que corresponde al 12,93% del área de estudio.</p> |  |
| <p>Breve descripción: Unidad con predominio de gramíneas, plantas arrosetadas y de porte almohadillados, frailejones, en pendientes fuertes y fondos de valle dentro del Parque Nacional Sierra de la Culata.</p> | |
| Factores ambientales | |
| Geología y Geomorfología | Predominio de la Formación Sierra Nevada, está conformada por una litología fundamentalmente cristalina y predomina Modelado glacial, morrenas con valles en forma de U. |
| Suelos | Está constituida por rocas (granito, gneis, esquistos y granodiorita). |
| Vegetación | Rosetal Pastizal de umbría y solana en Valles glaciares, en la zona de umbría se presentan diversas especies de <i>Coespeletia</i> , frailejón <i>Espeletia shultzii</i> y bosquetes de coloradito (<i>Polylepis sericeae</i>), |
| Fauna | Águila Real, conejo de paramo, y otras especies de aves y mamíferos |
| Paisaje | Alto potencial de vistas. Zonas de calidad y fragilidad paisajística muy alta. |
| Usos del Suelo | Excursionismo, ecoturismo e interés científico. |
| Sobrecargas o aspectos críticos | |
| <ul style="list-style-type: none"> ✓ Vulnerabilidad a la contaminación del agua. ✓ Punto de interés geológico, geomorfológico: Modelado glacial. ✓ Vulnerabilidad a la extracción de especies vegetales por su rareza y únicas y la pesca deportiva. | |
| Imágenes de la unidad | |
|  | |

| | | |
|---|--|--|
| UAM- VII | Páramo con densa coberturas de gramíneas con alturas hasta 0,5 m asociado a presencia de ejemplares de Frailejón de la Especie <i>Espeletia schultzi</i> y frecuentes escarchas nocturnas dentro del Parque Nacional Sierra de la Culata. | |
| Localización, delimitación y superficie | | |
| <p>Está área se encuentra entre 3600 y 4100 m.s.n.m., con una superficie de 2105,96 hectáreas que corresponde al 10,83 % del área de estudio.</p> | |  |
| <p>Breve descripción: Unidad que se caracteriza por gramíneas con alturas hasta 0,5 m asociado a presencia de ejemplares de Frailejón de la Especie <i>Espeletia schultzi</i> y frecuentes escarchas nocturnas y sistema de humedales.</p> | | |
| Factores ambientales | | |
| Geología y Geomorfología | Está conformada por una litología fundamentalmente cristalina (Granito, Gneis, esquistos y granodiorita), Montanas altas con pendientes mayores al 35% | |
| Suelos | Dominio de afloramientos rocosos. | |
| Vegetación | Páramo Pluvial subandino predominan herbazales y plantas arrocetadas y en algunas zonas matorral paramero raro. | |
| Fauna | Águila Real, conejo de paramo, y otras especies de aves y mamíferos | |
| Paisaje | Alto potencial de vistas. Zonas de calidad y fragilidad paisajística muy alta. | |
| Usos del Suelo | Excursionismo, ecoturismo e interés científico. | |
| Sobrecargas o aspectos críticos | | |
| <ul style="list-style-type: none"> ✓ Vulnerabilidad a la contaminación del agua. ✓ Punto de interés geológico, geomorfológico: Modelado glacial. | | |
| Imágenes de la unidad | | |
|  | | |









| UAM- VIII Matorral Paramero muy húmedo medianamente denso a denso | | | |
|---|--|---|---|
| Localización, delimitación y superficie | | | |
| <p>Está área se encuentra entre 2700 y 3100 m.s.n.m., con una superficie de 882,82 hectáreas que corresponde al 4,54 % del área de estudio.</p> |  | | |
| <p>Breve descripción: Ecosistema intervenido con presencia de helechos y epifitas asociados a actividades pastoreo y cultivos de papa dentro del Parque Nacional Sierra de la Culata.</p> | | | |
| Factores ambientales | | | |
| Geología y Geomorfología | Valles glaciares y complejo de morrenas, litología fundamentalmente cristalina (Granito, Gneis, esquistos y granodiorita). | | |
| Suelos | Mezcla de entisoles, inceptisoles | | |
| Vegetación | Matorrales, Rosetal Pastizal de umbría y solana, alisos, azucena de loma, presencia de ejemplares de Frailejón de la Especie <i>Espeletia schultzi</i> , presencia de helechos y epifitas asociados a actividades pastoreo y cultivos de papa. en la zona existen algunos ejemplares de pino como especie exótica introducida. | | |
| Fauna | Águila Real, conejo de paramo, y otras especies de aves y mamíferos | | |
| Paisaje | Alto potencial de vistas. Zonas de calidad y fragilidad paisajística muy alta. | | |
| Usos del Suelo | Viviendas aisladas, pastoreo extensivo, Turismo, Excursionismo, ecoturismo e interés científico. | | |
| Sobrecargas o aspectos críticos | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> ✓ Vulnerabilidad a la contaminación del agua. ✓ Punto de interés geológico, geomorfológico: Modelado glacial. ✓ Vulnerabilidad a la extracción de especies vegetales por su rareza y únicas y la pesca deportiva. ✓ Punto Interés Hidrológico: La quebrada El Jarillo es utilizada para consumo humano y sistema de riego. | | | |
| Imágenes de la unidad | | | |
|  |  |  | |
|  |  |  |  |



| | | | |
|--|---|--|---|
| UAM- IX | | Bosque muy húmedo montano bajo intervenido en vertiente derecha con pendientes que oscilan entre 12 y 40% con predominancia de cultivos de papas, zanahoria rodeados de cercas vivas, setos de plantaciones de pinos y viviendas aisladas dentro de la zona protectora del Río Mucujún. | |
| Localización, delimitación y superficie | | | |
| Está área se encuentra entre 2700 y 3100 m.s.n.m., con una superficie de 1108,48 hectáreas que corresponde al 5,70% del área de estudio. | |  | |
| <p>Breve descripción: Páramo de la Culata. Desde que se sale de la ciudad se empieza a disfrutar del extraordinario paisaje, de las bellas casas típicas de la zona, de agradables sitios donde disfrutar ricas comidas y de un clima bastante agradable. Toda la trayectoria, aunque corta, es realmente placentera.</p> | | | |
| Factores ambientales | | | |
| Geología y Geomorfología | Depósitos recientes: Gravas y arenas no consolidadas en el fondo de valle y vegas de las quebradas aluvio coluviales en las laderas. Depósitos aluviales cuaternarios: en los conos de deyección y terrazas que aparecen en el fondo del valle, están constituidos básicamente por material proveniente de la Formación Sierra Nevada. | | |
| Suelos | En Suelos con pendientes de 12-40%, existe una mezcla de entisoles con inceptisoles suelos un alto contenido de arena y moderado o bajo porcentaje de limos y arcillas, confiriéndole a los suelos una textura franco arenosa y como consecuencia de las bajas pendientes y el carácter granular de éstas, los suelos tienden a presentar un mayor desarrollo y en algunos sectores presenta mayor nivel de concentración de piedras sueltas. | | |
| Vegetación | Bosque Húmedo y Muy Montano Bajo muy Intervenido con relictos del mismo a las márgenes del río. En el fondo de valle se establecieron plantaciones de especies exóticas como fresno (<i>Fraxinus americana</i>), pino ocarpa (<i>Pinus oocarpa</i>), ciprés (<i>Cupressus lusitanica</i>). Pastizales arbolados asociados a la ganadería extensiva, y a cultivos de hortalizas | | |
| Fauna | Águila Real, conejo de paramo, y otras especies de aves y mamíferos | | |
| Paisaje | Visitas frecuentes para el turismo contemplativo y cuenta con fragilidad paisajística muy alta. | | |
| Usos del Suelo | Infraestructura Turística, cultivos de papa y zanahoria, plantaciones de especies exóticas, viviendas aisladas, ecoturismo. | | |
| Sobrecargas o aspectos críticos | | | |
| Vulnerabilidad a la contaminación del agua. Y Vulnerabilidad a la degradación de suelos por el uso de agroquímicos. | | | |
| Imágenes de la unidad | | | |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |



| UAM- X Bosque Alto denso en terreno abrupto con pendientes mayores al 50% en vertiente izquierda dentro del Parque Nacional Sierra de la Culata. | | |
|---|---|--|
| Localización, delimitación y superficie | | |
| Está área se encuentra entre 2400 a 3600 m.s.n.m., con una superficie de 1031,16 hectáreas que corresponde al 5,30% del área de estudio. |  | |
| Breve descripción: Selva Nublada predominante en vertiente izquierda en pendientes abruptas de excepcional valor ecológico. | | |
| Factores ambientales | | |
| Geología y Geomorfología | La vertiente izquierda está formada por rocas ígneas y metamórficas, de estructura maciza poco o nada fracturadas, que le imprime un carácter de material rocoso duro, con fuertes pendientes. La unidad de relieve vertiente, se caracterizan por ser los espacios más inclinados, con valores de pendientes superiores a 45°. | |
| Suelos | Predomina Afloramientos rocosos y entisoles | |
| Vegetación | Bosque típico de Selva nublada con diversidad de especies arbóreas autóctonas de porte alto. El primer estrato está constituido por árboles que alcanzan de 15 a 25 m. de altura buen desarrollo, con fustes lisos y tallos diámetros hasta 15 cm, copas densas y entrecruzadas, cuyas especies representativas son Copey (<i>Clusia roseae</i>) y Say Say (<i>Weinmania sp.</i>). El segundo estrato constituido por especies que llegan hasta los 15 m de altura, citándose los géneros <i>Inga</i> , <i>Micanis</i> , <i>Psidium</i> y <i>Croton</i> . | |
| Fauna | Diversidad de especies de aves y mamíferos | |
| Paisaje | Fragilidad paisajística muy alta | |
| Usos del Suelo | Uso predominante bosque protector, con evidencias de intervención antrópica en la parte baja. Senderos turísticos de contemplación no consolidados | |
| Sobrecargas o aspectos críticos | | |
| <ul style="list-style-type: none"> ✓ Disminución de la captura de CO₂, por las actividades de deforestación para la expansión de la frontera agropecuaria. ✓ Vulnerabilidad a movimientos de masas. ✓ Pérdida de hábitat para la fauna. | | |
| Imágenes de la unidad | | |
|  |  |  |










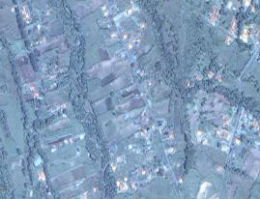

| | | |
|---|---|--|
| UAM- XI | Bosque Húmedo Montano Bajo Intervenido presente en terrazas y colinas del Vallecito (vertiente izquierda) bordeada en la parte baja por bosque ripario a las márgenes del río Mucujún dentro la Zona Protectora del Río Mucujún. | |
| Localización, delimitación y superficie | | |
| <p>Esta área se encuentra entre 1800 a 2400 m.s.n.m., con una superficie de 1008,86 hectáreas que corresponde al 5,19 % del área de estudio.</p> | |  |
| <p>Breve descripción: Esta unidad se ubica en la vertiente izquierda del río Mucujún, en una franja alargada con orientación Noreste – Suroeste y en la parte derecha culmina con la divisoria de aguas que separa el Vallecito de la ciudad de Tabay.</p> | | |
| Factores ambientales | | |
| Geología y Geomorfología | <p>Estratigráficamente afloran las siguientes Formaciones Geológicas:</p> <ol style="list-style-type: none"> Formación Mucujún: Con contenidos de arcillas con delgadas intercalaciones de limonita, que aflora en forma de colina alta entre la Quebrada El Alto y la Quebrada La Palometa. Formación San Javier del Valle: Con una secuencia de lutitas, areniscas glauconíticas y areniscas bioturbadas, que aflora en la mayor parte de la montaña media desde la Quebrada La Palometa hasta más allá de la Quebrada El Pajonal Granodiorita del Carmen (GrEls): Consiste de una roca feldespática-cuarzo-biotítica-moscovítica de grano medio, que aflora en forma de loma estructural a todo lo largo de la vertiente sur y parte aguas) Depósito Pleistoceno-Holoceno (Q3): De peñones, gravas y arena con pocos finos, productos de aluviones en toda la terraza fluvio-torrencial de El Vallecito. Depósitos recientes (Qo): Gravas y arenas no consolidadas en el fondo de valle y vegas de las quebradas aluvio coluviales en las laderas. <p>Estudios de la zona un señalan la presencia de por lo menos 3 fallas geológicas activas, que influyen la unidad: la Falla del Mucujún, la Falla de la Hechicera y la Falla del Albarregas y la Falla Las Mercedes, las cuales controlan la disposición del relieve, el fracturamiento de las rocas. En cuanto al relieve predomina el área de terraza y montañas con pendientes mayores al 30%.</p> | |
| Suelos | En Suelos con pendientes de 20-40%, existe una mezcla de entisoles con inceptisoles y en pendientes de 10-20% predomina el tipo de suelo entisol. | |
| Vegetación | Bosque Húmedo Montano Bajo Intervenido | |
| Fauna | Aves y reptiles diversos. | |
| Paisaje | Visitas frecuentes para el turismo contemplativo ya que cuenta con potencial de vistas hacia la vertiente derecha del río Mucujún y fondo de valle así como desde la divisoria de agua se visualiza la Sierra Nevada y fondo de valle del río Chama – sector Tabay. Y de fragilidad paisajística de media a alta. | |
| Usos del Suelo | Actividad residencial rural de baja densidad y predominancia de viviendas aisladas, además existen áreas destinadas a la ganadería extensiva con pastizales arbolados, cultivo hidropónico, cultivos de café bajo sombra (Sistema agroforestal a pequeña escala), plantación localizada de especie exótica introducida (Pinos), bosque ripario de especies autóctonas en la margen izquierda del río Mucujún y talud de la terraza, áreas de equipamiento (escuelas, subestación eléctrica, captación y planta de potabilización de agua “Enrique Bourgoin”, parque recreacional, estadio de softball, vialidad principal y secundaria, Capilla San Isidro, tres acueductos rurales El Vallecito –Mesa del Carmen, El Escorial, Los Meza). En los últimos años ha tomado auge la actividad turística con el establecimiento de posadas y los senderos de excursión hacia el Páramo El Escorial | |




| Sobrecargas o aspectos críticos | | | |
|--|--|---|---|
| <p>✓ Áreas con movimientos de masa activo y que afectan al sistema de captación del Acueducto de Mérida por el aporte de sedimentos.</p>  | | <p>El área comprometida por el deslizamiento posee una topografía muy irregular y muy inclinada con declividad superior a los 25 grados. Esta condición del relieve en esta vertiente de montaña es un factor condicionante para que se desencadenen movimientos en masa de tipo deslizamiento. La corona del deslizamiento parece estar cercana al contacto entre la Granodiorita del Carmen al sur y la Formación Mucujún al norte, divididas por una traza de falla.</p> | |
| <p>✓ Vulnerabilidad a Movimientos Sísmicos. Vulnerabilidad a la contaminación de agua superficial.</p> | | | |
| Imágenes de la unidad | | | |
|  <p>Vista de la terraza desde el Cerro El Peñón ubicado en la vertiente derecha del río Mucujún</p> |  <p>Vista del bosque Intervenido</p> |  <p>Vista de la Capilla Las Mercedes, sitio vistado para el turismo contemplativo de fondo de valle y vertiente derecha del río Mucujún</p> |  <p>Vista del Fondo de valle desde parte alta del Núcleo Mocaqueteos.</p> |
|  <p>Vista de viviendas rurales aisladas</p> |  <p>Vista de Subestación eléctrica ubicada en terraza.</p> |  <p>Vista de bosque ripario y captación del río Mucujún</p> |  <p>Vista de terraza con actividades de ganadería extensiva con pastizales y áreas de invernaderos</p> |
|  <p>Vista de terraza con actividades de ganadería extensiva con pastizales</p> |  <p>Vista de parte alta de la colina, utilizado como sendero del turismo de contemplación</p> |  <p>Vista desde colina hacia fondo de valle del río Chama – Sector Tabay.</p> |  <p>Vista de Plantación de Pino</p> |


| UAM- XII Pastizales arbolados con segmentos de bosque ripario asociados a ganadería extensiva y cultivos de papa en Fondo de Valle dentro la Zona Protectora del Rio Mucujún del rio Mucujún. | | | |
|---|--|--|---|
| Localización, delimitación y superficie | | | |
| Está área se encuentra entre 2400 a 2700 m.s.n.m., con una superficie de 684,67 hectáreas que corresponde al 3,52 % del área de estudio. |  | | |
| Breve descripción: Se ubica en la parte media alta de la subcuenca del rio Mucujún, aproximadamente, donde predominan los pastizales arbolados asociados a la ganadería extensiva. | | | |
| Factores ambientales | | | |
| Geología y Geomorfología | Depósitos recientes: Gravas y arenas no consolidadas en el fondo de valle y vegas de las quebradas aluvio coluviales en las laderas. Depósitos aluviales cuaternarios: en los conos de deyección y terrazas que aparecen en el fondo del valle, están constituidos básicamente por material proveniente de la Formación Sierra Nevada | | |
| Suelos | En Suelos con pendientes de 12-30%, existe una mezcla de entisoles con inceptisoles suelos un alto contenido de arena y moderado o bajo porcentaje de limos y arcillas, confiriéndole a los suelos una textura franco arenosa y como consecuencia de las bajas pendientes y el carácter granular de éstas, los suelos tienden a presentar un mayor desarrollo y en algunos sectores presenta mayor pedregosidad. | | |
| Vegetación | Bosque Húmedo y Muy Montano Bajo muy Intervenido con relictos del mismo a las márgenes del rio. En el fondo de valle se establecieron plantaciones de especies exóticas como fresno (<i>Fraxinus americana</i>), pino ocarpa (<i>Pinus oocarpa</i>), ciprés (<i>Cupressus lusitanica</i>). | | |
| Fauna | Aves y reptiles diversos. Ganado vacuno. | | |
| Paisaje | Visitias frecuentes para el turismo contemplativo y cuenta con fragilidad paisajística muy alta. | | |
| Usos del Suelo | Ganadería Extensiva, Pastizales arbolados, viviendas aisladas y cultivos de papas. | | |
| Sobrecargas o aspectos críticos | | | |
| ✓ Vulnerabilidad a la contaminación de agua superficial. | | | |
| Imágenes de la unidad | | | |
|  |  |  |  |
| Vista desde la vía principal hacia la Culata del bosque intervenido asociado a potreros | Vista del fondo de valle y su actividad predominante Ganadería Extensiva con vaqueras instaladas. | Vista de los potreros arbolados | Cultivo de papa asociados a relictos del Bosque que fue intervenido |
|  |  |  | |
| Infraestructura agropecuaria (Area destinada para la producción de leche) | Vista de la Unidad desde el Sector El Jarillo parte alta | Vista General de la Unidad desde el Sector El Vallecito | |

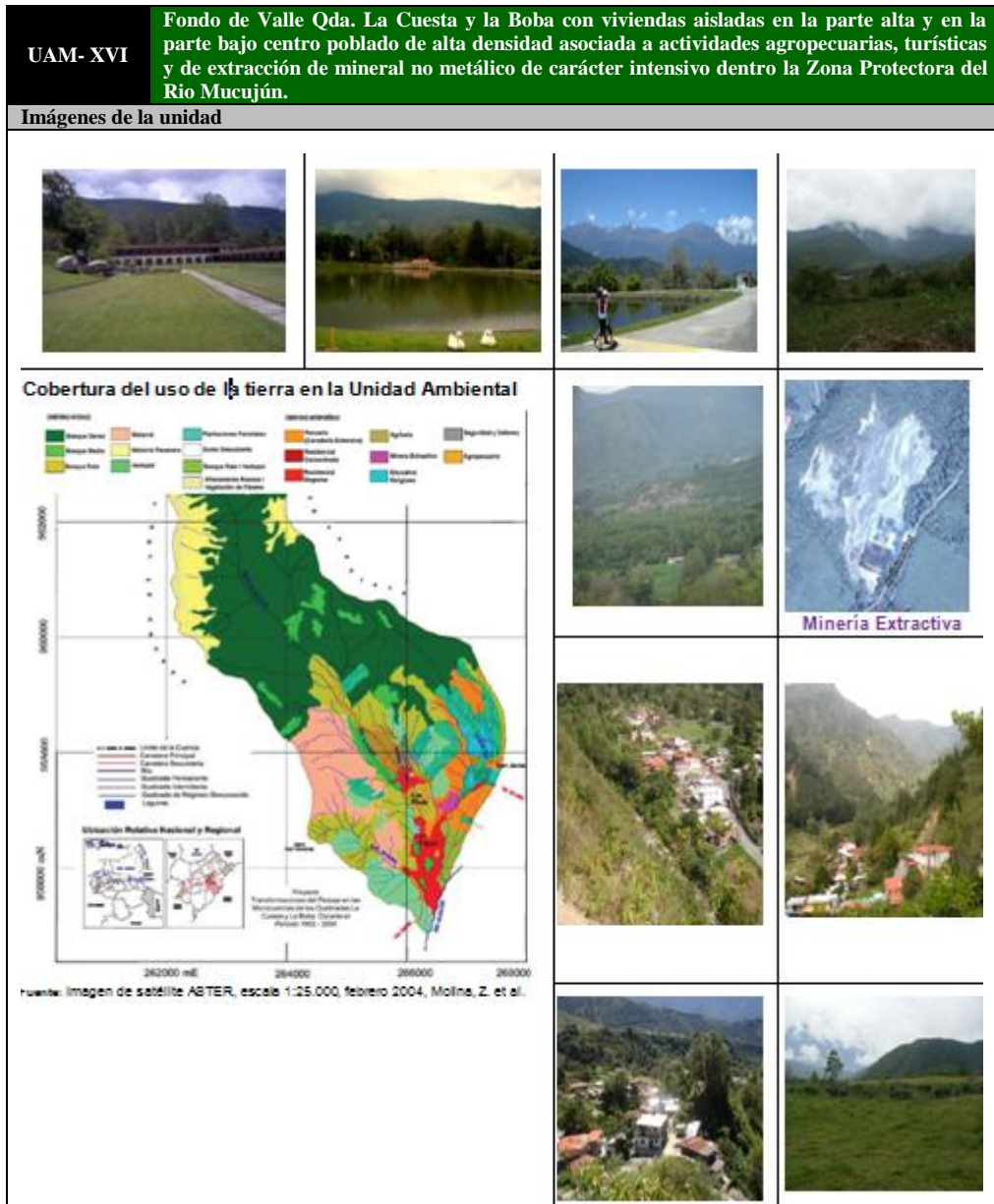
| UAM- XIII Valle encajonado con taludes de fuertes pendientes con presencia de bosque ripario y herbazales. | |
|--|---|
| Localización, delimitación y superficie | |
| <p>Está área se encuentra entre 1480 y 1873 m.s.n.m., con una superficie de 489,80 hectáreas que corresponde al 2,52 % del área de estudio.</p> |  |
| <p>Breve descripción: Valle encajonado que permite visualizar la cuenca del Mucujún desde la ciudad de Mérida.</p> | |
| Factores ambientales | |
| Geología y Geomorfología | Presencia de formación Mucujún y el valle de fácil alteración litológica con pendientes pronunciadas. Abanicos torrenciales y terrazas bajas. Colinas y lomas de la granodiorita El Carmen. |
| Suelos | Existe una mezcla de entisoles con inceptisoles |
| Vegetación | Bosque húmedo montano bajo, con plantaciones de especies exóticas en algunos sectores. |
| Fauna | Diversidad de especies de aves y mamíferos |
| Paisaje | Alto potencial de vistas. Zonas de calidad y fragilidad paisajística alta |
| Usos del Suelo | Bosque Protector, en algunos sectores viviendas aisladas, cultivos no permanentes. |
| Sobrecargas o aspectos críticos | |
| <ul style="list-style-type: none"> ✓ Vulnerabilidad a la contaminación del agua. ✓ Vulnerabilidad a movimientos de masas. ✓ Vulnerabilidad a crecidas torrenciales. ✓ Riesgo de incendios. | |
| Imágenes de la unidad | |
|  | |

| | | |
|--|--|--|
| UAM- XIV | Bosque Húmedo Montano bajo altamente intervenido sobre abanicos aluviales de las Quebradas La Caña, La Vergara, La Carbonera, El Arado, El Robo, con dominancia de centros poblados de baja a alta densidad asociados a actividades agropecuarias y turísticas dentro la Zona Protectora del Río Mucujún. | |
| Localización, delimitación y superficie | | |
| <p>Está área se encuentra entre 1900 a 2200 m.s.n.m., con una superficie de 1371,88 hectáreas que corresponde al 7,05 % del área de estudio.</p> | |  |
| <p>Breve descripción: Se encuentra localizada en la parte media de la Subcuenca de Río Mucujún y predomina la intervención entrópica para establecer el uso residencial - turístico con alta densidad a pesar de las restricciones legales que tiene el área.</p> | | |
| Factores ambientales | | |
| Geología y Geomorfología | Existen Varias Formaciones Geológicas (Sierra Nevada, Palmarito, Aguardiente, Capacho, La Luna, Colón, Sabaneta, entre otras), predominando como material Rocas Sedimentarias (lutitas, areniscas, arcillas), predominan colinas y abanicos aluviales con pendientes entre 12 y 30%. | |
| Suelos | Mezcla de entisoles con inceptisoles | |
| Vegetación | Bosque Muy Húmedo y Húmedo Montano Bajo Muy Intervenido | |
| Fauna | Diversidad de especies de aves y mamíferos | |
| Paisaje | Zona Muy Visible y paisajísticamente muy frágil, esta área se ha visto afectado por la ocupación anárquica del territorio limitando el turismo contemplativo ya que se está convirtiendo en la segunda zona densamente poblada después del Playón, sin embargo, desde el punto de vista funcional presentan características rurales. | |
| Usos del Suelo | Predomina el área de centros poblados con una dinámica de crecimiento acelerada asociado a las actividades agropecuarias, turísticas y piscícolas cuentan con equipamiento y servicios de tipo rural. | |
| Sobrecargas o aspectos críticos | | |
| <ul style="list-style-type: none"> ✓ Alta Vulnerabilidad a la contaminación de agua superficial. ✓ Vulnerabilidad a crecidas torrenciales. ✓ Acelerado crecimiento poblacional sin planificación. ✓ Riesgo de Incendios | | |
| Imágenes de la unidad | | |
|  | | |
| <p>Vista panorámica de la unidad desde el sector Las Mercedes</p> | | |

| | | | |
|--|---|--|--|
|  |  |  |  |
| <p>Vista de el sector Monterrey y El Arado desde La capilla Las Mercedes.</p> | <p>Sector La Caña</p> | <p>Cultivo de Mora rodeado de bosque montano bajo ubicado entre las Qdas. La Vergara y La Carbonera</p> | <p>Cultivo de Musáceas en el sector El Arado</p> |
|  |  |  |  |
| <p>Establecimiento de Invernaderos para cultivos hidropónicos.</p> | <p>Sector Bella Vista</p> | <p>Sector Monterrey alto, predomina viviendas rurales aisladas y areas con plantaciones de la especie exotica Pinus.</p> | <p>Vista de viviendas rurales aisladas del sector Monterrey Medio y zona de nuevas construcciones habitacionales como los sectores Las Cuadras y Camellones.</p> |
|  | <p>Vista del Sector Monterrey de mayor concentración de población</p> |  | <p>Vista del Sector Monterrey medio y las cuadras sitio de actual expansión de la de población</p> |
|  | | | <p>Actividad psicícola (Truchicultura a pequeña escala</p> |
| <p>ubicada en el Sector Monterrey Medio)</p> | | | |

| UAM- XV Bosque Húmedo Montano Bajo sobre Montañas de la Vertiente derecha con pendientes superiores al 30% dentro del Parque Nacional Sierra de la Culata.. | |
|--|---|
| Localización, delimitación y superficie | |
| <p>Esta área se encuentra entre 1900 a 2200 m.s.n.m., con una superficie de 1718,56 hectáreas que corresponde al 8,83 % del área de estudio.</p> |  |
| <p>Breve descripción: Abarca un bosque siempre verde, irregular, mixto y denso con gran diversidad de especies vegetales y animales, manteniendo por ello una fragilidad ecológica importante</p> | |
| Factores ambientales | |
| Geología y Geomorfología | Las rocas son de la formación Mucujún, de edad Mio-Plioceno, la cual consta de dos unidades: una unidad inferior, predominantemente arcillosa y una unidad superior, de matriz más arenosa, existe presencia de otras formaciones geológicas, predominan las Montañas medias a altas con pendientes variables con predominancia de aquellas mayores al 30%. |
| Suelos | Existe una mezcla de entisoles e inceptisoles con predominio de rocas sedimentarias (lutitas, areniscas y arcillas) y dominio de afloramiento rocoso. |
| Vegetación | Bosque Húmedo Montano Bajo |
| Fauna | Diversidad de especies de aves y mamíferos |
| Paisaje | Fragilidad paisajística alta |
| Usos del Suelo | Bosque protector en unos sectores con evidencias de intervención humana |
| Sobrecargas o aspectos críticos | |
| <ul style="list-style-type: none"> ✓ Vulnerabilidad a la contaminación del agua. ✓ Vulnerabilidad a movimientos de masas. ✓ Vulnerabilidad a la Deforestación ✓ Riesgo de incendios. | |
| Imágenes de la unidad | |
|  | |
|  | |

| UAM- XVI Fondo de Valle Qda. La Cuesta y la Boba con viviendas aisladas en la parte alta y en la parte bajo centro poblado de alta densidad asociada a actividades agropecuarias, turísticas y de extracción de mineral no metálico de carácter intensivo dentro la Zona Protectora del Río Mucujún. | |
|--|---|
| Localización, delimitación y superficie | |
| <p>Está área se encuentra entre 1800 a 3400 m.s.n.m., con una superficie de 1486,37 hectáreas que corresponde al 7,64 % del área de estudio.</p> |  |
| <p>Breve descripción: Esta unidad abarca el fondo de valle de las dos microcuencas (La Cuesta-La Boba), de unos de los más importantes afluentes del río Mucujún, de excepcional valor ecológico y paisajístico.</p> | |
| Factores ambientales | |
| Geología y Geomorfología | La litología predominante en el área está representada por las rocas de la formación Mucujún, de edad Mio-Plioceno, la cual consta de dos unidades: una unidad inferior, predominantemente arcillosa y una unidad superior, de matriz más arenosa (Ghosh y Odreman, 1987). Carácter accidentado del relieve y la acción modeladora predominante se deriva de los procesos aluvio-columbales, acumulaciones cuaternarias de la parte baja, conformados por depósitos adosados de abanicos y terrazas fluvio-torrenciales, |
| Suelos | Presencia de entisoles con pendiente de 10 a 20%. Compuestos de rocas feldespáticas, cuarzo biotítico muscovítico de grano medio y abundantes intrusiones de pegmatita. |
| Vegetación | Bosque Húmedo Montano Bajo Denso, medio y ralo cuyas especies representativas son Copey (<i>Clusia roseae</i>) y Say Say (<i>Weinmania</i> sp), herbazal, plantaciones forestales de especies exóticas: <i>Fraxinus americana</i> L. (Fresno), <i>Pinus oocarpa</i> Schiede ex Schltdl. (Pino amarillo o Pino ocarpa) y <i>Cupressus lusitanica</i> Mill. (Ciprés). |
| Fauna | Diversidad de especies de aves y mamíferos |
| Paisaje | Zonas de calidad y fragilidad paisajística alta |
| Usos del Suelo | La actividad predominante la residencial disperso y concentrado siendo los principales centros de población El Playón y Los Pinos, en menor escala, se desarrollan otras actividades como la agricultura y la ganadería extensiva, áreas educativo-religiosas-recreativas como el Complejo Fe y Alegría, conformado por el Colegio Timoteo Aguirre Pe, el internado San Javier del Valle, la casa de retiros San Javier, la hospedería San Javier y el camping Mérida, uso minero – extractivo, Plantaciones forestales y áreas de seguridad y defensa. |
| Sobrecargas o aspectos críticos | |
| <ul style="list-style-type: none"> ✓ Vulnerabilidad a la contaminación del agua. ✓ Vulnerabilidad a movimientos de masas. ✓ Vulnerabilidad a crecidas torrenciales. ✓ Vulnerabilidad a la degradación de suelos por el uso de agroquímicos. ✓ Acelerado crecimiento poblacional. ✓ Área con riesgo de erosión del suelo. ✓ Riesgo de incendios. | |

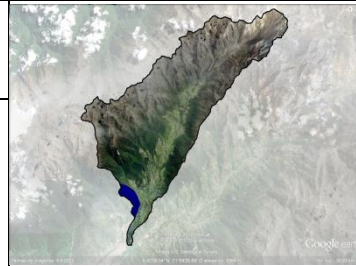


UAM- XVII Zonas Inestables de Topografía abrupta El Peñón, asociadas a pastizales, matorrales y plantaciones.

Localización, delimitación y superficie

Está área se encuentra entre 1790 y 2630 m.s.n.m., con una superficie de 396,80 hectáreas que corresponde al 2,04 % del área de estudio.

Breve descripción: Es la principal zona inestable dentro del área estudio, ya que aflora la formación Mucujún, con altos niveles de humedad, causantes de deslizamientos en el terreno y colapso del mismo.



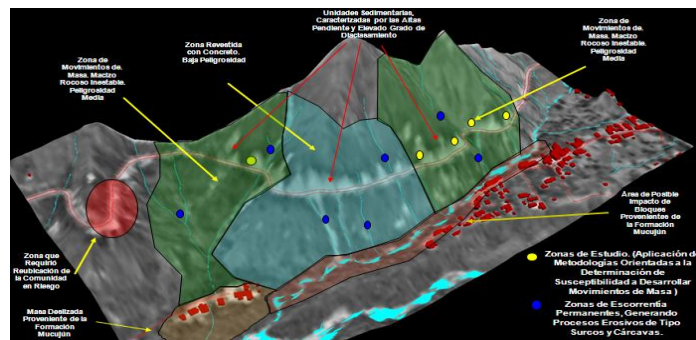
Factores ambientales

| | |
|---------------------------------|---|
| Geología y Geomorfología | Colinas y lomas de formación El Valle. Presencia de formación Mucujún de fácil alteración litológica. |
| Suelos | Predominan las arcillas y afloramientos rocosos |
| Vegetación | Matorral, Predominancia de Herbazales y Plantaciones de Pino |
| Fauna | Diversidad de especies de aves y mamíferos |
| Paisaje | Alto potencial de vistas. Zonas de calidad y fragilidad paisajística alta. |
| Usos del Suelo | Vegetación de carácter protector y vialidad. |

Sobrecargas o aspectos críticos

- ✓ Vulnerabilidad a movimientos de masas.
- ✓ Riesgo de incendios

Imágenes de la unidad



Valoración de las unidades ambientales.

Según Gómez (2008), el valor del medio significa grado de excelencia del mismo, mérito para ser conservado en la situación que se encuentra. Metodológicamente esta valoración se realizó sobre las unidades ambientales identificadas para la Subcuenca del río Mucujún y el valor puede ser apreciado desde diferentes puntos de vista o dimensiones del valor:

Criterios de valoración de las unidades ambientales

| Valor | Descripción |
|------------------------------|--|
| Ecológico | Méritos denunciados por indicadores de carácter ecológico, como la biodiversidad, integridad, representación, tamaño, presencia de flora y fauna. |
| Funcional | Derivado del papel de la unidad en la Subcuenca, es decir, por la acción funcional que presenta determinado uso del suelo como un aporte en pro del beneficio ecológico o ambiental. |
| Productivo | Expresión de la capacidad de la unidad para fijar energía solar por unidad de superficie y de tiempo, lo que significa en el potencial de producir biomasa (presencias de microclimas, disponibilidad de agua, calidad de suelos, presencia de infraestructuras para la producción, entre otros. |
| Paisajístico | Excelencia plástica, olfativa o sonora de la unidad, valorada a través de indicadores de percepción positivos y negativos. |
| Científico – Cultural | Se refiere a los méritos de la unidad para la ciencia y la cultura |

Para efectos del presente estudio se realizó una valoración subjetiva, partiendo de la siguiente escala de valoración:

| Código de Valor | Descripción |
|------------------------|--------------------|
| 1 | Muy Bajo |
| 2 | Bajo |
| 3 | Medio |
| 4 | Alto |
| 5 | Muy Alto |

De acuerdo a ese criterio, se establece la matriz de valoración con las asignaciones de valor dadas a las Unidades Ambientales, los resultados del análisis de panel de expertos y los valores obtenidos según la escala de valoración, se presenta a continuación:

**Valoración de las unidades ambientales de las identificadas en la subcuenca del río Mucujún,
Parroquia Gonzalo Picón Febres del municipio Libertador del estado Mérida. Año 2012.**

| Código Unidad Ambiental | Dimensiones del Valor | | | | | Valor de Conser- vación Total |
|-------------------------------|-----------------------|--------------|--------------------------|------------|-----------|----------------------------------|
| | Ecológico | Paisajístico | Científico – Cultural | Productivo | Funcional | |
| I | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| II | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| III | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| IV | 5 | 5 | 5 | 1 | 5 | 4,2 |
| V | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| VI | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| VII | 5 | 5 | 5 | 3 | 4 | 4,4 |
| VIII | 4 | 3 | 3 | 2 | 5 | 3,4 |
| IX | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| X | 5 | 4 | 4 | 4 | 5 | 4,4 |
| XI | 4 | 3 | 4 | 4 | 3 | 3,6 |
| XII | 4 | 3 | 3 | 4 | 4 | 3,6 |
| XIII | 5 | 5 | 4 | 4 | 5 | 4,6 |
| XIV | 4 | 4 | 2 | 4 | 2 | 3,2 |
| XV | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| XVI | 4 | 5 | 4 | 4 | 5 | 4,4 |
| XVII | 4 | 5 | 3 | 3 | 5 | 4 |

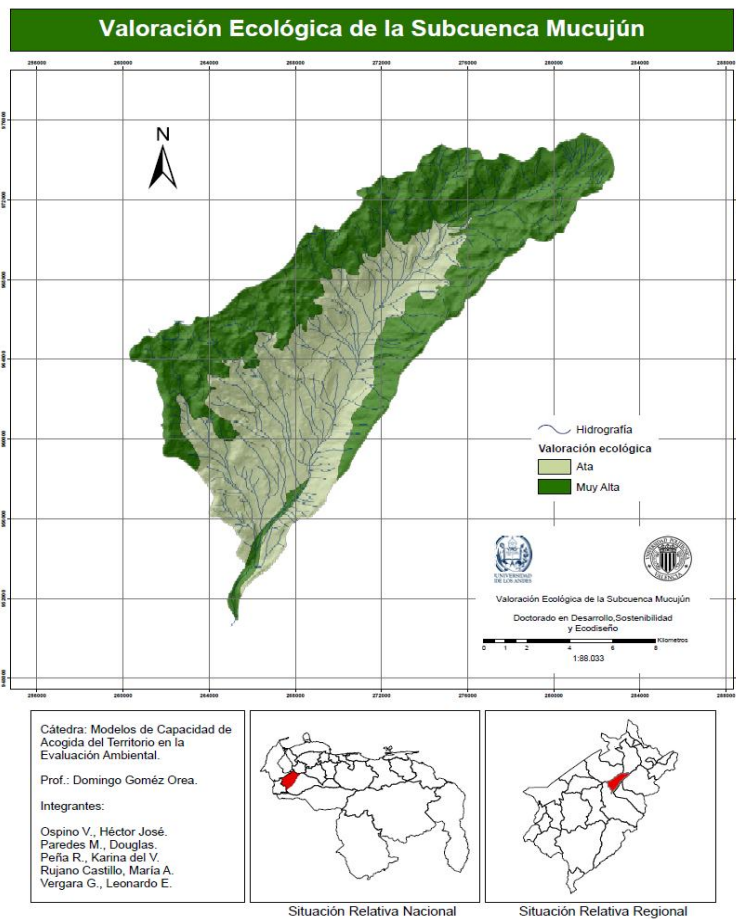
Fuente: Elaboración propia.

Como resultado de la valoración ambiental de las unidades, se determinó lo siguiente:

- **Valoración ecológica.** Para realizar esta valoración el panel de expertos realizó varios recorridos de campo, a fin de verificar la información documental con lo existente en campo, por tanto los valores obtenidos por criterios ecológicos fueron significativos de alto a muy alto, esto resalta la importancia ecológica que de por sí tiene el área de estudio ya que gran parte del mismo pertenece al Parque Nacional Sierra de La Culata y los valores se ven reflejados no solo a esta área sino en toda la subcuenca del Río Mucujún incluyendo el fondo de valle que es una área actualmente con dinámica de intervención acelerada no planificada del territorio para el desarrollo de actividades urbanísticas, de infraestructura, agropecuarias y turísticas.

Este criterio ecológico prevaleció debido a las funciones ecológicas intrínsecas que cumple por prestar servicios ambientales de interés que la caracterizan como cuenca productora de agua, además que presenta ecosistemas de gran interés por su di-

versidad biológica en flora y fauna endémicas, poco comunes, de importancia etnobiológica, de alta fragilidad, vulnerables o en peligro de extinción, que se desarrollan en ambientes frágiles como el desierto periglacial, páramo, selvas nubladas, bosque húmedos y sistemas de lagunas, existen ambientes naturales prístinos relevantes, estas características relevantes convierten el territorio en un ecosistema de gran interés ecológico- científico y de alta vulnerabilidad y fragilidad a la intervención antrópica, por tanto en la planificación del desarrollo de este territorio se debe realizar con criterios de sostenibilidad a fin de garantizar la conservación de la biodiversidad y el equilibrio ecológico, y el normal flujo de materia y energía entre los ecosistemas a través de los ciclos biogeoquímicos, para mantener la dinámica funcional del territorio.



Valoración ecológica de la subcuenca del río Mucujún

- Valoración paisajística.** La apreciación paisajística del área en estudio es de gran valor escénico debido a la influencia de los factores físico naturales y socio-económicos y culturales, que le dan una calidad escénica de los paisajes de relevancia como los ambientes de desierto periglaciario ubicado en las unidades ambientales I y II, el modelado glaciario del Cuaternario, ambientes de páramo con sistemas de humedales, cascadas y ríos en alta montaña, los ecotonos de las diferentes formaciones vegetales adaptadas a condiciones climáticas extremas y con diversos coloridos, las escarchas y nevadas estacionales y sus áreas de ocurrencia eventual, áreas de cultivos con técnicas tradicionales. Estos factores de carácter paisajístico únicos caracterizan las áreas existentes en el Parque Nacional Sierra de la Culata y en las áreas fuera del mismo y según la ubicación la percepción visual del espectador en el territorio, se puede caracterizar el paisaje por la topografía, vegetación, agua, rareza y escenario adyacente y modificación cultural y según estudio realizado por López, D. (1994) y ratificado por el panel de expertos en las visitas de campo, por tanto el recurso escénico, se puede apreciar de la siguiente manera:

Valoración paisajística de las unidades ambientales de las identificadas en la subcuenca del río Mucujún, parroquia Gonzalo Picón Febres del municipio Libertador del estado Mérida. Año 2012

| Factor | Vertiente derecha | Vertiente izquierda | Parte superior “Nacientes del Río Mucujún” |
|-------------------|---|---|---|
| | Percepción desde el fondo de valle hacia sectores altos | Percepción desde el Fondo de Valle hacia sectores altos | Percepción desde los sectores altos hacia fondos de valle altos |
| Topografía | Amplitud del relieve con variaciones considerables, posee detalles fisiográficos de interés | Amplitud del relieve con variaciones considerables, posee detalles fisiográficos de interés | Relieve variable y de interés excepcional el modelado glacial. |
| Vegetación | Alta diversidad de flora, pasando por diferentes regiones naturales de bosques densos, selvas nubladas a páramo. Se evidencia actividades de deforestación, vegetación secundaria y plantaciones de especies exóticas introducidas. | Alta diversidad de flora, pasando por diferentes regiones naturales de bosques densos, selvas nubladas a páramo. Se evidencia actividades de deforestación, vegetación secundaria y plantaciones de especies exóticas introducidas. | Existe Flora endémicas, poco comunes, de importancia etnobiológica y con fisionomía adaptada a las condiciones climáticas extremas de bajas temperaturas y nevadas, que permiten que el paisaje sea espectacular y de interés científico, entre las especies resaltantes se encuentra la <i>Coespeletia spp</i> , <i>Coespeletia timotensis</i> y el bosque de <i>Polylepis sericeae</i> , este último marca en la percepción visual un contraste excepcional por su forma y color. |

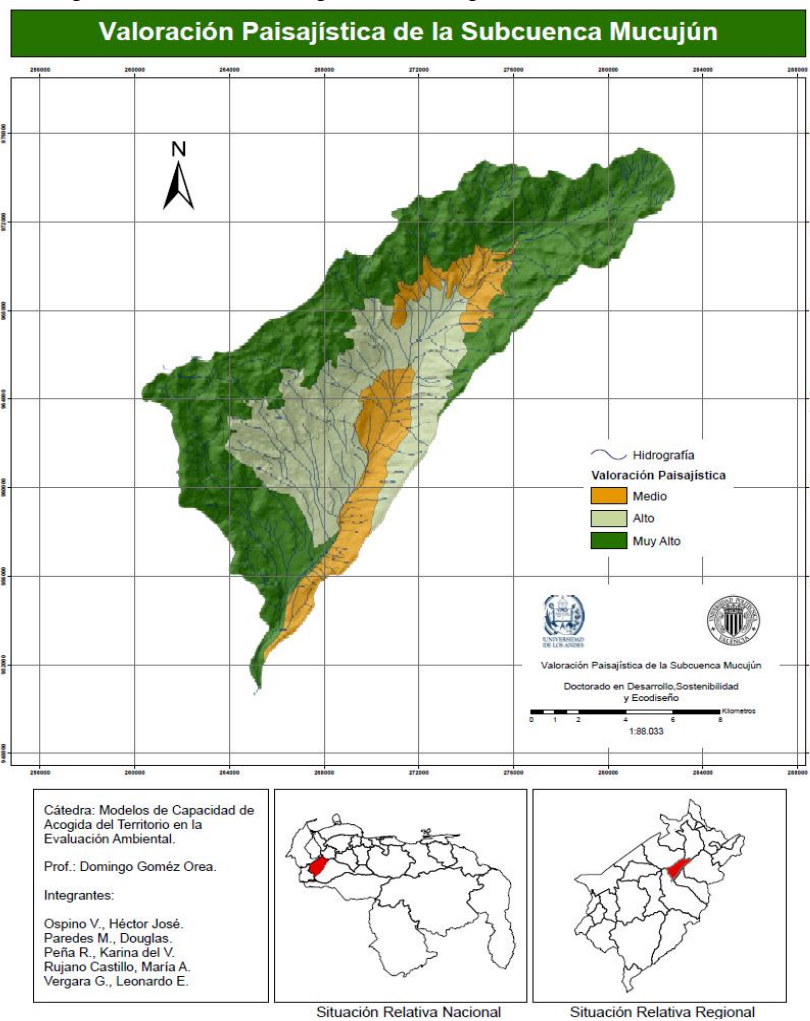
Fuente: López (1994) modificado por Ospino, et al (2012).

Valoración paisajística de las unidades ambientales de las identificadas en la subcuenca del río Mucujún, parroquia Gonzalo Picón Febres del municipio Libertador del estado Mérida. Año 2012

| Factor | Vertiente derecha | Vertiente izquierda | Parte superior “Nacientes del río Mucujún” |
|------------------------------|--|--|--|
| | Percepción desde el fondo de valle hacia sectores altos | Percepción desde el fondo de valle hacia sectores altos | Percepción desde los sectores altos hacia fondos de valle altos |
| Agua | Se observa por tramos bosque ripario intervenidos, poca visual de río y quebradas, a excepción de la percepción visual del río Mucujún en el sector Puente Mucujún. | Se observa por tramos bosque ripario intervenidos, y Deslizamiento el pajonal, poca visual de río y quebradas, a excepción de la percepción visual del río Mucujún en el sector Puente Mucujún | Se observan sistema de lagunas y humedales de gran valor escénico, cascadas y ríos cristalinos. |
| Rareza | Habitualmente memorable, ya que existe la posibilidad de observar fauna o flora excepcional, a pesar de la existencia de zonas intervenidas que rompen con la armonía del sistema natural. | Habitualmente memorable, ya que existe la posibilidad de observar fauna o flora excepcional, a pesar de la existencia de zonas intervenidas que rompen con la armonía del sistema natural. | Excepcional de gran valor escénico, sobre todos los sectores más altos donde se encuentran los mantos de derrubios y el Desierto del Páramo. Posibilidad de observar heladas y nevadas. |
| Escenario adyacente | Zona de alto valor visual ya que se aprecian extraordinarias panorámicas de la Sierra Nevada. | Zona de alto valor visual ya que se aprecian extraordinarias panorámicas de la Sierra Nevada y páramo de los Conejos. | Zona de alto valor visual, se aprecian excepcionales panorámicas visuales hacia picachos y panorámicas de largo alcance hacia la Sierra Nevada, Piedras Blancas, Sur del Lago y Torondoy. |
| Modificación Cultural | La mayoría de los caminos históricos coloniales, son poco visitados, pero el que se dirige hacia la Cabaña de Los Curas es bastante amplio existiendo modificaciones del paisaje por la intervención cercano al refugio. | Áreas poco intervenidas y se mantiene la belleza del paisaje natural. | Área que se viene interviniendo por avance de la frontera agropecuaria cercan al puesto de guardaparques El Jarillo a 3000 m.s.n.m aproximadamente, que genera un impacto visual negativo al paisaje, existe modificación del paisaje en sitio del Refugio de excursionistas El Salado y en los valles altos intermontanos debido a la existencia de vegetación secundaria y algunas especies exóticas introducidas debido a la antigua intervención. Existen caminos para excursionistas, ecoturismo y turismo científico. A partir de los 3800 m.s.n.m. las modificaciones son mínimas a excepción del sistema de caminos presentes. |

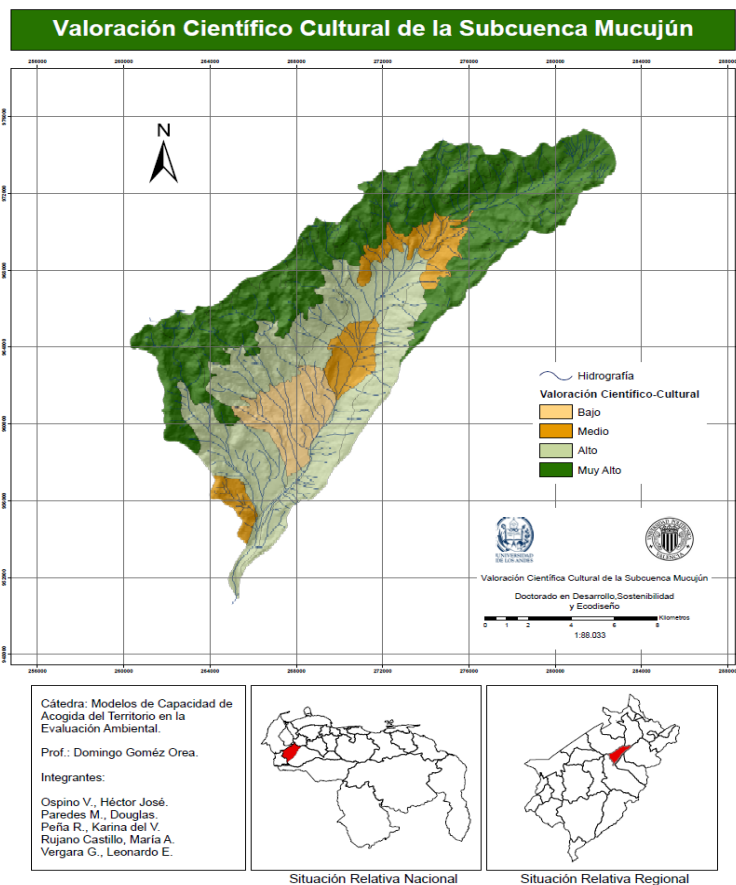
Fuente: López (1994) modificado por Ospino, et al (2012).

En el marco de lo antes expuesto, el panel de expertos realizó recorridos de campo y se consideró que este territorio presenta un paisaje único y de gran belleza escénica reflejado en las Unidades Ambientales identificadas, dándole un valor muy alto y alto, a aquellas áreas que proporcionan una percepción al ser humano agradable y de relajación mental y espiritual, mientras se dio una valoración media a aquellas áreas cercanas a actividades que rompen con la armonía natural por el impacto visual que causa, como por ejemplo actividades agropecuarias en zonas de páramo combinadas con frailejones o avances de potreros en áreas con pendientes superiores al 40%.



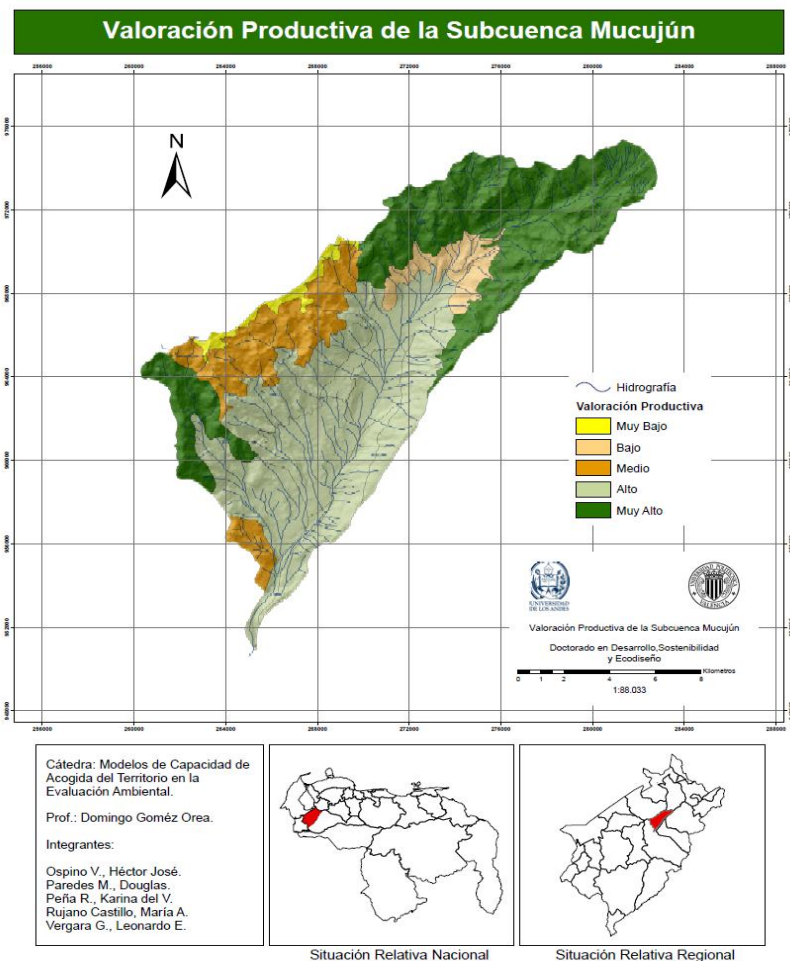
Valoración paisajística de la subcuenca del río Mucujún

- **Valoración científico – cultural.** En lo que se refiere al aspecto científico-cultural se refiere, se observa una valoración que va desde (bajo a muy alto) en la cual los valores más significativos de Muy Alto a Alto, coinciden con las unidades ambientales que se encuentran en zona de Páramo, que presenta ecosistemas terrestres y acuáticos únicos por la diversidad biológica con especies endémicas, poco comunes, de importancia etnobiológica, que se desarrolla en un ambiente de modelado glacial, así mismo el valor histórico de los caminos que fueron iniciados por los primeros pobladores de los Andes Merideños; no así la presencia de cultivos y actividades pecuarias en zonas de páramo y pendientes superiores al 35%, plantaciones con especies exóticas, que son catalogadas con valor medio y la actividad urbanística y turística no planificada, valorada de bajo valor científico-cultural.



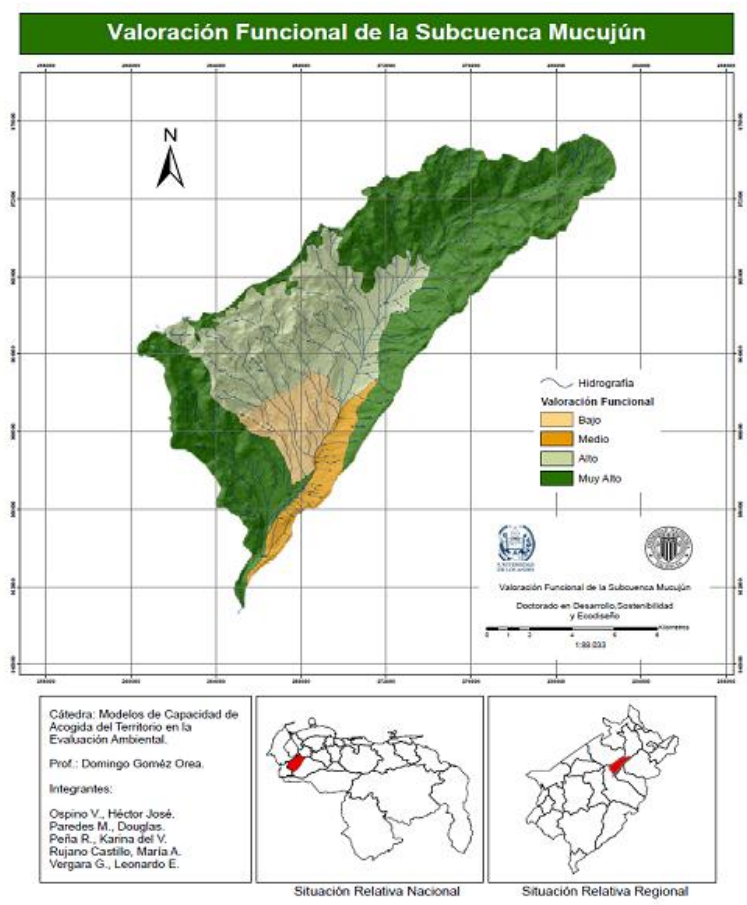
Valoración científico - cultural de la subcuenca del río Mucujún

- Valoración productiva.** Al considerar el sector productivo de la zona, y a las unidades ambientales que se ubican en la zona de páramo se les da un valor de muy alto por la producción de bienes y servicios ambientales que presta, los valores con categoría Alta se le asignó a las áreas de Fondo de Valle y otras zonas con pendientes suaves a moderadas, que favorece la producción agropecuaria, piscícola y turística intensivas. En el caso de las áreas que prestan una producción de servicios ambientales y que por la intervención antrópica se está haciendo un cambio de uso de la tierra para desarrollar actividades agrícolas y pecuarias se les asignó un valor bajo ya que se está afectando áreas que caracterizan esta cuenca como productora de agua para los propios de la zona y para la ciudad de Mérida y en el caso de la unidad IV se le asigna un valor muy bajo a que el área es un afloramiento rocoso con pendientes superiores al 40%.



Valoración productiva de la subcuenca del río Mucujún

- **Valoración funcional.** En cuanto a la contribución funcional que presenta determinado uso del suelo como un aporte en pro del beneficio ecológico o ambiental en la subcuenca del río Mucujún, se ha valorado de Muy Alta a Alta, a aquellas unidades ambientales que presten mayor funcionalidad ecológica, esta valoración recae en la zona de Páramo, Selva nublada, Sistema de Humedales, sectores con presencia de bosques nativos, matorrales, bosques riparios y matorrales intervenidos, pero no así las áreas intervenidas con plantaciones y cercas vivas de especies exóticas, áreas con movimientos en masa activos, áreas con procesos erosivos, áreas deforestadas para la construcción de viviendas sin planificación urbanística y la producción agropecuaria, cuyo valor asignado fue de Medio a Bajo ya que están afectando el equilibrio ecológico y la sostenibilidad de la zona.

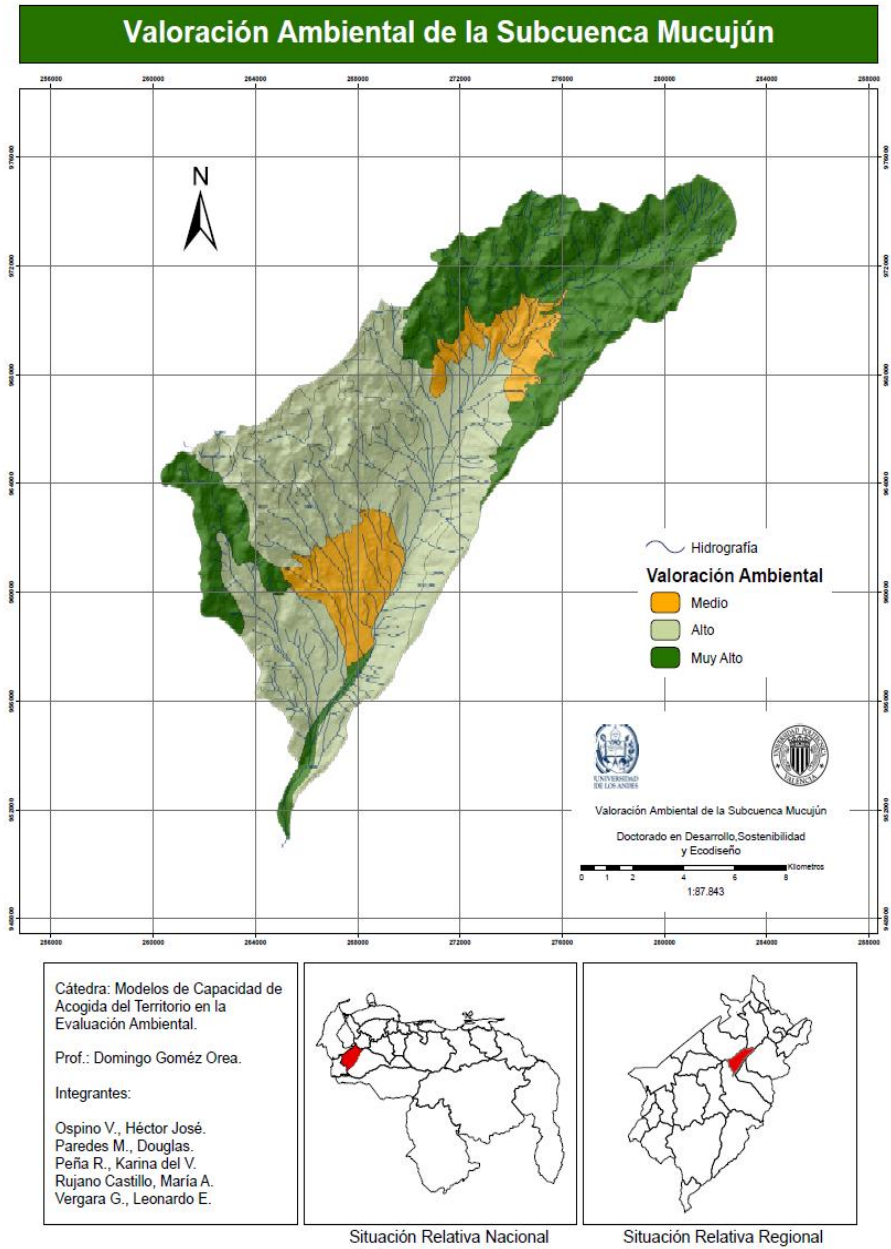


Valoración funcional de la subcuenca del río Mucujún

▪ ***Valoración ambiental total.***

Luego de haber valorado todas las unidades ambientales, de acuerdo a los criterios establecidos, para luego generar mapas temáticos, permitió gráficamente conocer la valoración ambiental total de la subcuenca del río Mucujún, obteniendo como resultado que el **88,41%** (17195,30 hectáreas) de la superficie total del territorio (19450 hectáreas), está cubierto por zonas de muy alto a alto valor ambiental desde el punto de vista ecológico, paisajístico, científico-cultural, productivo y funcional y sólo el **11,59%** (2254,70 hectáreas), de zonas de producción agropecuaria y de actividades urbanísticas y turísticas.

Esta valoración permite visualizar el territorio como una zona de producción de bienes y servicios ambientales a aprovechar con criterios de sostenibilidad y que deben ser consideradas para fortalecer las actuaciones de las Instituciones responsables de la gestión ambiental (Ministerio del Poder Popular para el Ambiente y el Instituto Nacional de Parques), ya que se cuenta con normativa para ello ya que una parte del territorio se encuentra dentro del Parque Nacional Sierra de la Culata y en la zona protectora del río Mucujún, sin embargo, por el históricos de las investigaciones realizadas en el área de estudio la figura jurídica existente no está garantizando la protección total de estos espacios, particularmente cuando la diversidad de factores causales de los conflictos sociales y ambientales que se vienen presentando e incrementando en la zona, por la contaminación de aguas, agotamiento de suelos, pérdida de vegetación boscosa, enfermedades hídricas, disminución de la productividad de los suelos, erosión y movimientos en masa, entre otros, por tanto, se requiere una ordenación del territorio con participación de los ciudadanos de la zona, a fin de que la zona se desarrolle con criterios de sostenibilidad.



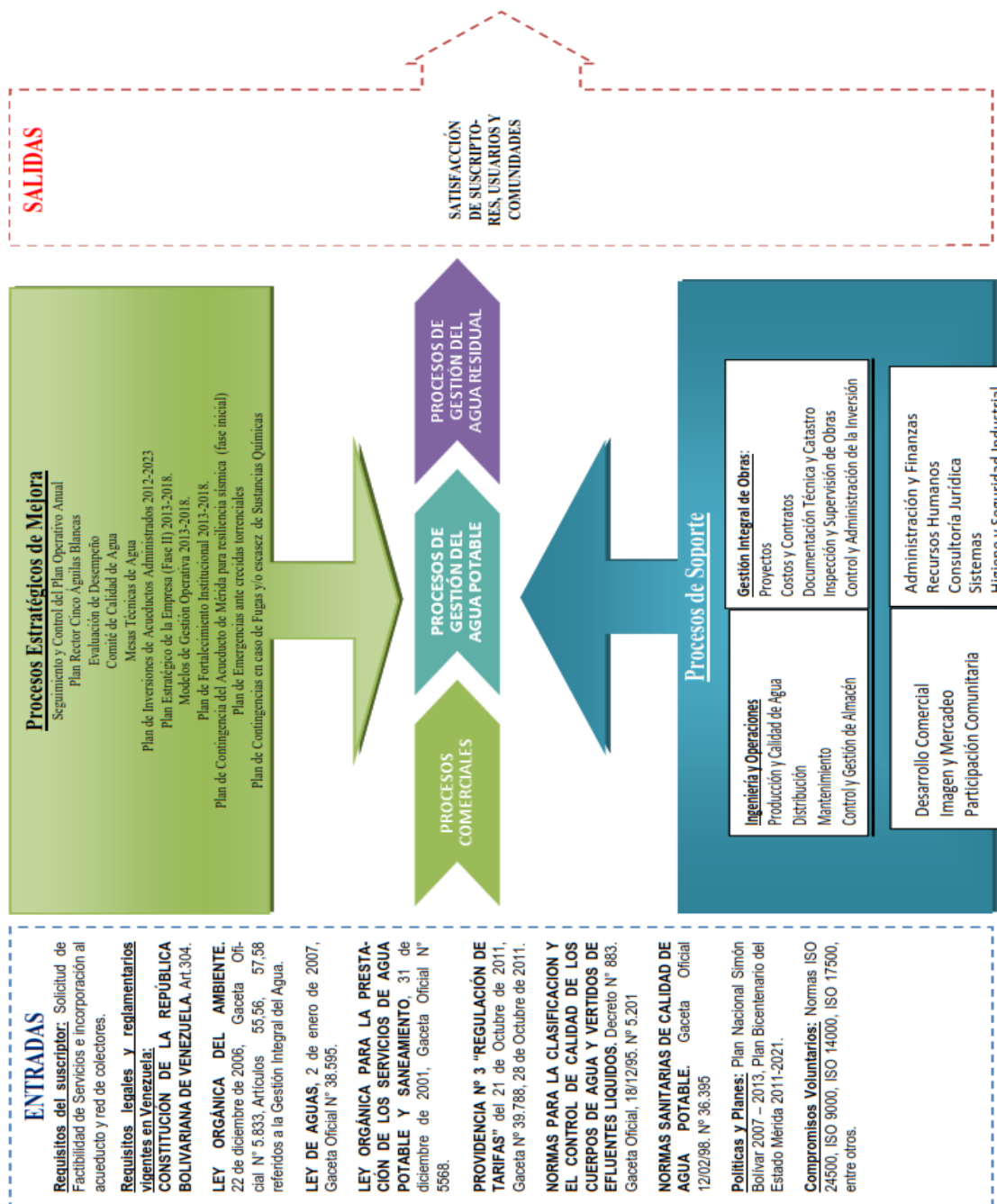
Valoración ambiental total de la subcuenca del río Mucujún

ANEXO 5.D.1
Histórico de indicadores financieros de Aguas
de Mérida C.A.

| | | INDICADORES DE GESTIÓN FINANCIEROS A VALORES HISTÓRICOS | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|--|---|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|--|
| | | Parámetro Estándar | Año 2001 | Año 2002 | Año 2003 | Año 2004 | Año 2005 | Año 2006 | Año 2007 | Año 2008 | Año 2009 | Año 2010 | Año 2011 | Año 2012 | Año 2013 | Año 2014 | Año 2015 | |
| INDICADORES FINANCIEROS | Nombre del Indicador | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Denominación | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Fórmula de Cálculo | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Índice de Solvencia General | > = 1 | 4,41 | 4,92 | 5,73 | 5,84 | 9,14 | 11,08 | 7,45 | 13,04 | 8,27 | 8,77 | 4,36 | 11,22 | 5,73 | 8,65 | 4,49 | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Índice de Superfluidez (con todas las fuentes de financiamiento) | > = 0,50 | 1,48 | 1,92 | 1,76 | 1,86 | 5,38 | 5,26 | 3,65 | 5,19 | 4,78 | 3,36 | 1,28 | 5,31 | 2,46 | 3,68 | 1,96 | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Índice de Superfluidez (con recursos propios) | > = 0,50 | - | - | 0,73 | 1,87 | 4,88 | 2,80 | 4,61 | 1,56 | 0,65 | 0,79 | 0,63 | 0,57 | 0,39 | 1,26 | 2,31 | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Índice de Rentabilidad | > = 0,40 | 2,89 | 1,80 | 0,72 | 2,45 | 2,72 | 1,62 | 1,92 | 1,42 | 1,74 | 3,15 | 6,75 | 7,93 | 9,87 | 4,87 | 30,25 | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Índice de Cobro | < = 60 días | 150 días | 109 días | 102 días | 88 días | 74 días | 61 días | 55 días | 61 días | 73 días | 75 días | 58 días | 55 días | 60 días | 44 días | 69 días | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Rotación de las Cuentas por Pagar | < = 30 días | 53 días | 61 días | 23 días | 20 días | 29 días | 6 días | 6 días | 8 días | 19 días | 14 días | 17 días | 16 días | 27 días | 23 días | 26 días | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Nota: Los datos en las variables de los Indicadores Financieros fueron revisados y ajustados todos, de acuerdo a los montos reflejados en los Estados Financieros reales (usados) de cada año. Gerencia de Administración y Finanzas

ANEXO 5.D.2
Contexto de procesos institucionales de Aguas
de Mérida C.A.



ANEXO 6.A

Matriz de cálculo del índice del desempeño y sostenibilidad de la prestación del servicio de agua potable (IDSAAP) – Proceso de agregación: criterio ambiental

Desarrollo de una metodología para la evaluación del desempeño y la sostenibilidad ambiental en la gestión del agua potable. Caso de Estudio: Aguas de Mérida C.A. (Venezuela)

| Criterio general | Peso relativo del criterio | Subcriterio | Importancia ponderada subcriterio | Importancia ponderada subcriterio % | Indicador estratégico | Importancia ponderada del indicador estratégico | Valor del indicador estratégico | FC | Peso relativo |
|---|----------------------------|---|---|-------------------------------------|--|---|---------------------------------|------|---------------|
| AMBIENTAL | 0,57 | Aprovechamiento del recurso hídrico | 0,1425 | 14,25 | % de caudal de agua captada para el abastecimiento en épocas de sequía | 0,1425 | 86% | 0,03 | 0,030780 |
| | | | | | Existe control legal y regulación efectiva de explotación de otros recursos y uso de suelo en las cuencas abastecedoras por las Autoridades Ambientales | 0,07125 | Mejorable | 0,40 | 0,028500 |
| | | | | | Porcentaje de eficiencia física en el periodo de evaluación | 0,1425 | 55% | 0,1 | 0,002725 |
| | | | | | Eficiencia hidráulica en el aprovechamiento del recurso hídrico en el periodo de evaluación | 0,0285 | 20% | 0,73 | 0,020891 |
| | | | | | Aplicación de medidas de control para reducción de pérdidas de agua en el sistema de acueducto | 0,0285 | Mejorable | 0,40 | 0,011400 |
| | | | | | Eficiencia energética | 0,0285 | 1,433 | 0,20 | 0,005700 |
| | | Contaminación por operación y mantenimiento | 0,1425 | 14,25 | Promedio de consumo de agua potable por habitante día | 0,0285 | 191 | 0,37 | 0,010460 |
| | | | | | Porcentaje de lodos y desechos generados por el sistema de potabilización (filtros, floculadores y sedimentadores) que se vierten sin depuración a cuerpos receptores, por año | 0,07125 | 0 | 0 | 0 |
| | | | | | Existen sistemas de recolección y tratamiento de aguas servidas para los vertidos de la ciudad al cuerpo receptor | 0,07125 | Parcialmente | 0,30 | 0,021375 |
| | | | | | Porcentaje de superficie de la o las cuencas tributarias que tienen en marcha un plan anual de silvicultura y reforestación, gestionado o coordinado directamente por la empresa operadora del sistema | 0,1425 | 2% | 0,01 | 0,000285 |
| | | | | | Aplicación de medidas educativas para el uso eficiente y conservación del agua a usuarios del sistema de acueducto | 0,0285 | Mejorable | 0,40 | 0,011400 |
| | | | | | Ingreso recaudado por venta de agua que se destina a conservación de cuencas por año | 0,0285 | 0,01 | 0,01 | 0,000314 |
| Conservación de cuencas hidrográficas abastecedoras | 0,1425 | 14,25 | Existen en ejecución un plan de marketing publicitario de la empresa, para promocionar el ahorro de agua y difusión pública de su actividad gestora | 0,0285 | Insuficiente | 0,60 | 0,017100 | | |
| | | | Existen sistemas de tratamientos de aguas servidas para los vertidos aguas arriba de la captación del sistema de acueducto urbano | 0,0285 | Parcialmente | 0,30 | 0,000314 | | |

ANEXO 6.B

Matriz de cálculo del índice del desempeño y sostenibilidad de la prestación del servicio de agua potable (IDSAAP) – Proceso de agregación: criterio social

| Criterio general | Peso relativo del criterio general | Subcriterio | Importancia Ponderada Subcriterio | Importancia Ponderada Subcriterio % | Indicador estratégico | Subindicadores | Importancia ponderada del indicador estratégico | Valor del indicador estratégico | Peso relativo | |
|------------------|--|--------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|-----------------------|-----------------------------------|--|---------------------------------|-----------------|----------|
| SOCIAL | 0,215 | Gobernabilidad del Agua | 0,215 | 7,1666 | Legitimidad | | | 0,07167 | 0,028788 | |
| | | | | | | | Satisfacción de la continuidad del servicio de agua potable | 0,01792 | 0,55 | 0,009854 |
| | | | | | | | Satisfacción de la calidad del agua (físicoquímica y bacteriológica) | 0,01792 | 0,97 | 0,017379 |
| | | | | | | | Densidad de reclamos | 0,01792 | 0,072 | 0,001286 |
| | | | | | | | Aceptación social del ajuste tarifario | 0,01792 | 0,015 | 0,000269 |
| | | | | | | Eficacia | | 0,07167 | 0,048016 | |
| | | | | | | Cobertura de agua potable. | 0,01792 | 0,85 | 0,015229 | |
| | | | | | | Continuidad del servicio. | 0,01792 | 0,82 | 0,014692 | |
| | | | | | | Eficiencia del agua facturada | 0,01792 | 0,57 | 0,010212 | |
| | | | | | | Cobertura de micromedición. | 0,01792 | 0,44 | 0,007883 | |
| | | | | | | Gobernanza | | 0,07167 | 0,057763 | |
| | | | | | | Permanencia gerencial. | 0,01433 | 0,200 | 0,002867 | |
| | | | | | | Estabilidad general del personal. | 0,01433 | 0,960 | 0,013760 | |
| | | | | | | Grado de profesionalización | 0,01433 | 0,980 | 0,014047 | |
| | | | | | | Conflictividad organizacional. | 0,01433 | 1 | 0,014333 | |
| | Efectividad en la rendición de cuentas | 0,01433 | 0,890 | 0,012757 | | | | | | |

ANEXO 6.C

Matriz de cálculo del índice del desempeño y sostenibilidad de la prestación del servicio de agua potable (IDSAAP) – Proceso de agregación: criterio económico

| Criterio general | Peso relativo del criterio | Subcriterio | Importancia ponderada subcriterio | Importancia ponderada subcriterio % | Indicador estratégico | Importancia ponderada del indicador estratégico | Valor del indicador estratégico | FC | Peso relativo | | | | | |
|------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|--|---|---------------------------------|------|---------------|---|---------|-----|------|---------|
| ECONÓMICO | 0,215 | Autogestión | 7,1666 | 0,07 | Porcentaje de autosuficiencia financiera anual | 0,035 | 86% | 0,88 | 0,0308 | | | | | |
| | | | | | | | | | | Porcentaje de recuperación de costos, mediante cobro de facturación por año | 0,035 | 44% | 0,1 | 0,00336 |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Índices Financieros | 7,1666 | 0,07 | Porcentaje de eficiencia en recaudación anual | 0,02333 | 81% | 0,57 | 0,01323 | | | | | |
| | | | | | | | | | | Porcentaje de liquidez | 0,02333 | 86% | 0,58 | 0,0136 |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Personal | 7,1666 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 0,0672 | | | | | | | |



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSIDAD
DE LOS ANDES
MERIDA-VENEZUELA

**Programa de Doctorado en
Diseño, Fabricación y Gestión de Proyectos Industriales
CONVENIO ULA – UPV**

Equipo de Investigación: Economía de la ciencia y de los recursos naturales: los procesos de innovación, diseño y gestión ambiental de los productos y procesos industriales