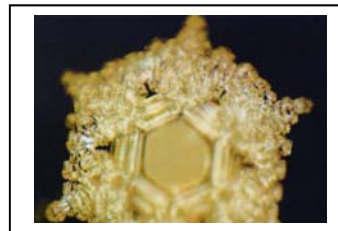
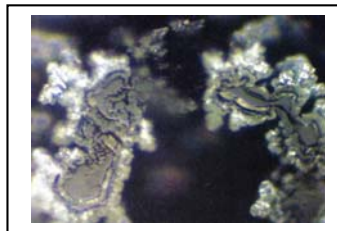
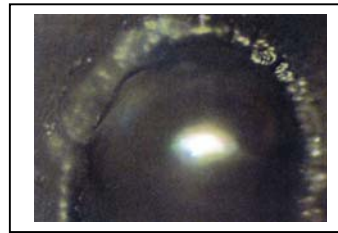




UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



**MODELO DE SIMULACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD DEL
CICLO URBANO DEL AGUA APLICABLE A PEQUEÑOS MUNICIPIOS DE
REGIONES EN VÍAS DE DESARROLLO**

Mario Alejandro NUDELMAN

FLUING – Instituto Universitario de Matemática Multidisciplinar
Departamento de Ingeniería Hidráulica y Medioambiente

Tesis presentada para el grado de
Doctor por la Universitat Politècnica de València

Dirigida por:

Prof. Dr. Rafael PÉREZ GARCÍA – Universitat Politècnica de València

Prof. Dr. Antonio CASELLES MONCHO – Universitat de València

Valencia, Enero de 2016

Imágenes de cristales de agua

extraídas de la obra de Masaru Emoto “El Agua , espejo de las palabras”, Editorial Sirio. 2008

Autorización de CEDRO.ORG, para reproducciones utilizadas con fines educativos.2015

Prologo

Las imágenes que acompañan la portada de la tesis son cristales de agua. Los mismos fueron reproducidos en una obra de Masaru Emoto denominada “El Agua, espejo de las palabras” (Emoto, M., 2008). Masaru logró descubrir una virtud poco conocida del agua: puede “reaccionar” frente a diversos tipos de palabras. Con una técnica de congelamiento y de micro-fotografía, pudo capturar como los cristales de agua se agrupaban o adquirirían formas diversas según se trate de una palabra positiva, o que promueve la vida o la belleza, y otras, notablemente diferentes, cuando estas son negativas, hirientes, dolorosas. Algo sencillamente sorprendente!. Sin ningún ánimo de avanzar en relaciones causales en el fenómeno mencionado, tan solo hago hincapié en el más elemental sentimiento de sorpresa para reflexionar si sobre una analogía aplicable a la presente tesis.

Este acontecimiento, junto con la profunda sorpresa que me causó, me hizo reflexionar acerca de la unidad que existe entre las cosas, los lazos más o menos evidentes que existen y que según el “prisma” con que se los mire, podemos percatarnos o no de ellos. En este caso estamos frente a un hecho singular: ¿cómo podemos modificar tan solo con la palabra a uno de los elementos principales que componen nuestro soporte vital?. Si bien he dicho “tan solo”, la palabra hoy exponencialmente amplificadas y omnipresentes en todo el globo gracias a las tecnologías de la comunicación, no deja de ser mas allá del aturdimiento y desconcierto que siembra tamaño bombardeo, un elemento fundacional de la vida. De hecho, las religiones judeo-cristianas reconocen que “en un principio fue el Verbo”. Y, evidentemente gracias a la capacidad de observación de Masaru Emoto, vemos que la intencionalidad de la palabra tiene un efecto, una reacción. Dejé librado a la capacidad del lector para que descubra cuales son cristales que reaccionan ante palabras positivas y negativas en los cuatro ejemplos de la portada!

Reflexionaba también sobre los medios para poder capturar este “misterio” ahora develado. Bastó capacidad de observación, comparación, prueba y error junto con un microscopio y una cámara fotográfica apropiada para detectar este fenómeno (Ah! y sin dudas la proverbial paciencia oriental!).

Y, justamente desde esa reflexión, tuve una mirada panorámica de esta tesis, y veo que, con otra escala, tienen muchos elementos en común. Masaru Emoto, concentrado en una escala “micro”, gracias al mencionado “microscopio” descubre esta novedad presentada en los párrafos precedentes. Esta tesis ha puesto su acento en el desarrollo de un instrumento, de un “macroscopio” (utilizando la expresión del título acuñado por Joel de Rosnay, “El Macroscopio”, Rosnay, J., 1977), donde brinda un conjunto de modelos conceptuales desde la teoría general de sistemas, para entender problemas complejos de

nuestra sociedad). El “macroscopio” que ocupa nuestra atención busca brindar también una imagen, una forma de “capturar” el efecto de un gran conjunto de factores (tecnológicos, sociales, económicos, ambientales), muchos aparentemente inconexos, sobre el mismo elemento, el agua, tanto en su función social, como soporte de la vida de todas las personas, como ambiental, o sea soporte de la vida... de toda vida. Es más, si continuamos con la analogía que estoy estableciendo con el trabajo de Emoto, ese complejo conjunto de factores vinculados al ciclo del agua, tienen un sentido dentro de una cultura, nacen como expresión de un concepto... de una palabra.

La imagen que se buscará reproducir con este “macroscopio” es la de la sostenibilidad enfocada al agua, en una escala que es la urbana. Los “cristales de palabras positivas”, serán los sectores de una determinada localidad que están en condiciones de sostenibilidad, mientras que aquellos “cristales de palabras negativas” serán los insostenibles. Entre unos y otros, seguramente aparecerán “grises”, situaciones intermedias que nos muestren tendencias hacia el mejoramiento o al empeoramiento de dicho dinámico equilibrio.

En el trabajo podrán constatar la relevancia del tema, en sí mismo, por las implicancias que trae para las personas y los ecosistemas, que se cumplan las premisas más elementales que trae aparejada la sostenibilidad del ciclo del agua: “no consumir por encima de la tasa de recarga de las fuentes de agua disponible” y “no contaminar los cursos receptores más allá de la tasa de regeneración de los mismos”. Pero hoy hay que sumarle la irrenunciable necesidad de enfocarse hacia un equilibrio sostenible en virtud de la amenaza que cierne sobre todas las sociedades a partir del cambio climático. En este 2015 todos somos testigos de una oportunidad (muchos científicos sostienen que es la última) de alcanzar un acuerdo global respecto a la “descarbonización” de la economía mundial en la Cumbre ambiental de París, y con ello, iniciar un largo y sin dudas penoso camino para revertir los daños.

La tesis llama la atención no solo sobre los aspectos salientes del cambio climático y sus efectos sobre el ciclo hidrológico, volviéndolo hacia un futuro que ya estamos transitando, prácticamente impredecible, sino también busca indagar de cómo se llegó a dicha situación: una sociedad donde el centro de su desarrollo es la satisfacción desigual de necesidades materiales. Es más, cuando se plantea el “desarrollo”, ocupa siempre el centro de la escena una reduccionista dimensión material. Una dimensión donde la persona humana ocupa un lugar lejanamente secundario, el del consumidor.

Por otra parte, otro aspecto saliente, muestra como el cambio climático no es algo frente a lo cual se esté en condiciones de “escabullirse”, es algo instalado y en una evolución frente a la cual es necesario desplegar facultades, recursos y liderazgo para plantear políticas creativas, inclusivas, que miren el panorama comprometido que todas las sociedades tienen de frente. Los organismos internacionales como el IPCC (Intergubernamental Panel of Climate Change) han producido a esta altura lineamientos globales para políticas denominadas “adaptativas” al cambio climático. Existe un claro consenso de que si dichas políticas no avanzan tangiblemente en el corto y mediano

plazo, la falta de adaptación acarreará consecuencias progresivamente más negativas, y los sectores de la sociedad más vulnerables, sea el país que se trate, serán los que acusen peor el golpe.

Este “macroscopio del ciclo urbano del agua” se inscribe como un minúsculo granito de arena, ante el mar de déficits y necesidades, como un producto que desde la Ciencia y la Tecnología, contribuya a visualizar los problemas complejos que las regiones en vías de desarrollo tienen en sus asentamientos humanos, para fijar pautas de sostenibilidad del ciclo del agua y como operar positiva e integralmente para restituir equilibrios, urbanos y/o sectoriales. Pero no solo es presentado como un objeto tecnológico que permita visualizar problemas y diseñar estrategias de solución. También busca contribuir al diálogo intersectorial proporcionando un lenguaje común entre los actores participantes del ciclo: pobladores, proveedores de servicios, autoridades locales, productores, ambientalistas, científicos, tecnólogos, comerciantes, instituciones. El agua, sin duda, es transversal a todo y a todos. No nos deja indiferentes, más cuando existan personas y ecosistemas muy próximos que queden expuestos a serios problemas, aun donde hasta hace poco tiempo, no los había.

El tema y el tiempo que duró la ejecución de esta tesis permitió no solo presentarla como el cierre de un exigente programa académico, sino también como un componente central en el centro de investigación que hemos fundado en la Facultad de Ciencia y Tecnología de la Universidad Autónoma de Entre Ríos. Inclusive ha sido un componente sobresaliente en una flamante Fundación que hemos formado para promover proyectos participativos de agua y saneamiento para sectores socialmente más desprotegidos. Solo unas menciones del recorrido llevado a cabo en estos años, asumiendo la ciencia y la tecnología no solo como un compromiso intelectual y académico, sino también como una formidable herramienta de planificación, movilización y compromiso ciudadano. Podríamos decir que es una “tesis iterativa” realmente. Construyendo un conocimiento abierto con el medio y que sin dudas abrirá nuevos interrogantes y arrimará novedosas líneas de acción.

Por último, quiero destacar que esta tesis si bien lleva mi autoría, es la expresión de la generosidad de muchos, una verdadera construcción colectiva y que se ve reflejada en el amplio abanico de agradecimientos que cierran la introducción que sigue a continuación.

Los invito entonces a recorrer este “macroscopio”, como herramienta abierta a visualizar problemas y proponer estrategias en un campo tan sensible.

Mario Alejandro Nudelman

Paraná, Entre Ríos, Argentina. Diciembre del 2015

Resumen

La tesis está orientada al desarrollo de un instrumento de información calificada, como lo es un modelo de simulación dinámica, que sirva de soporte para las decisiones locales en la planificación del sector del agua y saneamiento, tendientes a su sostenibilidad, especialmente en núcleos urbanos de regiones en vías de desarrollo.

La sostenibilidad del ciclo urbano del agua (CUA) es entendida tanto a escala de todo el asentamiento humano como a escala de sectores urbanos diferenciados, respondiendo a objetivos de preservación de la calidad y cantidad del recurso hídrico local en la primera escala y de servicio, según la disponibilidad, acceso y mantenimiento de la provisión de agua y saneamiento en la segunda. La misma es planteada no solo como un objetivo deseable social, económica y ambientalmente, sino también como un imperativo de la época, en virtud del desafío que tienen las sociedades todas de poner en marcha políticas adaptativas frente al cambio climático y sus efectos directos sobre el ciclo hidrológico. Dentro del concierto internacional, las regiones en vías de desarrollo son las que ofrecen mayor vulnerabilidad a dichos efectos.

Dividido el Ciclo Urbano del agua en dos tramos (Saneamiento y Abastecimiento de agua) y el segundo en cuatro SubSistemas (Acceso, Demográfico, Ingresos y Consumo de Agua), el modelo es presentado en un grado de definición creciente desde el primer tramo al último SubSistema. Para ello se sigue el enfoque metodológico de la Teoría General de Sistemas, con su aplicación al desarrollo de modelos de simulación dinámica. Enfoque metodológico pertinente para abordar la complejidad que implica los factores que definen la sostenibilidad del CUA.

El modelo es concebido como una forma de “capturar” la heterogeneidad de situaciones meticulosamente planteadas, la gran mayoría fruto de la dinámica de ordenamiento territorial en este tipo de regiones en vías de desarrollo, signadas por el hecho consumado de “primero habito” que ha modelado buena parte de la urbanización y su relación con el medioambiente, especialmente en América Latina, sub-continente donde está ubicado el caso tomado de referencia para su diseño. Por último, busca sumar un aporte a la construcción de un lenguaje común entre todos los actores sociales relacionados con el agua, tanto pobladores, como responsables técnicos y políticos de los servicios de agua y saneamiento, gobierno local, científicos, tecnólogos, empresarios del sector, productores, a los efectos de que la sostenibilidad, como forma de preservar los sectores sociales y ambientales más vulnerables, constituya una construcción compartida en pos de la vida digna de las personas y un ambiente que siga siendo soporte de la vida sobre la Tierra.

Palabras Claves: Sostenibilidad, Ciclo Urbano del Agua, Modelo, Simulación Dinámica, Teoría general de Sistemas, Asentamientos en Regiones en vías de desarrollo.

Abstract

The thesis is aimed at developing a qualified information tool (a dynamic simulation model), that serves as support for local decisions in planning the water and sanitation sector, aimed at sustainability, especially in urban centers of developing regions.

The sustainability of the urban water cycle (WUC) is understood both at the scale of the whole human settlement and at the scale of differentiated urban sectors, responding to objectives of preserving the quality and quantity of local water resource, firstly, and second, for a service based on availability, access and maintenance of water supply and sanitation. It is raised not only as a social, economic and environmentally desirable objective, but an imperative of the time, under the challenge that societies have all put in place policies adaptive to climate change and its direct effects on the hydrological cycle. Within the international arena, the developing regions are those that offer increased vulnerability to such effects.

Dividing the urban water cycle in two sections (Sanitation and Water Supply), and the second in four subsystems (Water access, Demographic, Income and Water consumption), the model is presented in a degree of definition increased since the first installment to last Subsystem. For this, the methodological approach of the General Systems Theory is used, with its application to the development of dynamic simulation models. This methodological approach is appropriate to address the complexity of the factors that define the sustainability of WUC.

The model is conceived as a way to "capture" the heterogeneity of meticulously raised situations, were most are the result of the dynamics of land use in such regions in developing, marked by the accomplished fact of "first live in" that has modeling much of urbanization and their relationship with the environment, especially in Latin America, sub-continent where is located the reference case to its design. Finally, this paper seeks to add a contribution to the construction of a common language between all stakeholders related to water, both residents, as technical managers and politicians in the water and sanitation services, local government, scientists, technologists, entrepreneurs industry, producers, for whom the sustainability is a way to preserve the most vulnerable social and environmental sectors, constitutes an shared achievement to a decent life for the people and environment that still support life on Earth.

Keywords: Sustainability, urban water cycle, modelling, dynamic simulation, general systems theory, settlements in developing regions.

Resum

La tesi es centra en el desenvolupament d'una eina d'informació especialitzada, ja que és un model de simulació dinàmica, que dóna suport a les decisions destinades a la sostenibilitat, especialment en zones urbanes de les regions, en la planificació local del sector aigua i sanejament.

S'entén la sostenibilitat del cicle urbà d'aigua (CUA) tant a l'escala de tot l'assentament humà como a l'escala de sectors urbans diferenciables, responent als objectius de conservació de la qualitat i quantitat del recurs d'aigua local, en la primera escala, i de servei, en la segona escala, segons disponibilitat, accés i manteniment de la prestació d'aigua i sanejament. Es planteja no només com un desitjable objectiu (social, econòmic i ambientalment), sinó també com un imperatiu dels temps, sota el repte que tenen totes les societats d'implementar polítiques adaptatives contra el canvi climàtic i els seus efectes directes sobre el cicle hidrològic. Dins l'àmbit internacional, les regions en vies de desenvolupament són les que ofereixen més vulnerable a tals efectes.

Podem dividir el cicle urbà de l'aigua en dues seccions (subministrament d'aigua i sanejament), i la segona en quatre sistemes (accés, demogràfiques, renda i consum d'aigua), de manera que el model es presenta en un grau de major definició des de la primera secció a l'últim sistema. Això es desprèn l'enfocament metodològic de la Teoria General de sistemes, amb la seva aplicació en el desenvolupament de models de simulació dinàmica. Es tracta de un enfocament metodològic rellevant per fer front a la complexitat que implica els factors que defineixen la sostenibilitat de la CUA.

El model està concebut com una manera de «captura» de l'heterogeneïtat de situacions meticulosament plantejades, sent la gran majoria el resultat de les dinàmiques d'ordenament del territori en aquest tipus de regions, marcada per el fet aconseguit del "primer habitant" que ha modelat bona part de la urbanització i la seva relació amb el medi, especialment a Llatinoamèrica, subcontinent on es troba el cas de referència per al seu disseny. Finalment, es pretén afegir una contribució a la construcció d'un llenguatge comú entre tots els actors relacionats amb l'aigua, veïns, tècnics i polítics, responsables de serveis d'aigua i sanejament, governs locals, científics, tecnòlegs, empresaris, productors, als efectes de la sostenibilitat, com una manera de preservar als més vulnerables social i ambientalment, que constitueix un repte compartit en la recerca cap a la vida digna de les persones i un entorn que encara doni suport a la vida a la Terra.

Paraules clau: Sostenibilitat, Cicle urbà del aigua, Model, Simulació dinàmica, Teoria general de sistemes, Assentaments a les regions.

Índice

1. Introducción.....	3
1.1 Breve Reseña del entorno dentro del cual se realizó la Tesis	3
1.2 Objetivos de la Tesis	6
1.3 Desarrollo general del trabajo	7
1.4 Un extendido agradecimiento	10
2. Marco Teórico Parte 1: General. Crecimiento Económico, sus consecuencias sobre las condiciones de accesibilidad a los recursos hídricos y las transformaciones que aporta el Cambio Climático	15
2. Motivaciones y la sorpresa de un descubrimiento revelador	15
2.1 Cuando la persona no está en el centro de las decisiones	17
2.1.1 Rol de la Persona Humana en la Sociedad Tecnológica	17
2.1.2 Riesgos de una Planificación que reduce instrumentalmente a la Persona.....	20
2.2 Ejes principales para un uso positivo de la Tecnología y la Planificación ...	24
2.3 Coordenadas Generales para un Modelo de Simulación centrado en la Persona	27
2.4 Los Recursos Hídricos globales en juego frente al crecimiento y la extralimitación	31
2.4.1 Extralimitación: desequilibrio de las relaciones de la sociedad humana con el medioambiente	31
2.4.2 Hacia la extralimitación en el uso de los Recursos Hídricos.....	32
2.4.3 La necesidad de restablecer equilibrios	40
2.5 Cambio Climático: Amenazas sobre la sostenibilidad del Ciclo Hidrológico41	
2.5.1 Descripción del Ciclo del Carbono.....	42
2.5.2 Causas de la Acumulación del Carbono y de Gases de Efecto Invernadero (GEI).....	43
2.5.3 El Efecto Invernadero	47
2.5.4 Un panorama sombrío: cambios irreversibles o “puntos de no retorno”	49
2.5.5 Efectos sobre los sistemas productivos, las sociedades y los ecosistemas	50
2.5.6 La Comunidad Internacional frente al problema	56
2.5.7 Estrategias de Acción frente al Cambio Climático.....	59
2.6 Cambio Climático y su impacto sobre el Ciclo Hidrológico en el Litoral Argentino	69
2.7 Adaptación: hacia trayectorias resilientes.....	81
2.8 Respuesta esperada del Modelo objeto de estudio y desarrollo a las demandas de un enfoque adaptativo del Sistema Local de Agua y Saneamiento.....	84
2.9 Pesimismo frente al enfoque adaptativo, y toma de posición del autor.....	84

Parte 2	87
2.10 Marco Teórico particular: Sostenibilidad del Ciclo Urbano del Agua	87
2.11 Sostenibilidad y Ciclo Urbano del agua.....	89
2.11.1 Necesidad.....	89
2.11.2 Recursos Naturales como bienes limitados	90
2.11.3 Dimensión Temporal	91
2.12 Premisas consecuentes	93
3. Revisión de Antecedentes	101
3.1 Modelos vinculados al agua urbana y a su gestión	101
3.2 Conclusión de la Revisión de antecedentes	113
4. Aspectos Metodológicos	119
4. Introducción al Capítulo.....	119
4.1 Teoría General de Sistemas, Complejidad y Sistemas Vivientes centrados en el uso común.....	120
4.2 Metodología General para el desarrollo de Modelos de Simulación según la TGS	125
4.2.1 Algunas definiciones de interés aplicables al trabajo	125
4.2.2 Etapas generales para la Construcción de Modelos de Simulación	127
4.3 Aplicación de la Metodología al Objeto de Estudio	132
4.3.1 Relevamiento de Información Secundaria.....	133
4.3.2 Relevamiento de Información Primaria.....	139
4.3.3 Procesamiento de Información	143
4.3.4 Análisis de Información I, Totalidad de la información.....	144
4.3.5 Análisis de la Información II. Segmentación territorial de la información.....	146
4.3.6 Análisis Multi-variante utilizando el Programa REGINT©.....	150
4.4 Programación del Modelo utilizando el Programa SIGEM©	154
4.4.1 Construcción de los ficheros de inicio.....	154
4.5 Modelado de la Red de Distribución de Agua utilizando la extensión GISRED©	156
4.5.1 ¿Qué es la extensión GISRed v1.0?.....	156
4.5.2 Pasos para utilizar GISRed v1.0	157
5. Descripción del municipio de referencia.....	159
5. Introducción al Capítulo.....	159
5.1 El Caso de Referencia: Municipio de Fontana.....	160
5.1.1 Localización.....	160
5.2 Caracterización de la localidad en estudio	160
5.2.1 Situación Socioeconómica de la población	160
5.2.2 Régimen Hídrico.....	161
5.2.3 Implantación de la Localidad	163
5.2.4 Situación de la provisión de agua	164
5.2.5 Situación del Saneamiento de Aguas Residuales	165
5.3 El Municipio de Fontana frente a las deficiencias de Agua y Saneamiento	166

6. Modelo de simulación de la sostenibilidad del ciclo urbano del agua (CUA).....	171
6.1 Modelo Conceptual del Ciclo Urbano del Agua.....	173
6.1.1 Unidad de Análisis.....	173
6.1.2 Modelo conceptual;.....	176
6.1.3 Sostenibilidad del CUA a nivel de UCE	180
6.1.4 Necesidad de agregación de las UCE	180
6.1.5 Aplicación del Concepto de Sostenibilidad a la Unidad territorial “Manzana”	181
6.1.6 Sostenibilidad a nivel urbano: cumplimiento de los objetivos de preservación.....	184
6.2 Avances en la Construcción del Modelo de Simulación: Tramo Saneamiento.....	187
6.2.1 Descripción del Cauce Receptor.....	188
6.2.2 Principales avances teóricos en para la determinación de Oxígeno Disuelto en el río.....	191
6.2.3 Determinación de Oxígeno disuelto y Demanda Biológica de Oxígeno	191
6.2.4 Información disponible en el sector relacionado con el Municipio de Fontana.....	196
6.2.5 Determinación de los parámetros de los vertidos al curso receptor	199
6.2.6 Estimaciones de la carga contaminante en las UCE.....	202
6.2.7 El Término Municipal de Fontana a las márgenes del río Negro ...	204
6.2.8 Desarrollo del SubSistema Saneamiento a futuro	207
6.2.9 Cumplimiento del Objetivo de Preservación.....	209
6.3 Modelo de simulación de la Sostenibilidad del Ciclo Urbano del Agua – Tramo “Provisión de Agua Potable”.....	211
6.3.1 Heterogeneidad de los Sistemas de Provisión de agua en la Regiones en vías de desarrollo	212
6.3.2 Función “Distribución”.....	212
6.3.3 Función “Acceso”.....	213
6.3.4 Función “Mantenimiento”	214
6.3.5 SubSistema “Acceso”	214
6.3.6 SubSistema Demográfico	238
6.3.7 SubSistema Ingresos.....	248
6.4 Relevancia de los SubSistemas presentados	254
7. Modelo de Simulación de la Sostenibilidad del Ciclo Urbano del Agua SubSistema “Consumo de Agua”	259
7. Introducción al Capítulo.....	259
7.1 SubSistema “Consumo de Agua”: Determinación de la Demanda de agua por UCE y Manzana	261
7.1.1 Lectura general de las componentes de las ecuaciones del SubSistema “Consumos de agua”.....	276
7.1.2 Lectura particular de las ecuaciones desde la “gestión de la demanda”	277

7.2 El SubSistema “Consumo de Agua”, el uso eficiente del agua y la diversificación de fuentes de abastecimiento	279
7.3 SubSistema “Consumo de Agua” y la calidad del servicio de agua	283
8. Conclusiones y Desarrollos a futuro.....	289
8.1 En referencia directa a los objetivos	289
8.2 En referencia al Modelo en su conjunto.....	291
8.3 Desarrollos a futuro del Modelo presentado	293
8.3.1 Acciones de completamiento	293
8.3.2 Acciones de verificación y utilización del Modelo	294
8.4 Desarrollos a futuro: Implicancias del diseño de Modelos en el entorno municipal.....	294
Bibliografía.....	297
Anexos	307

Índice de Figuras

Capítulo 2 Parte 1

Figura 1. Mapa Conceptual: La Planificación en la Sociedad Tecnológica Consumista Fuente: Elaboración propia	26
Figura 2. Recursos de Agua Dulce y Evolución del Uso para Actividades Humanas Fuente: (Meadow, D. et.al.,2012).....	33
Figura 3. Evolución del Consumo de Agua en Estados Unidos en el Siglo XX Fuente: (Meadow, D. et.al.,2012).....	36
Figura 4. Diferencias entre zonas con cuencas según presencia y caudales en Sudamérica Fuente: National Geographic, 2010.....	37
Figura 5. Comparación de la Estructura de Consumo de Agua por países: Porcentajes destinados al Consumo Domiciliario, Agrícola e Industrial. Fuente: Revista “Investigación y Ciencia”, 2001.....	38
Figura 6. Foto aérea de cultivos intensivos del “Valle Imperial” en las márgenes del “Mar de Salton”, sudeste de California (EE.UU). Fuente: “Investigación y Ciencia” Tema 24, 2001	39
Figura 7. Ciclo Global del Carbono Fuente: (Ecología Eov, 2009).....	42
Figura 8. Evolución histórica de las concentraciones de Gases de Efecto Invernadero los últimos dos mil años medidos en Partes por Millón volumétrico. Fuente: US Environmental Protection Agency (EPA, 2015)	43
Figura 9. Cambios en la Temperatura de superficie y contenidos de CO2 atmosférico. Fuente: (EPA, 2015).....	44
Figura 10. Perturbaciones antropogénicas en gigatonnes de carbono/año Fuente: (Apps, M., 2003)	45
Figura 11. Mecanismo genérico de aumento de las concentraciones de carbono atmosférico Fuente: (EPA, 2015)	46
Figura 12. Esquema general de la forma en que se produce el efecto invernadero Fuente (INNEC, 2014)	47
Figura 13. Crecimiento de la Temperatura Media Anual del Planeta Grafico basado en los Informes IPCC Fuente: Larios Martón, 2008	48
Figura 14. Efectos del Cambio Climático en el planeta Fuente (http://www.metoffice.gov.uk).....	52
Figura 15. Sudamérica en un Planeta sin Glaciares ni Polos Fuente: (National Geographic, 2013)	53
Figura 16. Latinoamérica: Probabilidad de alcanzar temperaturas cálidas extremas en los períodos Diciembre /Enero /Febrero según los umbrales de +2°C o +4°C (Potsdam Instituto, 2014)	54
Figura 17. Riesgos climático para América Latina Fuente: (Potsdam Institute, 2014)	55
Figura 18. Principales impactos por cambio climático para América Latina Fuente: (Potsdam Institute, 2014).....	56

Figura 19. Visualización de las posibles trayectorias de evolución de la temperatura global sobre la de la era pre-industrial, según estudios vs. trayectorias. Fuente: Potsdam Institute, 2012.....	58
Figura 20. Beneficios agregados de cuatro proyectos de desarrollo a lo largo de 20 (veinte) años Fuente: (Banco Mundial, 2014).....	61
Figura 21. Respuesta a los Impactos del Cambio Climático: Mapa Conceptual del Enfoque de Riesgo Fuente: IPCC, 2014b.....	62
Figura 22. Esquema iterativo para el planteo general de políticas adaptativas. Fuente: (IPCC, 2014b).....	64
Figura 23. Escenarios de incremento de temperatura dentro del presente siglo Fuente: (IPCC, 2014b).....	67
Figura 24. Incremento del Riesgo en los Cinco Principales Motivos de Preocupación En función de la Temperatura Global Promedio de Superficie Fuente: (IPCC, 2014b)....	67
Figura 25. Regiones de Argentina analizadas para la determinación de la prospectiva climática para el presente siglo Fuente: (CIMA, 2015)	70
Figura 26. Cambio de la Temperatura Media Anual con respecto al período 1986 – 2005. Fuente: (CIMA, 2015).....	71
Figura 27. Cambio de la Temperatura Media Anual con respecto al período 1986 – 2005 Fuente: (CIMA, 2015).....	72
Figura 28. Cambios del número de días de olas de calor con respecto al período 1986 – 2005. Fuente: (CIMA, 2015).....	73
Figura 29. Cambios del número de días de olas de calor con respecto al período 1986 – 2005 Fuente: (CIMA, 2015).....	73
Figura 30. Cambios de la precipitación diaria máxima del año (en mm) con respecto al período 1986 – 2005 Fuente: CIMA, 2015	74
Figura 31. Cambios de la precipitación diaria máxima del año (en mm) con respecto al período 1986 – 2005. Fuente: CIMA, 2015	74
Figura 32. Cambios en el número máximo anual de días secos consecutivos en relación al período 1986 – 2005 Fuente: (CIMA, 2015).....	75
Figura 33. Cambios en el número máximo anual de días secos consecutivos en relación al período 1986 – 2005 Fuente: (CIMA, 2015).....	75
Figura 34. Número de Registro de inundaciones en la Cuenca del Plata - Período 1970 / 2001. Fuente: (Herzer, H. et.al, 2004).....	77
Figura 35. Cataratas del Iguazú, sin agua en el año 2012. Un fenómeno que se ha repetido también en el año 2009 Fuente: http://climaticocambio.com/las-cataratas-de-iguazu-secas/ Imagen Capturada en 05/2015	78
Figura 36. Ubicación de los Ríos Paraná, Paraguay, Iguazú y Uruguay en la zona de estudio. Fuente (Saurral, R. 2010).....	79
Figura 37. Espacio de Soluciones en el Enfoque de Riesgo de Cambio Climático Fuente (IPCC, 2014).....	82

Capítulo 4

Figura 1. Sistema Homeostático de retroalimentación negativa, con control adaptativo (Von Bertalanffy et. al, 1987).....	124
Figura 2. Ejemplo de un Diagrama de Forrester de Estudio. Fuente: Elaboración propia	128
Figura 3. Ejemplo de un Diagrama de Forrester. Fuente: Elaboración propia.....	131
Figura 4. Composición de los Clusters según Calidad de Vivienda Fuente: Elaboración propia.....	140
Figura 5. Selección aleatoria de parcelas para la realización de la encuesta Fuente: Elaboración propia	142
Figura 6. Estructura base de datos conteniendo registros de la encuesta Fuente: Elaboración propia	143
Figura 7. . Estructura relacional de la base de datos. Fuente: Elaboración propia.....	143
Figura 8. Subconjunto diseñado para el análisis multivariante inicial Fuente: Elaboración propia.....	144
Figura 9. Tabla parcial de información a nivel de usuario. Fuente: Elaboración Propia	145
Figura 10. Composición de las Chacras del Término Municipal de Fontana. Fuente: Elaboración propia	146
Figura 11. Diagrama de flujo general para el Procesamiento de la Información Fuente: Elaboración propia.....	147
Figura 12. . Información tipo Raster obtenida dentro del proceso de Interpolación Geográfica. Fuente: Elaboración propia.....	149
Figura 13. Diagrama de Flujo del Proceso de Construcción de Modelos de GISRed v1.0. Fuente: (Bartolín, H. y Alzamora, F., 2004)	158

Capítulo 5

Figura 1. Ubicación Municipio de Fontana. Fuente: Elaboración propia.....	160
Figura 2. Regímenes Hídricos. Fuente: Elaboración propia.....	161
Figura 3. Paisaje que circunda al Término municipal. Fuente: Elaboración propia....	162
Figura 4. Plano Urbano Fontana. Fuente: Elaboración propia.....	163
Figura 5. Grifo de uso público para la provisión residencial de agua en puntos de consumo que cuentan con red de distribución. Fuente: Elaboración propia.....	164
Figura 6. Grifo para la carga de camiones cisterna encargados de la distribución de agua potable en puntos de consumo público sin red de distribución. Fuente: Elaboración propia	164
Figura 7. Núcleos que no disponen de Inodoro de descarga con agua: Soluciones de disposición “en el sitio”. Fuente: Elaboración propia.....	166

Figura 8. Zanjas a cielo abierto que reciben descargas de Aguas residuales tratadas “In situ” y desagües pluviales. Fuente: Elaboración propia.....	166
Figura 9. Núcleo Húmedo. Fuente: Elaboración propia.....	167
Figura 10. Control de Bordos. Fuente: Elaboración propia.....	167

Capítulo 6 parte 1

Figura 1. Esquema gráfico: parámetros naturales que expresan la sostenibilidad ambiental, condicionan la sostenibilidad urbana Fuente: (DEA Nudelman, 2004) ...	174
Figura 2. Unidad de Consumo y Emisión, grupos de variables que la conforma Fuente: (DEA Nudelman, 2004).....	175
Figura 3. Modelo conceptual del ciclo urbano del agua: flujos de agua potable, dulce (azul) y residual (rojo). Flujo material (verde) instalaciones de acceso. Fuente: (DEA Nudelman, 2004)	176
Figura 4. Modelo conceptual, condiciones de soporte urbano. Fuente: (DEA Nudelman, 2004).....	178
Figura 5. Modelo conceptual, condiciones del entorno urbano. Fuente: (DEA Nudelman, 2004)	179
Figura 6. Agregación de la información según su base territorial: de parcela a manzana. Fuente: Elaboración propia.....	181
Figura 7. Esquema gráfico: Sostenibilidad a a partir de que cada manzana cuente con un promedio satisfactorio de soluciones eficaces y eficientes. Fuente: Adaptación DEA Nudelman, 2004	183
Figura 8. Objetivos de Preservación “Consumo urbano del Agua”: agregación de la información por manzanas. Fuente: Elaboración propia.	184
Figura 9. Objetivo de preservación para la provisión urbana de agua: Grados de convergencia entre Oferta y Demanda. Fuente: Elaboración propia.....	185
Figura 10. Objetivos de Preservación “Vertidos urbanos de agua residual”: agregación de la información por manzanas. Fuente: Elaboración propia.	186
Figura 11. Objetivo de preservación para los vertidos urbanos de aguas residuales: Grados de convergencia entre Oferta y Demanda. Fuente: Elaboración propia.	187
Figura 12. Provincia del Chaco – Cuenca del Río Negro. Fuente: APA, 2008.....	188
Figura 13. Baja cuenca del río Negro: ubicación de las obras de control de Inundaciones y ubicación de las estaciones de telemedición. Fuente: APA, 2008.....	189
Figura 14. Obras de control del río Negro en su desembocadura en el río Paraná. Fuente: www.chacodiapordia.com Link: http://chacodiapordia.com/noticia/52748/la-apa-comenzo-a-descomprimir-el-rio-negro-y-cerro-compuertas-del-dique	190
Figura 15. Gran Resistencia: Traza del sistema de defensas contra inundaciones. Fuente: APA, 2008	190
Figura 16. Evolución mensual del promedio de alturas del río Negro durante el año 2004. Fuente: APA, 2004. Gráfico Elaboración propia	196

Figura 17. Evolución estacional del promedio de alturas del río Negro durante el año 2004. Fuente: APA, 2004. Gráfico Elaboración propia	196
Figura 18. Evolución mensual del promedio de caudales del río Negro durante el año 2004	197
Figura 19. Evolución estacional del promedio de caudales del río Negro durante el año 2004. Fuente: APA, 2004. Gráfico Elaboración propia	197
Figura 20. Evolución mensual del promedio de temperatura del agua del río Negro durante el año 2004. Fuente: APA, 2004. Gráfico Elaboración propia.....	198
Figura 21. Fluctuaciones de los parámetros vinculados al oxígeno, registrados en la “Estación Puente San Fernando” sobre el río Negro. Fuente: APA, 2003.....	199
Figura 22. Tratamiento primario en cámara séptica y disposición final en pozo absorbente. Fuente: Elaboración propia	200
Figura 23. Ídem figura anterior, pero con disposición final en cuneta a cielo abierto.	200
Figura 24. Letrina seca, Infiltración directa de excretas.Fuente: Elaboración propia.	201
Figura 25. Letrina Seca con derivación de excretas en proceso de tratamiento primario a cuneta a cielo abierto. Fuente: Elaboración propia	201
Figura 26. Vista satelital del término municipal de Fontana a las márgenes del río Negro. Fuente: www.idechaco.gob.ar , 2015	204
Figura 27. Sectores de saneamiento caracterizados en virtud de su relación de distancia con el río negro y su sistema lacustre conexo. Fuente: Elaboración propia.....	206
Figura 28. Diagrama de Flujo de base para el diseño del Diagrama de Forrester del SubSistema Saneamiento. Fuente: Elaboración propia	208
Figura 29. Oxígeno disuelto (mg/l) en la baja cuenca del río Negro – Informe Abril 2003. Fuente: APA, 2003	209

Capítulo 6 parte 2

Figura 1. Sección Diagrama de Forrester “Instalaciones Domiciliarias Convenientes”. Fuente: Elaboración propia.....	215
Figura 2. Sección Diagrama de Forrester “Tipo de Servicio de Provisión de Agua”. Fuente: Elaboración propia.....	219
Figura 3 Diagrama de Forrester SubSistema “Acceso”.Fuente: Elaboración propia.	224
Figura 4. Diagrama de Forrester del SubSistema Demográfico. Fuente: Elaboración propia.....	239
Figura 5. Diagrama de Forrester del SubSistema “Ingresos”. Fuente: Elaboración propia	249

Capítulo 7

Figura 1. Diagrama de Forrester – SubSistema Consumo de Agua. Fuente: Elaboración propia.....	261
Figura 2. Diagrama de Forrester reducido: Subsistema CAGU Variables intervinientes en estrategias de eficiencia y diversificación. Fuente: Elaboración propia.....	279
Figura 3. Red de Abastecimiento de Fontana dentro del entorno GIS RED Fuente: Elaboración propia	283
Figura 4. Detalle de la Red estructural de abastecimiento de agua de Fontana Fuente: Elaboración propia	284

Índice de Tablas

Capítulo 2 Parte 1

Tabla 1. Mapa Conceptual a cerca de las consecuencias de la Sociedad Tecnológica Consumista sobre las personas y el medioambiente Fuente: Elaboración propia.....	23
Tabla 2. Conceptos para la comprensión del Enfoque de Riesgo. Fuente: (IPCC, 2014b)	63
Tabla 3. Motivos de Preocupación (MDP) y sus Riesgos Claves. Fuente: Contenidos: (IPCC, 2014b) – Cuadro: Elaboración propia	66
Tabla 4. Tipo y Magnitud de Riesgos Claves para América Central y del Sur. Fuente: Contenidos: (IPCC, 2014b) – Cuadro: Elaboración Propia.....	68
Tabla 6. Diferencia relativa (%) en el caudal para las futuras decadas (2030 and 2070) Fuente: (Saurral, R., 2010)	79
Tabla 7. Como la Tabla anterior, pero para la Estación Salto Caixas en el Río Iguazú Fuente: (Saurral, R., 2010)	80
Tabla 8. Como la Tabla anterior, pero para la Estación Ladario en el Río Paraguay. Fuente: (Saurral, R. 2010)	80

Capítulo 4

Tabla 1. Correspondencia entre elementos y símbolos en el diagrama de Forrester (López Díaz-Delgado y Martínez Vicente, 2000)	130
Tabla 2. Ejemplo de determinación de ecuaciones. Fuente: Elaboración propia.....	132
Tabla 3. Aspectos y factores que influyen en los consumos y emisión de aguas residuales a nivel de usuario (UCE) – Objetos de Estudio con Información Secundaria Fuente: Elaboración propia	134
Tabla 4. Aspectos y factores que influyen en los consumos y emisión de aguas residuales a nivel de usuario (UCE) – Objetos de Estudio con Información Secundaria Fuente: Elaboración propia.....	135
Tabla 5. Aspectos y factores que influyen en los consumos y emisión de aguas residuales a nivel de usuario (UCE) – Objetos de Estudio con Información Secundaria Fuente: Elaboración propia.....	136
Tabla 6. Aspectos y factores que influyen en los consumos y emisión de aguas residuales a nivel de usuario (UCE) – Objetos de Estudio con Información Secundaria - Fuente: Elaboración propia.....	137
Tabla 7. Distribución del Número de Encuestas que componen la muestra por Cluster Fuente: Elaboración propia.....	141
Tabla 8. Ej. Reporte de Interpolación Geográfica (IDW) Prom. Consumos Agua Fuente: Elaboración propia.....	150

Capítulo 5

Tabla 1. Población por tramos de edad.....	161
Tabla 2. Hogares según condición NBI.....	161
Tabla 3. Distribución Domiciliaria de agua.....	164
Tabla 4. Formas de Provisión de Agua potable en el Término Municipal.....	165
Tabla 5. Instalaciones domiciliarias de saneamiento de aguas residuales.....	165

Capítulo 6 parte 1

Tabla 1. Estimación de la DBO resultante en virtud de: Tipo de tratamiento “in situ”, Tipo de disposición y Ubicación geográfica en referencia al curso receptor. Fuente: Elaboración propia.....	203
Tabla 2. Porcentaje de caudal estimado cuyo vertido final termina en el cauce receptor. Fuente: Elaboración propia	205

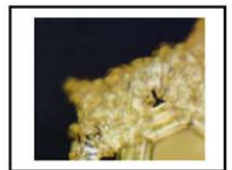
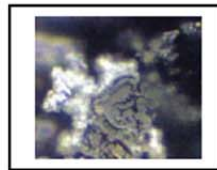
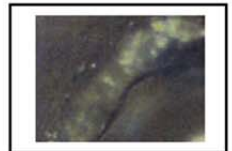
Capítulo 6 parte 2

Tabla 1. Sub-división del Modelo de Simulación en SubSistemas. Fuente: Elaboración Propia.....	211
Tabla 2. Formas de Distribución del Agua en los distintos puntos del Ejido Municipal. Fuente (Nudelman, Pérez García, Caselles, 2012)	213
Tabla 3. Componentes Tecnológicos de Instalaciones de Agua según Estándares de Servicio. Fuente (Nudelman, Pérez García, Caselles, 2012).....	213
Tabla 4. Tipologías de Instalaciones domiciliarias de agua según calidad de servicio. Fuente: Elaboración Propia	225
Tabla 5. Variables de Entrada al SubSistema “Acceso” Fuente: Elaboración Propia. 238	
Tabla 6. Variables de Entrada SubSistema “Demográfico” Fuente: Elaboración Propia.	247
Tabla 7. Variables de Entrada SubSistema “Ingresos” Elaboración Propia.....	254

Capítulo 7

Tabla 1. Variables intervinientes en el “Subsistema Consumo de agua” Fuente: Elaboración propia	262
Tabla 2. Transformada por Chacra que conforman las Ecuaciones que explican la variabilidad de la Demanda de Agua para el Semestre 1 “Cálido”. Fuente: Elaboración propia.....	275

Tabla 3. Transformada por Chacra que conforman las Ecuaciones que explican la variabilidad de la Demanda de Agua para el Semestre 2 “Frío”. Fuente: Elaboración propia.....	276
Tabla 4. Variables intervinientes en estrategias de eficiencia y diversificación. Fuente: Elaboración propia	280



Capítulo 1

INTRODUCCIÓN



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

1. Introducción

1.1 Breve Reseña del entorno dentro del cual se realizó la Tesis

Esta Tesis Doctoral es la continuación del Trabajo de Investigación aprobado en el año 2004 (Obtención del Diploma de Estudios Avanzados) según el anterior régimen de Programas Doctorales. Entonces, quizás algunos de los evaluadores se esté diciendo, “once años para la ejecución de la Tesis, es realmente mucho tiempo”, pero, manteniéndose dentro de los términos estrictos de la misma, fue un tiempo que permitió avanzar en el cumplimiento tanto de los objetivos del trabajo, como también de una construcción enérgica de un entorno académico íntimamente ligada a los mismos.

Se trata de la creación de un Centro de Investigación que toma como objeto de estudio la Gestión Local Sostenible del Agua dentro del ámbito municipal. Este no es un dato menor, dado que éste toma como Programa de I+D al objeto de estudio del Proyecto de Tesis Doctoral. Esto que se resume en unas pocas palabras, consumió un gran esfuerzo de Diseño, Gestión y Organización. Quizás, y con razón, los evaluadores juzguen que esto contribuyó a la dispersión del doctorando en su proceso de formación.

Pero, antes de proseguir, es importante sincerar esta situación que condicionó buena parte de todo el proceso de elaboración y redacción de la Tesis.

Antes que nada se encuentran frente a un doctorando, con una familia, en un país cambiante y contradictorio como la Argentina, que inicia su Tesis regresando en el 2003 a su tierra luego de una de la crisis más profundas que se recuerde, radicado en Formosa (1100 km de Buenos Aires) en una de las Provincias argentinas más pobres.

Al vencerse el plazo de beca y sin poder ingresar a Carrera de Investigador dentro del CONICET, se pierde el vínculo con el Centro Experimental de la Vivienda Económica de la Ciudad de Córdoba (700 km de Formosa). Obviamente una pregunta que surcaba a diario la mente era “¿De qué me servirá terminar el doctorado si no podré trabajar de investigador?”. La pregunta era persistente dado que aun siendo docente en la Universidad Nacional de Formosa, está no cuenta con ningún centro de investigación en dicho campo y tampoco con recursos ni decisión política para establecer uno.

Gracias a la gestión conjunta con los Directores de la Tesis, se fueron presentando proyectos ante organismos de cooperación de la Generalitat Valenciana¹ y la AECID² y se logró financiar bibliografía específica y también movilidad para no perder el vínculo con el Doctorado. El desarrollo de habilidades en torno a las herramientas informáticas utilizadas y aplicadas al objeto de estudio, exigieron un proceso personalizado presencial de trabajo. Dentro de ese marco de cooperación inclusive se logro un viaje del Director a la propia Formosa, donde, aparte de supervisar el trabajo, también se generó una jornada en la Universidad Nacional de Formosa proponiendo la creación de un Centro de Investigación dentro de esta temática... pero no se lograron adhesiones firmes y el proyecto fracasó.

Finalmente, la idea de generar un entorno de investigación apropiado, prendió en la Universidad Autónoma de Entre Ríos, cuya Facultad de Ciencia y Tecnología estaba decidida a crear un Centro de Investigación dedicado a la temática mencionada. Luego de haber dictado por dos años (2006/2007) un Curso de Posgrado sobre Sistemas de Información aplicado a la Gestión Sostenible del Agua³ e iniciado la Dirección de un Equipo de docentes-Investigadores sobre un Proyecto de Investigación y Desarrollo centrado en el mismo tema⁴ (¡todo a distancia y sumados a innumerables viajes!), se creó a fines del 2007 el CEGELAH/FCYT⁵, con sede en Paraná, capital de la Provincia de Entre Ríos. La Dirección de esta Sede (a 700 km de Formosa), también obligó a una radicación de toda la familia (¡inclusive ampliada a cinco miembros!) a Paraná, a orillas del mundialmente famoso río de la llanura mesopotámica argentina. Finalmente... se había concretado la creación de un estimulante (¡precario, pero estimulante!) entorno de trabajo donde tenía sentido pleno terminar la tesis y alcanzar con su aprobación, el grado de doctor.

¹ Ver en CV del autor “Proyecto de Acciones Dinamizadoras de I+D+i , UV/UADER, financiado por la Generalitat Valenciana”.

² Ver en CV del autor “ Proyecto PCI , UV/UADER, financiado por AECID”

³ Ver en CV del autor “Resolución Aprobación Curso Posgrado “Sistemas de Información para la gestión local sostenible del ciclo del agua”

⁴ Ver en CV del autor “ Resolución aprobación PIDA “Sistemas de Información para la gestión local sostenible del ciclo del agua”

⁵ Ver en CV del autor “Resolución creación del CEGELAH”.

La idea de presentar resumidamente cómo se alcanzó este entorno de trabajo tiene dos objetivos:

- Que los evaluadores perciban, aunque sea mínimamente, las serias dificultades que puede tener un doctorando fuera de un ámbito institucional que lo contenga.
- Que puedan valorar positivamente estos turbulentos once años donde se puso un gran empeño en generar una iniciativa académica como el CEGELAH/FCYT como ámbito de Investigación, Desarrollo y Transferencia de los aportes científicos y tecnológicos expresados tanto en esta tesis como en las líneas de trabajo asociadas y complementarias a los mismos. Esto no como expresión de buenas intenciones futuras sino como un hecho tangible y operante.

La vertiginosa producción de estos últimos siete años⁶, podrá también mostrar la vitalidad con que ha nacido este Centro, continente del Objeto de Estudio de esta Tesis Doctoral, donde se están construyendo las bases para una también sostenible producción de herramientas y procedimientos localmente aceptables para la planificación y gestión local del agua y el saneamiento.

Aparte de la prioridad de fijar un entorno de trabajo para la ejecución de la Tesis, y siendo más específicos a la hora de describir las principales dificultades halladas a la hora de ejecutar el Plan de Trabajo inicial, caben destacar las siguientes:

- La Magnitud del Trabajo: abarcar la totalidad del Ciclo Urbano del Agua, si bien tiene la gran virtud de abordar el objeto de estudio en su integralidad, ofrece en cambio un frente de trabajo muy superior al que la capacidad operativa disponible pudiese abarcar. La forma en que finalmente se focalizó el trabajo permitirá visualizar con sencillez la manera en que se tuvieron que modificar los límites del trabajo.
- La Atomización y discontinuidad de información local específica para el trabajo de modelado constituyó una barrera muy difícil de salvar. Se contó en ello con el invaluable apoyo del Centro de Cooperación al Desarrollo (CCD) de la Universidad Politécnica de Valencia, quien decidió financiar el trabajo de campo para el registro de información primaria⁷. Esto obligó a un importante despliegue de encuestadores y a la construcción de una Base de Datos para la gestión de la misma. Por otra parte la recolección de información secundaria en un amplio abanico de organismos nacionales, provinciales y municipales constituyó también un arduo esfuerzo que insumió importantes energías.
- La Metodología de construcción de un Modelo de Simulación, constituyó también un campo que se tornó una importante barrera a salvar. Fundamentado principalmente en el convencimiento de que el que objeto de estudio podía ser abordado muy satisfactoriamente con dicha metodología, posibilitando un abordaje “caja transparente” de los principales componentes del Modelo, varios

⁶ Puede consultarse para ello el CV del autor .

⁷ Ver Proyecto aprobado en CV del autor.

años de trabajo (“robados” al conjunto de responsabilidades laborales y familiares obviamente) fueron invertidos para alcanzar un grado respetable de autonomía, con asistencia a distancia, alternadas por estancias en Valencia y en Paraná, para alcanzar un Módulo del Modelo que pudiese rodar arrojando valores de la variable objetivo dentro de los márgenes de error establecidos. En medio, hubo infinidad de replanteos, inclusive partiendo desde la misma información de trabajo. La tozuda perseverancia del doctorando y el inquebrantable apoyo de ambos Directores, constituyó el único sostén para salvar las debilidades de formación en la comprensión y el uso del tipo de herramientas utilizadas y las serias limitaciones de información utilizable.

1.2 Objetivos de la Tesis

El objetivo general de la Tesis es:

- Desarrollar un Modelo de Simulación Dinámica de la Sostenibilidad del Ciclo Urbano del Agua que responda a las características de Municipios de Regiones en Vías de Desarrollo.

Para alcanzar dicho Objetivo General se establecieron los siguientes Objetivos Específicos:

- Establecer un Marco Conceptual que ayude a definir con precisión las condiciones que debe cumplir el Ciclo Urbano del Agua para que sea sostenible, según las características salientes de los municipios de regiones en vías de desarrollo.
- Relevar Información secundaria que permitiese evaluar la pertinencia y aptitud de la información disponible para ser utilizada para el Desarrollo del Modelo de Simulación.
- Relevar Información primaria directamente vinculada a la incorporación al Modelo de Simulación.
- Determinar Diagramas de Flujos Iniciales, con definición y caracterización de variables y sus interrelaciones, según la Teoría General de Sistemas y la Metodología adoptada para el diseño de Modelos de Simulación.
- Establecer las condiciones generales para el procesamiento de información tendiente a la determinación de correlación de variables que permitan establecer las principales interrelaciones entre las mismas.
- Procesar la información para poder efectuar un Análisis Multivariante que explique la variabilidad de las principales “Variables Objetivos”.
- Desarrollar un Componente del Modelo General de Sostenibilidad establecido, dentro de los parámetros de confiabilidad que lo respalden estadísticamente.
- Presentar Escenarios y Estrategias que ilustren las condiciones posibles de utilización del Modelo a nivel local, como componente de un soporte para la toma de decisiones sostenibles en el campo del Ciclo Urbano del Agua.

1.3 Desarrollo general del trabajo

Fue necesario profundizar y actualizar el Marco Teórico del trabajo que había tenido su inicio en la fase de Investigación del Doctorado con el que se obtuvo el Diploma de Estudios Avanzados. Este punto estuvo cifrado en dos ejes fundamentales: llegar a obtener información documental que sustente una definición instrumental, operativa, de lo “sostenible” aplicado específicamente al Ciclo Urbano del Agua, una vez definidas sus principales fases. El segundo Eje, elaborado gracias a los últimos aportes científicos publicados en el campo del Cambio Climático, se determinó de qué manera dicho cambio está afectando al Ciclo Hidrológico en todo el planeta para luego enfocarse en el área de referencia.

Hay que destacar que entre estos dos ejes, se plantearon dos puntos de reflexión en cuanto al tenor y relevancia del Modelo que se pretende desarrollar y sus objetivos de diseño centrados en la sostenibilidad del Ciclo Urbano del Agua. Por una parte, a partir de la visión de Eric Fromm, visualizar que un modelo forma parte de un instrumento tecnológico-científico, que para contribuir al desarrollo humano, debe posibilitar su utilización y participación a los sectores sociales cuyas decisiones tendientes a la auto-gestión debe contribuir para alcanzar niveles crecientes de sostenibilidad. Por otra parte, buscando presentar con solvencia y equilibrio, las afirmaciones que para esta época han cosechado un elevado consenso en la comunidad científica, en torno a los desequilibrios irreversibles en que está sumida la sociedad global, en cuanto al clima y las condiciones que han posibilitado la vida sobre el planeta. Se destacan los esfuerzos de Meadows y otros en presentar la verificación de su trabajo “Los límites del Crecimiento” y lo irrenunciable que resulta la suma de esfuerzos por reducir las crecientes e implacables brechas existentes para alcanzar niveles de sostenibilidad de los ecosistemas físicos y ambientales.

Se pudo identificar en el Capítulo 3 una serie de avances en el desarrollo de modelos de simulación vinculados al sector del agua y el saneamiento. Como podrá observarse, varían entre sí la escala que abordan, los objetivos que persiguen y la naturaleza de los asentamientos humanos para los que buscan constituirse como soporte para la toma de decisiones. Se podrán además cotejar las particularidades distintivas del Modelo que ocupa el presente trabajo (son de destacar aquellas vinculadas a la unidad territorial “manzana” asumida por el modelo como aquella apropiada para la planificación local basada en evidencias) y también se podrá asumir la heterogeneidad de las características urbanas, habitacionales y sociales de un asentamiento de estas latitudes.

En el Capítulo 4 se condensan los aspectos metodológicos que fueron tenidos en cuenta para alcanzar el producto final que hoy se presenta. Aparte de los aspectos más específicos y operativos, se fundamenta la opción por la Teoría General de Sistemas (TGS), fundada por Von Bertalanffy. Su evolución ha constituido un sustento a una visión superadora de la visión mecanicista de la Ciencia, donde la realidad se conoce a partir de la separación y la especialización, mientras que la Teoría General de Sistemas,

si bien no se contrapone al avance de la Ciencia en el conocimiento de las partes, pone su especial énfasis en la interrelación de los factores intervinientes en la realidad compleja. Las contribuciones del capítulo radicado en Valencia al “corpus” de la TGS, posibilitó introducirse a un conjunto de instrumentos basados en la misma para abordar los objetivos propuestos en esta Tesis. En cuanto los aspectos directamente relacionados con trabajo que aquí se presenta, se destaca el proceso de diseño de la Encuesta para el conocimiento de las condiciones bajo las cuales opera el Ciclo urbano del agua en la localidad de referencia, a nivel de usuarios residenciales.

Clarificados los aspectos metodológicos, el Capítulo 5, presenta las notas salientes de dicha localidad. La misma aporta todas las características salientes de las regiones en vías de desarrollo presentadas en el marco referencial. Las mismas se ven expresadas por la heterogeneidad de situaciones a las que se ven sujetas las condiciones de vida en distintos puntos del mismo ejido municipal. Situación que tiene sus raíces en la dinámica de crecimiento de este tipo de asentamientos. Partiendo de un núcleo inicial, que contó con cierto nivel de planificación, su crecimiento se vio desbordado por la lógica de “primero habito” inscripto en los fuertes procesos de migración campo-ciudad de las décadas de los ’70 y ’80 para luego, en forma diversa, atomizada o sectorial, organizar la demanda de servicios e infraestructura urbana. De allí se desprende buena parte de la complejidad de las condiciones de partida, donde el Modelo busca constituir un aporte al conocimiento de la forma en que se manifiestan dichas demandas en el sector del agua y el saneamiento.

Siguiendo la lógica de “lo general a lo particular”, el Capítulo 6 define los principales aspectos de un Modelo de la Sostenibilidad del Ciclo Urbano del Agua. El mayor grado de generalidad viene dado en el trayecto “Saneamiento” de dicho ciclo. La localidad de referencia, ubicada a las márgenes de un río de llanura y un complejo de lagunas vinculadas al mismo, ofrece toda una heterogeneidad de situaciones, en virtud de la relación entre la urbanización, sus diversas condiciones de habitabilidad, vivienda y características de la funciones urbanas, con las relaciones de proximidad a dichos cursos o espejos de agua que pasaran a constituir el “curso receptor” de las aguas residuales. Dado que solo un porcentaje del 40% de dicho asentamiento cuenta con red de saneamiento de aguas residuales (diferenciada de las formas de desagüe pluvial), las condiciones de eliminación de aguas residuales ofrecen una gran diversidad de calidades de instalaciones domiciliarias y por ende, de calidades de cargas contaminantes. Se presenta entonces dicha diversidad de calidades y a su vez diversidad de situaciones de vertidos en función de los sistemas disponibles y relación con los cursos/espejos receptores.

Con mayor grado de definición se avanza sobre el trayecto “provisión de agua potable”. Dado que la Fontana cuenta con una provisión mayorista desde la localidad lindera de Resistencia, el Modelo hizo hincapié en la distribución del agua. Al igual que el saneamiento, las condiciones heterogéneas vienen dadas por la diversidad de componentes de las instalaciones domiciliarias, a partir de la calidad de las viviendas de los sectores residenciales y la calidad del servicio. El modelo distingue tres factores

superlativos: la Distribución del Agua, la Accesibilidad a dicha distribución y el Mantenimiento dentro de las condiciones de provisión en calidad y cantidad. El modelo alcanzó a desarrollar en forma inicial los tres componentes básicos que implica la metodología de construcción de modelos de simulación: un Diagrama de Flujos (Forrester), un exhaustivo listado de variables relevantes con las características y unidades de cada una y primer esbozo de programación funcional de dicho Modelo de Sostenibilidad. El mismo engloba además un Sub Modelo de EPANET que es presentado a nivel global para una comprensión de la totalidad del Sistema propuesto. El objetivo a alcanzar, que abarca la totalidad de las 490 manzanas que componen el Ejido Municipal de Fontana, es Determinar las “Áreas Sostenibles” con diversos niveles de sostenibilidad, según los valores que adquieran en cada punto del municipio, las mencionadas condiciones de Distribución, Acceso y Mantenimiento.

El “corazón” del Modelo corresponde al Capítulo 7 donde se presenta el Módulo del Modelo que representa la Demanda de Agua para los distintos sectores en que se subdividió el Ejido municipal. Dicha subdivisión forma parte de uno de los principales aportes del trabajo en cuanto a la comprensión de la demanda de agua potable: no se consume de la misma forma, bajo los mismos factores explicativos de la variabilidad de la demanda, en todos los puntos del ejido municipal. El modulo refleja de qué forma influyen dichos factores, tanto en el denominado “Semestre Cálido” como en el “Semestre Frío”. La subdivisión adoptada fue de carácter administrativo-catastral, la cual muestra también las flaquezas de índole estadística que ofrecen dichos límites, de cara a la validez explicativa de las ecuaciones obtenidas. Pero el Subsistema Demanda de Agua presentado, alcanza ofrecer resultados de una fiabilidad aceptable que permiten abordar con solvencia el próximo capítulo.

Este condensa el conjunto de escenarios y estrategias que permiten utilizar este Módulo del Modelo. Inclusive, desde el punto de vista de una respuesta a las exigencias crecientes a las que se verán sujetos los Abastecimientos urbanos de Agua con motivo del cambio climático, constituye ya un aporte sustantivo para brindar evidencia científica fundada a la toma de decisiones para modificar la demanda de agua en búsqueda de equilibrios, en sectores urbanos identificables y bajo las condiciones bajo la cual opera dicha demanda en los mismos. También uno puede visualizar limitaciones en la implementación de medidas de gestión de la demanda a nivel de usuarios como así también diversas opciones tecnológicas y económicas a la hora de especificar opciones sostenibles. Hay que destacar entre ellas aquellas que incorporan al agua de lluvia como recursos compatible con usos de agua no potable, diferenciando así diversos tipos de calidad según los objetivos de uso y siguiendo la premisa de “gestionar el agua allí donde se encuentre”.

Por último se presentan las conclusiones y líneas a futuro, como es de rigor. Respecto a estas últimas, no solo se ofrecen líneas de trabajo sino también verdaderos avances, como puede observarse en los diversos anexos que acompañan a los Capítulos 6 y 7, lo que posibilitará precisar con detalles dichas líneas de trabajo a futuro. En este punto hay que destacar el valor agregado de que el autor es fundador y Director de un Centro de

Investigación especializado en la temática planteada y dichos ejes constituyen actuales Programas de I+D del Centro que están en plena ejecución.

1.4 Un extendido agradecimiento

Es larga la lista de agradecimientos de todas las personas e instituciones que a lo largo de esta más de una década han dejado su huella en mayor o menor medida en este trabajo.

Agradezco de corazón:

A mi valerosa y tenaz esposa Nancy y nuestro soles, nuestros hijos Kevin, Ianina y Natasha, quienes han sido mi sostén y mi afectuosa compañía en esta verdadera aventura y por momentos odisea de formación, investigación, compromiso social, y espiritualidad compartida.

A mis padres Emilio (†) y Nilda (†) quienes me regalaron el inmenso don de la vida y a quienes trato de emular en generosidad, tenacidad y humilde sencillez. También a Silvio y Georgie, mis suegros, quienes me han apoyado como verdaderos padres en todo este camino.

A mis fieles, entusiastas y sabios directores de Tesis doctoral, Rafael Pérez García de la Universidad Politécnica de Valencia (UPV) y Antonio Caselles Moncho de la Universidad de Valencia (UV), con los cuales nos une no sólo la pasión por el conocimiento, sino la amistad sincera y la responsabilidad frente a la sociedad.

A mis mentores, Víctor Saúl Pelli y Horacio Berretta (†), arquitectos e investigadores quienes supieron inspirarme desde mi formación de grado en la carrera de investigador y en las profundidades de enlazar fe y vida.

A mi Director de la Tesina de final de Master en Salud Pública y Medioambiente de la Universidad Autónoma de Madrid, Ángel Otero, quien me apoyo entusiastamente en complementar externamente mi formación y gracias a quien conocí en Valencia al antiguo Grupo de Mecánica de Fluidos de la UPV y al Grupo de Sistemas Generales de la UV.

Al inolvidable Lorenzo Ferrer Figueras (†) Profesor Emérito de la UV y cofundador y presidente honorario de la Sociedad Española de Sistemas Generales (SESIGE) por su decisivo aliento para iniciar los estudios doctorales en Valencia y posteriormente para las actividades internacionales de nuestro Centro de Investigación. A Enrique Cabrera Marcet, quien ejerció la tutoría en el período de investigación, por saber “poner la vara alta” en dicho proceso, que sirvió de base a la presente Tesis.

A los colegas e investigadores del Centro Experimental de la Vivienda Económica del Consejo Nacional de Investigaciones y Técnicas (CONICET), Aurelio Ferrero quien acompañó mi candidatura a becario doctoral de CONICET y a Enrique Ortecho, quien

codo a codo trabajó en el diseño y ejecución de la Encuesta bajo el “fuego abrasador” del verano en Fontana (Chaco, Argentina). También a la colega Mabel Geraldo, quien supo abrir las puertas del Municipio de Fontana y colaboró entusiastamente en la organización y supervisión del trabajo de campo.

Al compañero de Doctorado en la UPV, Hugo Bartolín, quien con gran generosidad brindó su apoyo e información invaluable sobre ArcView GIS y su desarrollo GIS RED. A Miguel Martín del área Saneamiento del Departamento de Ingeniería Hidráulica y Medioambiente de la UPV, quien con generosidad supo orientar y brindar información pertinente para fijar las bases del Modelo en el trayecto “saneamiento” del Ciclo Urbano del Agua. A Ricardo Barbosa del Ministerio de Desarrollo Humano de Formosa (Argentina), quien trabajó incansablemente en la carga de información de las encuestas y la estructuración de la Base de Datos.

A Oscar Coriale del Instituto Nacional del Agua y a Ramiro Saurral del Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera, ambos de Argentina, por sus invaluable aportes al conocimiento del ciclo hidrológico en el área de estudios.

A los amigos de Madrid y Valencia Susana y Javier, Concha y Juan e hijos, P. Juan León Herrero, Anabel y Ricardo Cobacho, quienes nos ayudaron, varios de ellos con generosidad extrema, a toda la familia ubicarse en la Ciudad y hacer con su sincera amistad una estancia valenciana fecunda e inolvidable.

A los amigos y hermanos de Azuébar (Castellón, Valencia), Fabián y familia, Juan Carlos y Lumi e hijos, sus padres, Consuelo y familia, quienes nos sostuvieron con generosidad, alegría y una inquebrantable amistad en el duro derrotero que nos tocó afrontar durante la crisis argentina de finales del 2001 y 2002, cuando tuvimos que dejar Valencia para ubicarnos en Azuébar y allí comprender que la solidaridad, la sencillez y la comprensión de la gente “tierra adentro” pueden obrar verdaderos milagros cuyos frutos aún hoy sentimos actuales y obrantes.

A Julio Gómez, ex Decano de la Facultad de Recursos Naturales de la Universidad Nacional de Formosa, quien a mi regreso a Formosa, posibilitó mi ingreso a la docencia en ingeniería sanitaria y medioambiente en esa casa de estudios.

A la colega Inés Vince, quien sirvió de nexo para que naciese en Paraná, Entre Ríos (Argentina) el Centro para la Gestión Local Sostenible del Agua y el Hábitat Humano (CEGELAH). A Pablo Aceñolaza y Marino Schneeberger, Secretario de Investigación y Decano respectivamente de la Facultad de Ciencia y Tecnología de la Universidad Autónoma de Entre Ríos (Argentina) quienes creyeron en la propuesta y apoyaron la creación del CEGELAH desde su nacimiento hasta la fecha.

Al entrañable amigo Carlos Schenone quien participó desde un principio en la creación del CEGELAH y apoyó de diversas formas esta tesis doctoral. A los compañeros de ruta Luis Porcaro, Daniel Rocca, Fernando Bach, Jorge Schmukler, Lorena Gon y Eduardo Pujato, quienes han participado con diversos grados de compromiso en las actividades

de investigación desarrollo y transferencia tecnológica del Centro, impulsando buena parte de los fundamentos que aportó esta Tesis doctoral para introducir efectivamente la noción de sostenibilidad en los servicios de agua y saneamiento de la Provincia de Entre Ríos.

A Alejandro Olmos, becario y asistente del Centro, quien ha sido mi mano derecha en la concreción de esta Tesis, con su compromiso incansable, haciendo votos de que su participación haya dejado una huella positiva en él, que le posibilite abrazar la Ciencia y la Tecnología como herramienta de servicio y humanización de nuestra sociedad. A Alejandra Vince por su valiosa colaboración en la traducción de varios documentos utilizados en este trabajo.

Al amigo Dr. Walter Sione, director del CEREGEO/FCYT por su apoyo en el uso de aplicaciones GIS para la interpolación geográfica de información urbana.

A los amigos Jorge, Adolfo, Diego, Tomás y Ramiro, con quienes compartimos el ideal de la fraternidad a partir de lo que nos une, y que supimos darle forma de Fundación “Bajo la misma estrella”, con la cual buscamos la oportunidad que encuentro con el vulnerable y abandonado se traduzca en agua limpia para el sediento y el ambientalmente expuesto.

Y por último un sincero agradecimiento a las principales Instituciones que posibilitaron a lo largo de los años de formación y tesis doctoral, la continuidad laboral y el apoyo para alcanzar este preciado grado académico: al CONICET, especialmente en la figura de Isabel Mac Donald, quien financió durante cuatro años con la beca otorgada la participación en el Programa Doctoral de la UPV, al Ministerio de Desarrollo Humano de Formosa, en la figura de su entonces Ministro Alberto Zorrilla, y la Universidad Nacional de Formosa, en la figura de su entonces Rector Antonio Prieto quienes mantuvieron la fuente laboral mientras duró la estancia en Valencia. Al Centro de Cooperación al Desarrollo (CCD) de la UPV, quien financió la ejecución del trabajo de campo. Al Programa de Mejoramiento de Barrios (PROMEBA), la Municipalidad de Fontana y la Cooperativa de Agua y Saneamiento de Fontana, por la invalorable información que supieron aportar para esta Tesis. Y a la Universidad Autónoma de Entre Ríos, en la figura de sus rectores Mario Mathiu, Graciela Mingo y Aníbal Sadler en su constante apoyo a las actividades de investigación, desarrollo y transferencia tecnológica del CEGELAH.

Por último agradezco a Dios nuestro Señor, origen, fortaleza y fin último de esta verdadera historia de vida y en la que han participado tantas personas con el corazón abierto y la mano generosamente tendida.



Capítulo 2

MARCO TEÓRICO



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

2. Marco Teórico Parte 1: General.

Crecimiento Económico, sus consecuencias sobre las condiciones de accesibilidad a los recursos hídricos y las transformaciones que aporta el Cambio Climático

Motivaciones y la sorpresa de un descubrimiento revelador

Cuando se está frente al desafío de desarrollar un modelo uno puede tener distintas actitudes:

- Hacerlo por hacerlo, como un ejercicio para cumplir con algún requisito, en este caso académico.
- Hacerlo como un instrumento que al facilitar la toma de decisiones, se inscriba en una especie de mecanismo que oficie de “piloto automático”, liberando de trabajo a las personas que atañe y brindando unas certezas que emanan del “hecho tecnológico”: la computadora.
- Hacerlo porque existen motivaciones que se enfocan en la necesidad de contar con información relevante para temas de los cuales dependen la calidad de vida, y según las situaciones, la supervivencia de personas y comunidades enteras y donde las personas implicadas resulten artífices de la toma de decisiones que emanen en virtud de ella, y en los niveles de responsabilidad que implique a los actores sociales participantes.

La tercera opción ilustra en forma breve y precisa las motivaciones del autor respecto al tema central de esta tesis doctoral: estructurar un Modelo de Simulación de la Sostenibilidad del Ciclo Urbano del Agua, ajustado a las condiciones de los asentamientos de regiones en vías de desarrollo.

En consonancia con esta motivación central, resultaron llamativos en la revisión bibliográfica, los aportes de un reconocido autor, Erich Fromm (“El arte de amar”, “Miedo a la libertad”, obras del campo de la Psicología) quién a principios de los ’70 escribió una obra denominada “La Revolución de la Esperanza”, con un sugestivo subtítulo: “Hacia una Tecnología Humanizada”. Fue tal el entusiasmo que despertó esta obra que se decidió incorporar varias de las ideas planteadas como soporte teórico general de las finalidades últimas del presente trabajo. Es notable además la confluencia de preocupaciones de dicho autor con otra obra que, dentro del marco referencial más estricto de la tesis, la de los renombrados Donella y Dennis Meadows: “Los Límites del Crecimiento”. Dichas coincidencias de fondo estriban en el primer autor en la identificación de los efectos nefastos de la sociedad tecnológica sobre la humanización de las personas, donde el mero consumismo lleva a la sociedad a una instrumentalización de las personas a partir de necesidades superfluas muchas veces, despersonalizándolas y atomizando sus facultades. La tendencia de un crecimiento económico “ilimitado”, es tan solo una expresión de que la cantidad y no la calidad predominan sobre los parámetros que dominan a la sociedad, todo movido desde el centro de “libertad”: “soy libre porque elijo el producto que quiero”. El reverso de esta cara es lo planteado en la mencionada obra “Los Límites del Crecimiento”, también de los inicios de los ’70, donde dicha tendencia exponencial al crecimiento (de población y de bienes materiales) han agotado las posibilidades reales del planeta para sostener a la sociedad humana bajo estas premisas. Tras la quimera de que el crecimiento económico es el que proporcionará la solución de todas las desigualdades y satisfacción de las personas, la sociedad humana en su conjunto, y especialmente los países más industrializados, ha llevado al ambiente natural, soporte de la vida sobre el planeta, a una situación irreversible como consecuencias de la actividad humana sobre el medio natural, expresado fundamentalmente en el cambio climático producido por el efecto invernadero, el cual tiene consecuencias directas sobre los recursos hídricos, fuente del Ciclo Urbano del Agua sobre los que se pretende establecer un Modelo que plantee su sostenibilidad.

La vigencia de ambas obras puede plantearse desde el notorio detalle editorial de que la obra de Fromm fue reimpresa quince veces, siendo la última vez en el año 2010. Y en el caso más profundo aún, el de la edición 2012 de “Los Límites del Crecimiento”, donde se suma en la autoría Jorgen Randers, los autores verifican con información actualizada de las variables del modelo mundial “World 3” las previsiones iniciales realizadas en 1972.

Por lo tanto, en el presente Capítulo, partiendo de un marco referencial amplio, se expresan los fundamentos humanistas de la tesis. Para luego avanzar hacia un horizonte donde los recursos hídricos y su relación con las personas, comunidades y la sociedad en general, han entrado en una etapa marcada por una oscura incertidumbre, de la cual, lamentablemente, se ofrecerán datos preocupantes y que sin dudas tensarán el entorno próximo del trabajo de un modo tal que lo ubicarán dentro de una necesaria línea de acción para cooperar en la disminución de la alta vulnerabilidad hídrica a la que progresiva y agudamente se verán sujetos los asentamientos humanos de las regiones en vías de desarrollo en las próximas décadas.

Conociendo de antemano el telón de fondo aquí mencionado, estas ideas iniciales no quieren ser tenidas en cuenta como una especulación filosófica (para la cual tampoco el

autor tiene una formación adecuada para abordarla en forma solvente) sino como un enfoque orgánico que fundamentará desde un punto de vista humanista el diseño, la operación, la capacitación, el mejoramiento y ajuste progresivo del modelo que tiene por objeto este trabajo, y sobre todo de quienes se beneficiarán e intervendrán en el proceso de toma de decisiones para las cuales el modelo pretende brindar un soporte confiable.

2.1 Cuando la persona no está en el centro de las decisiones

2.1.1 Rol de la Persona Humana en la Sociedad Tecnológica

Para E. Fromm existen dos principios que sostienen el actual enfoque de la Sociedad Tecnológica: el primero basado en el sentido de la técnica:

(...) “El primer principio es la máxima de que algo debe hacerse porque resulta posible técnicamente hacerlo. Si es posible fabricar armas nucleares, deben fabricarse aun cuando puedan destruirnos a todos. Si es posible viajar a la Luna o a los planetas, debe hacerse aun a costa de dejar insatisfechas numerosas necesidades aquí en la Tierra. Este principio implica la negación de todos los valores que ha desarrollado la tradición humanista, tradición que sostiene que algo debe hacerse porque es necesario para el hombre, para su crecimiento, su alegría y su razón, o porque es bella, buena o verdadera. Una vez que se acepta este principio de que las cosas deben hacerse porque técnicamente son posibles, todos los demás valores caen por tierra y el desarrollo tecnológico se convierte en el fundamento de la ética.” (Fromm, E. 2010)

De esta forma, existe una escisión entre el objeto producido, y por ende su sistema productor, y la necesidad que busca satisfacer. Esto es coincidente con la visión de E. Dussel quién destaca:

“Las formas actuales de absorción y utilización del proceso tecnológico, determinadas por las condiciones existentes de control del poder, son incompatibles con la satisfacción de las necesidades básicas de la población mundial: trabajo, pan y techo”. (Dussel, E. 1984)

A modo de burda observación, basta constatar en la actualidad el sin sentido de la ultra sofisticación de las pantallas de plasma y la telefonía celular que nos lleva a disponer de instrumentos o niveles de calidad de alcance masivo que nos llevan a la pregunta ¿para qué tanto?... donde al ciudadano de a pie no le modifica en nada su percepción de la vida ni la satisfacción de sus necesidades más sentidas... en contraposición de las escalofriantes sumas de dinero invertidas en de I+D+i impulsadas en dicha carrera de “superficialidad tecnológica”, fogueadas por también ingentes sumas invertidas en marketing y publicidad contribuyendo a suscitar necesidades superfluas. .

El siguiente principio que sustenta a la sociedad tecnológica es:

“El segundo principio es el de la máxima eficiencia y rendimiento. Pero el requisito de eficiencia máxima lleva como consecuencia al requisito de la mínima individualidad. Se cree que la máquina social trabaja más eficientemente cuando los individuos rebajados a unidades puramente cuantificables, cuyas personalidades pueden expresarse en tarjetas perforadas. Tales unidades pueden manejarse de modo más fácil mediante reglas burocráticas, porque no causan molestias ni crean fricciones. Mas para alcanzar este resultado, el hombre debe ser des-individualizado y enseñado a hallar su identidad en la corporación antes que en él mismo.” (Fromm, E. 2010)

En la carrera por capturar el mercado, la tendencia actual gracias a las potentes bases de informaciones que aportan especialmente los buscadores de información en Internet, posibilitan reducir a cada persona a un manojo de impulsos expresados en sus accesos a la red y que terminan luego expresándose en información de marketing para las empresas de los más variados tipos. Un párrafo aparte ocuparía la pérdida de privacidad de los contenidos de información personal en función de los “superiores objetivos de seguridad nacional”. Pero en esta línea inclusive a nivel de instrumentalización y cosificación de las personas en virtud del único factor de interés, la del hombre como “consumidor”, se está registrando un fenómeno tan escalofriante¹ por su efecto como por su escala: la disminución del pensamiento profundo a partir del uso intensivo y hasta adictivo de Internet y demás instrumentos de conexión personal a la red y las comunicaciones. Partiendo de su experiencia personal, Nicholas Carr detecta como su cerebro progresivamente se fue transformando y perdiendo capacidad en concentrarse, permanecer en la lectura lineal y reflexiva de un libro durante tiempos prolongados, disminuyendo así su capacidad de pensamiento profundo:

“Fue entonces cuando empecé a preocuparme sobre mi incapacidad para prestar atención a una sola cosa durante más de dos minutos. Al principio pensé que el problema era un síntoma de degradación mental propia de la madurez. Pero mi cerebro, comprendí, no estaba sólo disperso. Estaba hambriento. Exigía ser alimentado de la manera en que lo alimentaba la Red, y cuanto más comía mas hambre tenía. Incluso cuando estaba alejado de mi ordenador, sentía ansias de mirar mi correo, hacer clic en vínculos, googlear”. (Carr, N., 2010)

El autor en su obra “Superficiales”, realiza un extenso y fundamentado análisis partiendo de la noción de “neuro-plasticidad” del cerebro, se llega a percibir el impacto que tienen sobre el mismo las prácticas inherentes a la palabra tecnologizada en la red:

“Los experimentos demuestran que, al igual que el cerebro puede crear nuevos circuitos o fortalecerlos a través de la práctica física o mental, a los circuitos puede debilitarlos o disolverlos la negligencia. Si dejamos de ejercer nuestra capacidad mental – escribe Doidge – el cerebro no se limita a olvidar: el espacio que dedicaba a las viejas habilidades se entrega a las nuevas habilidades que se practican en su lugar”. (Carr, N., 2010)

¹ Nota del autor. Se pensó mucho que adjetivo utilizar. Escalofriante podría llegar a ser tildado de “sensacionalista” si el concepto es sobre todo considerado en forma superficial. Cualquier académico que se precie, podrá valorarlo objetivamente y seguramente coincidir que las consecuencias para el desarrollo integral de las personas y la sociedad del objeto adjetivado no están lejos de dicho término.

Sin ánimo de profundizar en un tema tan atrapante, tan solo se cree conveniente poner el foco en una consecuencia ligada a esta tendencia deshumanizante de la sociedad tecnológica: la incapacidad cada vez más acentuada de formular un juicio crítico. Si se disminuye la capacidad de las personas de tener un pensamiento profundo, se minan también las capacidades de actuación con un sentido común basado en la reflexión y el análisis propio. Se consume sin que el impulso para ello pueda ser “filtrado” por dicho juicio crítico. De esta forma se prioriza el consumo sobre la persona humana, el crecimiento económico y material sobre el desarrollo integral de la persona humana y esto llevado a una expresión tan amplia como el fenómeno de la propia globalización.

Una observación detenida del segundo principio hace hincapié en los períodos del tiempo donde la supuesta eficiencia buscada por la sociedad tecnológica pierde su sentido:

“Más aún, se debe tener sumo cuidado al considerar y especificar el área y el período de tiempo que se examina. Lo que puede parecer eficiente, gracias a una definición estrecha, puede ser muy ineficiente si se amplía el tiempo y el alcance de la discusión. En Economía, para ilustrar el caso, hay una conciencia en aumento de los llamados “efectos circunvecinos”: esto es, efectos que van más allá de la actividad inmediata y que, a menudo, se pasan por alto al considerar los beneficios y los costos. Un ejemplo sería evaluarla eficiencia de un proyecto industrial particular sólo de acuerdo con los efectos inmediatos de esta empresa, olvidando, por ejemplo que desperdicios depositados en corrientes cercanas y en el aire representan una seria y costosa ineficiencia para la comunidad.” (Fromm, E.)

La búsqueda para obtener una recuperación de la inversión en el menor tiempo posible y para maximizar las ganancias como reglas de juego inamovibles para la sociedad tecnológica ha llevado a generar un impacto tan negativo en el medioambiente que, como veremos más adelante, nos ha puesto en una encrucijada como sociedad y como especie de la cual el final abierto resulta realmente incierto. Esta “eficiencia cortoplacista” se contrapone al concepto que se analizará con más detalle más adelante: el de desarrollo sostenible, “tanto para las generaciones presentes como futuras”.

Son necesarios entonces, criterios más amplios en cuanto a la consideración de la eficiencia de un sistema productivo.

“Resumiendo: la eficiencia es deseable en toda clase de actividad orientada por un fin. Empero debiera considerarse en función de sistemas más amplios, de los cuales el sistema estudiado es sólo una parte; debiera también tenerse presente dentro del sistema al factor humano. La eficiencia, en fin, como tal, no debería ser norma dominante en ninguna empresa”. (Fromm, E., 2010)

A esta altura, uno puede preguntarse ¿cómo esta realidad del hombre-objeto-de-consumo transcurre ante nosotros imperturbable, sin cambios de fondo aparentes?

Restringido el protagonismo de las personas a nivel masivo a ser consumidores, el sentido de libertad que todos interiormente necesitamos, se termina centrando en el consumo, haciendo ejercicio de un poder limitado y muchas veces enfermizo. El autor que nos ocupa en este tramo del Marco teórico, conocedor de las profundas motivaciones psicológicas de las personas lo presenta con gran claridad:

“Pero, ¿qué poder tiene como consumidor? Existen docenas de marcas (...)Y todas estas cosas buscan su preferencia. Están ahí “para su placer”. Él es libre de preferir una en vez de otra, olvidando que no hay diferencias esenciales. Aunque esta libertad de otorgar su preferencia a su producto favorito le produce una sensación de potencia. El hombre que es impotente desde una perspectiva humana se vuelve potente, pero como comprador y consumidor.” (Fromm, E., 2010)

Reducida la libertad de la persona a la posibilidad de elegir productos y marcas, un cambio donde la persona y su desarrollo integral vuelva a ser el centro de atención, nos muestra con realismo el tamaño de tal empresa: la de un cambio cultural:

“¿Puede hacerse algún intento de restringir esta sensación de potencia limitando la libertad de elección en el consumo? Parece razonable suponer que es posible hacerlo bajo una sola condición: que el clima entero de la sociedad cambie y le permita al hombre ser genuinamente activo y estar genuinamente interesado en sus asuntos individuales y sociales y, por consiguiente, menos necesitado de esa falsa libertad de ser el rey del supermercado”. (Fromm, E., 2010)

Si este es el centro focal donde la sociedad tecnológica actual logra tener su base de sustentación, donde el “tener ocupa el lugar de ser”, es necesario encontrar caminos donde la persona y todas las dimensiones que la misma debe desarrollar en su proceso de humanización, caminos donde las personas tengan oportunidad de “despertar” de la “programación” (utilizando una lúcida expresión de Anthony de Mello²). Fromm invita a un camino de humanización a partir de la participación. Participación no solo al final de la cadena, sino en todo el proceso de construcción de esta sociedad tecnológica. Participación en la Planificación. Para reforzar dicho enfoque se verán primero lo que es su reverso: los riesgos que se corren cuando las personas se desentienden del proceso.

2.1.2 Riesgos de una Planificación que reduce instrumentalmente a la Persona

Cuando el consumo ocupa el centro, todo el resto comienza a perder fuerza, e interés para la persona. Justamente una actitud pasiva predomina, y el interés por el entorno se ve circunscripto a la esfera más íntima y, a veces, ni allí. En contraposición aparece la idea de “Interés”:

“Interés” viene del latín Inter-esse, o estar abierto al mundo y saltar dentro de él. El interés se funda en la disposición a la acción. Es aquella actitud relativamente constante que nos permite, en todo momento, captar intelectualmente, así como emocional y sensiblemente, el mundo exterior. Quién está interesado se vuelve interesante, porque el interés posee una cualidad contagiosa que despierta el interés en aquellos que no pueden interesarse sin ayuda.(...) El interés es una actitud que todo lo penetra y una forma de relacionarse con el mundo, y podría definirse en un sentido muy amplio como la inclinación de la persona viva hacia todo lo vivo y lo que crece.” (Fromm, E., 2010)

Se podría decir que la falta de interés, tiene una contra-cara: la de una inclinación conciente o inconsciente hacia la muerte. Una de las tantas manifestaciones de dicha inclinación encuentra su causa y consecuencia en la desconexión con el mundo natural. Clive Hamilton, autor que proporcionará más adelante información altamente calificada a cerca del cambio climático, hace una observación aguda a cerca de este punto:

² De Mello, A. “Autoliberación Interior”. Lumen Bolsillo. 1999. Pg. 20

“Existen pruebas convincentes de que nuestras preocupaciones acerca del ambiente, lo mismo que nuestras actitudes y valores, están influidos por cómo nos sentimos con relación al mundo natural. De acuerdo al grado de conexión con la naturaleza, algunas personas se ven a sí mismas como totalmente separadas y tienen un concepto centrado en sus egos, mientras que otras se visualizan como inseparables del mundo natural, de tal manera que la idea de sí misma se expande para abarcar la biosfera y más allá”. (Hamilton, C., 2010)

Por lo tanto el “interés” por la vida trae aparejado un preciado vínculo solidario con el mundo natural que le da sustento, mientras que la “cosificación” de las personas fortalece el vínculo con lo material e instrumental, volviendo a las personas ajenas y por lo tanto “des-interesadas” del mundo natural y por ende de la vida.

Esta falta de interés del hombre centrado en el consumo, también tiene una fuerte motivación decisiva: dentro de este cerrado esquema “Trabajo entonces Consumo”, encuentra su aceptación social, y sobre todo, encuentra su seguridad. Este esquema encierra en el testimonio individual, en el mundo íntimo, toda expresión de creatividad y compromiso. No es necesaria la participación, ni el interés: en dicho esquema encuentran las personas, progresivamente “despersonalizadas” su certidumbre individual. El hombre necesita de certidumbres para resolver su devenir:

“El hombre no se halla provisto de un conjunto de instintos que regulen de manera casi automática su conducta. El tiene que elegir, lo cual significa enfrentarse, en todo asunto importante, a graves riesgos para su vida si elige equivocadamente. La duda que lo acosa cuando tiene que decidir – a menudo con rapidez- le causa una dolorosa tensión e incluso puede comprometer seriamente su capacidad para tomar decisiones rápidas. El hombre, en consecuencia, tiene una viva necesidad de certidumbre.” (Fromm, E., 2010)

La incertidumbre pasa a ser para las personas una verdadera fuente de ansiedad y busca apoyarse en las diversas formas en que la sociedad ha proporcionado certidumbres a lo largo de la historia para satisfacerla total o parcialmente:

“Necesita creer que no existen dudas acerca de lo correcto del método que utiliza para tomar sus decisiones. En efecto, prefiere hacer una decisión “equivocada” y estar seguro de ella que tomar una decisión “correcta” y atormentarse con la duda respecto de su validez. Esta es una de las razones psicológicas de que el hombre crea en ídolos y en guías políticos. Ídolos y líderes eliminan la duda y el riesgo de sus decisiones, no porque, después de tomada la decisión, no haya riesgos para su vida, su libertad, etc., sino porque no hay riesgo alguno de que el método usado para hacer sus decisiones sea erróneo” (Fromm, E., 2010).

Justamente E. Fromm se expone en el punto donde la sociedad tecnológica ha puesto sus certidumbres: en la Ciencia y la Tecnología.

“Con el advenimiento del enfoque científico y la corrosión de la certidumbre religiosa, el hombre se vio impelido a buscar una nueva certidumbre. La ciencia pareció, en un principio, ser capaz de brindar la nueva base; y así fue para el hombre racional de los últimos siglos. Pero con la creciente complejidad de la vida, que ha perdido toda proporción humana, con el sentimiento cada vez mayor de impotencia y aislamiento individual, el hombre orientado por la ciencia dejó de ser racional e independiente. Perdió el valor para pensar por sí mismo y tomar decisiones basadas en su pleno compromiso intelectual y emocional con la vida. Quiso cambiar la “certidumbre incierta” que proporciona el pensamiento racional por una “certidumbre absoluta”: la certidumbre pretendidamente “científica” que se funda en la predictibilidad.” (Fromm, E., 2010)

En este punto se cree, queda clarificado como al hombre-consumo, le resulta cómodo y accesible, cuando su mundo personal y social queda reducido a esta esfera, perder su interés por el medio y por el otro, delegando “en los que saben” esferas relevantes de su vida. La participación no tiene lugar, pero tampoco quedan muchos interesados que reclamen por ella. Es notorio el influjo que tiene en este proceso de delegación, la capacidad predictiva de la ciencia y la sensación de confiabilidad que esta despierta en el ciudadano de “a pie”. Y, como se afirmó más arriba, el refuerzo que significa para esta nueva “deidad” construida colectivamente, el empobrecimiento del juicio crítico, del pensamiento propio, del atrevimiento a cuestionar lo que es socialmente aceptado. Esta opción de la sociedad tecnológica de asumir como propia la capacidad predictiva que le ofrece la ciencia, tiene una cara visible que ha crecido entre nosotros vertiginosamente: la computadora.

“La garantía de esta certidumbre no reside en el saber y las emociones, nunca seguros del hombre, sino en las computadoras que hacen posible la predicción y, en tal forma, garantizan la certidumbre. Tómese como ejemplo la planificación de la gran empresa. Con ayuda de las computadoras, pueden hacerse planes por muchos años (incluyendo la manipulación del intelecto y del gusto humano), de tal modo que quien la dirige no tenga que confiar en su juicio individual, sino en la “verdad” asentada por las computadoras. La decisión del directivo puede ser errónea y dar malos resultados, pero ya no precisa desconfiar de los procesos por los que efectúa su decisión. Cree que es libre para aceptar o rechazar el resultado del vaticinio de la computadora, pero para los propósitos prácticos lo es tan escasamente como un cristiano piadoso puede serlo frente a la voluntad de Dios.” (Fromm, E., 2010)

En estos párrafos aparecen entrelazados los conceptos de planificación y computadora, los cuáles están íntimamente vinculados a los objetivos de este trabajo. Sin dudas, una posición superficial e ingenua de la tecnología y su formulación en los procesos de planificación, podría decir que ambas son meros medios. Pero como lo afirman buena parte de las corrientes de pensamiento tecnológico del medio latinoamericano, no existen tecnologías “neutras”³. La certidumbre de los ciudadanos capturada por la

³ Sobre este particular, vale la pena incorporar la siguiente cita: -“Si las tecnologías no son neutrales, si existen alternativas tecnológicas y es posible elegir entre ellas, si los actores sociales pueden participar de estos procesos, y si las tecnologías constituyen la base material de un sistema de afirmaciones y sanciones que determina la viabilidad de ciertos modelos socio-económicos, de ciertos regímenes políticos, así como la inviabilidad de otros, parece obvio que es imprescindible incorporar la tecnología como un aspecto fundamental de nuestros sistemas de convivencia democrática”. Thomas, H. “De las tecnologías apropiadas a las tecnologías sociales conceptos / estrategias / diseños / acciones”. 2010. Instituto de

Ciencia y la Técnica cuya visualización es la computadora y su capacidad predictiva, muestra que buena parte de los procesos de toma de decisión donde bastas mayorías están implicadas, corren por fuera de su participación real en dichos procesos.

La secuencia lógica propuesta en este marco referencial, muestra como planificación y computadoras, sin la participación de los destinatarios de dichos procesos y resultados, responderán entonces a las pautas de los dos principios de la sociedad tecnológica presentados inicialmente: “Se ejecuta por que la técnica lo permite” y “Eficiencia de corto plazo”, principios que responden a la lógica del crecimiento económico - material irrestricto. Esto acarrea dos importantes consecuencias: por una parte se da pie a una sociedad tecnológica de espaldas a las principales necesidades de las personas y por otra a una enajenación social respecto al medio-ambiente que constituye el eco-sistema de soporte para la vida humana y la vida en general a escala global. Las consecuencias de esta enajenación constituyen el entorno directo del trabajo en cuanto a las consecuencias sobre el medio físico-ambiental que proporciona el agua a los asentamientos humanos, tema que se abordará con detalle mas adelante. A modo de “colecta”, se presentan los ejes de la sociedad tecnológica consumista y sus consecuencias en el siguiente gráfico.

SOCIEDAD TECNOLÓGICA CONSUMISTA PRINCIPIOS: a) Algo debe hacerse porque TÉCNICAMENTE es posible hacerlo. b) Máxima EFICIENCIA y RENDIMIENTO	Consecuencias Sociales y sobre las personas	Consecuencias sobre el Medioambiente
	* Maximiza la expulsión y no la inclusión social.	Recursos Naturales Sobre-Explotados. Deterioro del Medioambiente Natural y Construido.
	* Enajenación de las personas, donde cuentan solo en calidad de consumidores.	
	* Ilusión de que el crecimiento es “ilimitado” y que todo lo soluciona.	

Tabla 1. Mapa Conceptual a cerca de las consecuencias de la Sociedad Tecnológica Consumista sobre las personas y el medioambiente

Fuente: Elaboración Propia.

Poniendo un acento positivo en la acción se verán en el próximo punto, algunas opciones que permitirían “abrir una brecha” en la lógica predominante, especialmente en los puntos directamente relacionados con el producto objeto de este estudio.

2.2 Ejes principales para un uso positivo de la Tecnología y la Planificación

El hecho de presentar las dimensiones que alcanza la lógica del consumo, y cómo impacta sobre las verdades percibidas por las personas, apunta fundamentalmente a mostrar la escala de esta cosmovisión del hombre-consumo y la magnitud de la desigual lucha cultural a la que se enfrenta cualquiera que quiera apoyar un cambio. Esta “medida de escala”, no apunta al inmovilismo y al ya natural desaliento que pudiese inspirar, sino más bien a sopesar con realismo el puesto que ocupa en este contexto un producto intelectual y tecnológico como el que nos ocupa. Algo así como... una gota en un océano. Pero, la gota, para que sea gota... o más aún el fermento que rinda en la masa (como para presentar este trabajo en un sentido activo!), debe ser consistente. Esta consistencia radica en este punto: en la relación directa entre el producto-objetivo que se busca fundamentar y los conceptos esgrimidos desde este enfoque humanista presentado. Existe una relación directa entre Modelos de Simulación por Ordenador como parte de un Proceso de Planificación. Esto obviamente no es nuevo. Pero sí resulta revelador que dichas herramientas, qué cómo se dijo en el punto anterior, no son neutras, pueden constituirse en herramientas muy potentes en procesos donde se recobre el sentido participativo de las personas en la satisfacción de sus necesidades auténticas y en donde las personas tomen, por así decirlo “las riendas” de un proceso de desarrollo integral. Para llegar a ello, un punto de partida muy válido es reconocer la lógica por la cual surgen los modelos, programas y su operación con fines determinados en los procesos de planificación:

“El carácter presuntamente racional de dichos planificadores no difiere en su base de las decisiones fundadas en la religión de la era pre-científica. Debemos puntualizar aquí lo siguiente: tanto la decisión religiosa, que es un ciego abandono a la Voluntad de Dios, como la decisión mediante computadoras, que descansa en la fe en la lógica de los “hechos”, son formas de decisión enajenadas en las que el hombre entrega su perspicacia, su conocimiento, su capacidad de indagación y su responsabilidad a un ídolo, trátase de dios o de la computadora.” (Fromm, E., 2010)

¿De que se trata esta lógica de los hechos?

“Debemos ahora aplicarnos a la cuestión: ¿qué es lo erróneo del principio de que la computadora puede hacer la mejor decisión posible acerca de las acciones futuras, si le suministramos todos los hechos?

Pero ¿qué son los hechos? En sí mismos, los hechos, aún cuando sean correctos y no estén deformados por inclinaciones personales o políticas, no pueden solamente carecer de significación ; pueden ser falsos a causa de su misma selección, ya desentendiendo lo relevante, ya esparciendo y desmenuzando tanto el propio pensamiento que se es menos capaz de tomar decisiones significativas cuanto más “información” se recibe. Seleccionar los hechos supone evaluar y elegir. Percatarse de esto es una condición necesaria para utilizar racionalmente los hechos” (Fromm, E., 2010)

Dicha lógica, por la cual un “experto” puede fundamentar los resultados y los procesos de adhesión de información “pertinente y relevante” obedecen también a una explícita y muchas veces implícita forma particular de visualizar, seccionar, seleccionar y priorizar los “hechos”. Estos “filtros” supuestamente responden a la “objetividad” científica, que no deja muchas veces de ser cosmovisiones y prejuicios particulares de cada “experto”.

“Para decirlo brevemente, los “hechos” son interpretaciones de acontecimientos, y la interpretación presupone ciertos intereses que conforman la pertinencia del acontecimiento. La cuestión decisiva es darse cuenta de cuáles son esos intereses y, por tanto de cómo tienen que ser los hechos para resultar pertinentes”.(Fromm, E., 2010)

Incluso los acentos particulares promovidos desde el paradigma del “eficientismo”, no centrado en la persona sino en los intereses económicos corporativos, expresan dichas prioridades en el diseño de los programas de las computadoras.

“Pero no sólo los hechos mismos están escogidos y ordenados de acuerdo con valores. La programación de la propia computadora se basa en valores incorporados con frecuencia inconscientemente. El principio de que “cuanto más produzcamos tanto mejor” es en sí mismo un juicio de valor. Si en su lugar creyéramos que nuestro sistema debería conducir a alcanzar el punto óptimo en el hombre de la disposición interna a la acción y de la prioridad de lo vivo, programaríamos de una manera distinta y hechos muy diferentes vendrían a ser los relevantes”(Fromm, E., 2010)

De esta forma se puede visualizar cómo las certidumbres basadas en los procesos de planificación, entre ellos los realizados por ordenador, responden a dos supuestos de partida erróneos:

“La ilusión de la certidumbre de las decisiones de la computadora, compartida por un considerable sector del público y por muchos responsables de las decisiones que hoy se toman descansa en dos supuestos erróneos: a) que los hechos están “dados” objetivamente y b) que la programación es ajena a las normas.”(Fromm, E., 2010)

El punto “b” al mencionar a las normas, hace alusión a la Planificación Normativa. Dicha Planificación Normativa, que según autoridades en la materia⁴ “debe preceder a la de carácter estratégico”, conforma un verdadero cuadro regulatorio de la actuación que se desarrolle de frente al corto plazo y la coyuntura. Planificación Normativa que debe responder a un alto grado de consenso entre los actores sociales fundamentales (públicos o privados) implicados en los procesos de planificación.

Un mapa conceptual de la Planificación en la Sociedad Tecnológica Consumista (STC) queda expresado en el siguiente esquema:

⁴ H. Ozbekhan, 1969

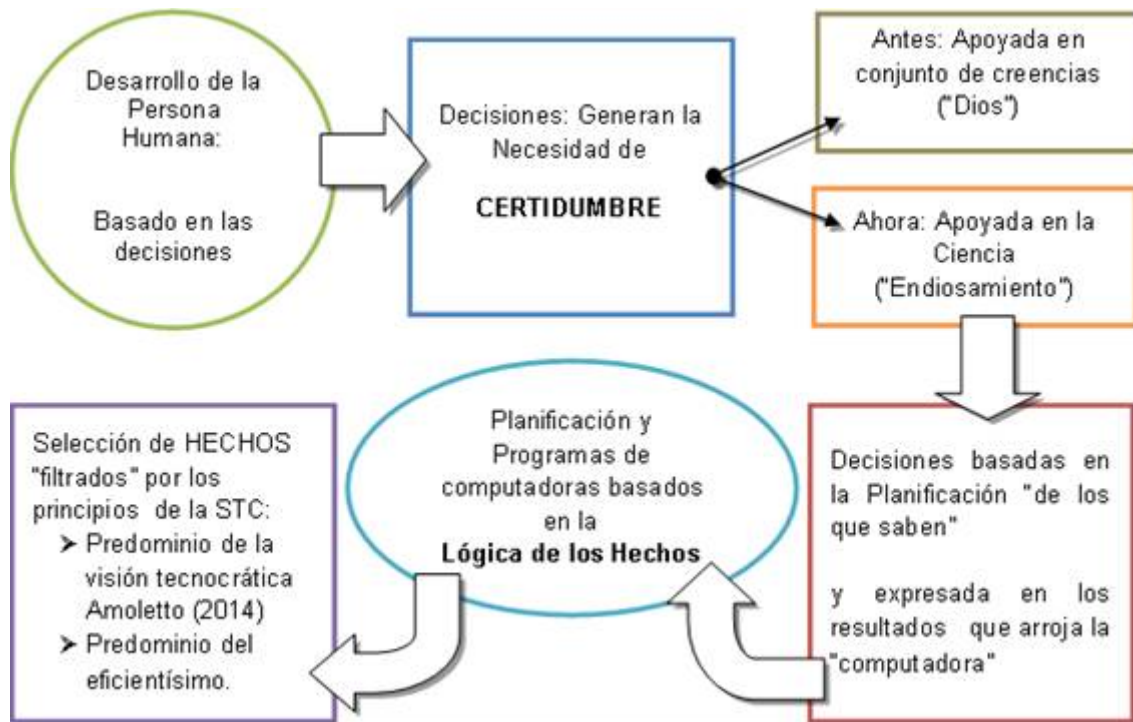


Figura 1. Mapa Conceptual: La Planificación en la Sociedad Tecnológica Consumista
Fuente: Elaboración Propia

Para restablecer capacidades y roles humanizadores en los procesos de planificación, la escala local o comunitaria ofrece un espacio donde recomponer las relaciones “cara a cara” e incorporar a los distintos sectores implicados en los procesos sectoriales que competan en los niveles y temáticas afines a cada uno. Una planificación donde el centro vuelva a ser la persona humana y sus intereses de fondo aquellos que atañen a su desarrollo integral, contando con el apoyo de la ciencia y la tecnología circunscripta a dichos intereses.

“Para llegar a esto, debemos volver a ganar el control del sistema social y económico; y la voluntad del hombre guiado por su razón y por su deseo de óptima viveza, debe hacer las decisiones. (...)”

Las máquinas y las computadoras deben volverse medios para los fines determinados por la razón y la voluntad del hombre. Los valores que determinan la selección de los hechos y que influyen en la programación de las computadoras se deben obtener a base del conocimiento de la naturaleza humana, de sus varias manifestaciones posibles, de sus formas óptimas de desarrollo y de las necesidades reales que llevan a este. Es decir, el hombre, y no la técnica, debe ser la fuente última de los valores; el desarrollo humano óptimo, y no la máxima producción, el criterio para toda planificación. El desenvolvimiento del hombre, y no el “progreso” industrial deberá ser el principio supremo de la organización social.” (Fromm, E., 2010)

De esta forma, con participación de las personas en diversos niveles y sectores de la sociedad tecnológica, se abordaría de fondo y progresivamente el permanente proceso de enajenación de las personas, presas del círculo de la “libertad consumista”, asumiendo niveles progresivos de responsabilidad real sobre su futuro:

“(…) se sigue que un requisito básico para el bienestar humano es ser activo, en el sentido de ejercitar productivamente todas nuestras facultades; y que uno de los riesgos más patogénicos en nuestra sociedad es la tendencia a hacer pasivo al hombre, privándolo de la oportunidad de participar activamente en los asuntos de su sociedad, en la empresa en la que trabaja y, de hecho, aunque en forma más disfrazada, en sus asuntos personales. Esta “pasivación” del hombre se debe en parte al método de “enajenación burocrática” utilizado en toda empresa centralizada.” (Fromm, E., 2010)

El horizonte deseable de esta forma humanizante de participación en los procesos de planificación es que los grupos u organizaciones que operen en dicho orden de democracia participativa, adquieran un poder real de decisión.

“Finalmente, la información y el debate resultarían estériles e impotentes si el grupo no tuviera el derecho de tomar decisiones y si estas decisiones no se aplicaran al proceso real de este sector social al que pertenecen sus componentes. Si bien es cierto que para actuar el hombre tiene primero que pensar, también lo es que si no tiene oportunidad de actuar, su pensamiento se apaga y pierde su fuerza”.(Fromm, E., 2010)

Sin dudas, esta condición de “poder de decisión” a nivel de los sectores sociales constituyentes de la sociedad tecnológica no resulta un trámite. El empoderamiento⁵ no es un proceso sencillo, dado que quien es el depositario del poder en los procesos democráticos, lo ejerce sin embargo con procedimientos de carácter vertical, cuando no autoritarios. Pero, por otra parte, la inercia que genera la STC en todos los niveles, como se dijo mas arriba, impacta como desinterés en las personas restándole fuerza a dichas iniciativas participativas.

2.3 Coordinadas Generales para un Modelo de Simulación centrado en la Persona

Lo que resulta revelador para el autor de los aportes de Eric Fromm presentados selectivamente hasta aquí, radica en cómo, desde los albores de la aparición de la computadora, percibió junto a los “signos de los tiempos” de los inicios de los ‘70, las consecuencias sobre las personas y sobre la sociedad en su conjunto, de la Sociedad Tecnológica Consumista: exclusión, enajenación y deterioro del medioambiente. Sin dudas, luego de cuarenta y cuatro años de esta intuición, puede percibirse con nitidez y a escala planetaria, el cumplimiento extenso de estas consecuencias. Sin dudas también convive esta sociedad con otras a los márgenes. La realidad nunca es monolítica, existiendo espacios donde las personas buscan “tomar el control” de los procesos de su propio desarrollo. Son realidades de escalas y efectos menos difundidos a nivel masivo, pero que muestran que otras realidades son posibles. Una emergente de estas posibilidades y acciones marginales con vocación de plantear a la sociedad globalizada cambios humanizantes que conformen un nuevo paradigma, ha sido el Foro Social de Porto Alegre (Brasil) en sus diversas ediciones.

⁵ Empoderamiento: “proceso por el cual las personas fortalecen sus capacidades, confianza, visión y protagonismo como grupo social para impulsar cambios positivos de las situaciones que viven” Murguialday C. y otras. Diccionario de Acción Humanitaria y Cooperación al Desarrollo. 2014.

Pero, el objeto de este Marco General apunta específicamente a explicitar las opciones del autor y con ellas fundamentar criterios a la hora de plantear el modelo, en los aspectos directamente relacionados, y en aquellos que no atañen directamente al desarrollo que se pretende obtener, conocer tan solo cuál es el espíritu y condiciones dentro del cual el Modelo buscado podría aportar información superlativa a la hora de su “apropiación” como herramienta tecnológica.

Sintéticamente los principales criterios que se pueden identificar a la hora de plantear el Modelo de Simulación son los siguientes:

Criterios Generales para el Diseño de un Modelo de Simulación de la Sostenibilidad del Ciclo Urbano del Agua:

Contribuir a generar en el campo del Ciclo Urbano del Agua un cambio de los estilos de vida, de un modelo consumista irrestricto donde se parte del falso concepto de “Crecimiento indefinido” (en su versión referida al Agua sería: “Siempre vamos a disponer del agua que necesitamos”) con un deterioro del medio ambiente y también de las posibilidades de acceso de franjas sociales a un bien natural imprescindible para la vida, a otro estilo de vida donde se puedan verificar dichas consecuencias y actuar bajo restricciones consensuadas y consientes que permitan un acceso equitativo al recurso según las características regionales del medio natural.

Como primera instancia, que la aplicación resultante pueda realizar un aporte positivo a los procesos de toma de decisiones locales, estructurándola en sus contenidos según las condiciones bajo las cuales un asentamiento humano en el área de estudio capta, distribuye, consume y elimina el agua potable y residual según el tramo del Ciclo del Agua que se trate. La vocación de este modelo no será de “producto terminado e infalible”, sino más bien de un proceso de progresiva integración, no solo de conocimiento técnico-científico, sino también de factores aportados por las visiones de los distintos actores sociales intervinientes en el Ciclo. También un lugar donde las repetidas aplicaciones y verificaciones y ajustes aporten una mayor certeza en cuanto a las variables-objetivo que muestren el equilibrio entre demandas, calidad del servicio y condiciones ambientales.

Los beneficiarios y participantes de este proceso serán los ciudadanos, instituciones públicas y empresas del asentamiento, quienes buscarán con el consenso alcanzar niveles de sostenibilidad creciente, según los términos que se especificarán más adelante.

Esta participación obviamente no dependerá del producto de este trabajo de tesis. Dependerá fundamentalmente de la vocación democrática de los decisores políticos y técnicos de los asentamientos a los cuales se dirige este instrumento.

Pero se toma como una condición particular del autor, la vocación de servicio del tecnólogo que, habiendo alcanzado un producto dentro del sistema de ciencia y tecnología en el cual se encuentra insertado, no se contenta con la defensa de una tesis ni la publicación de un “paper” en una revista científica de “alto impacto”, sino que busca además que el mismo pueda confrontarse con la realidad, el espacio por excelencia donde el producto cobra significado, presenta sus debilidades, destaca sus virtudes y retroalimenta los procesos de I+D con sentido transformante de la realidad. Sin dudas para que el punto precedente tenga consistencia, también las formas que pueda adquirir a futuro el instrumento serán de vital importancia. Las denominadas “interface amigables” serán la “cara” que posibiliten la apropiación de dicho instrumento a nivel local. Su utilización en los procesos de decisiones bajo las condiciones altamente limitadas de lo local dependen de ello⁶.

Como lo verifican la trayectoria del autor en el campo de la investigación en estos años, lo local reproduce también la lógica del “consumismo individual” donde lo que se necesita a nivel local, se termina planificando en otros centros según las condiciones de los intereses externos que las promueven. Se necesitan por lo tanto capacidades locales para encarar y luego fortalecer procesos de planificación, donde inclusive la Ciencia y la Tecnología pueden aportar “tecnologías blandas” que faciliten los procesos de participación y consenso. El modelo sería, como se presentará con más detalle más adelante, un engranaje más en dichos procesos.

Atentos al punto anterior se plantean como horizonte deseable los procesos que impliquen un enriquecimiento de la “Lógica de los Hechos” donde el mismo Modelo incorpore los enfoques de los sectores participantes en los procesos de planificación local.

Por último, reconocer que en el tema específico que se aborda, el Ciclo Urbano del Agua, se encuentra condicionado en su sostenibilidad por las cuencas (superficiales y/o subterráneas) que le sirven de fuente y las caracterizaciones regionales de las mismas. Operar con una planificación y participación de los sectores implicados en dicha escala regional es fundamental si se quiere alcanzar en forma realista condiciones mayores de sostenibilidad. Cerrando esta última idea vale la siguiente cita de Fromm:

“Esta objeción no toma en cuenta que hoy el gobierno y las corporaciones están ya tan entrelazadas que es difícil decir quién controla a quién, aparte de que las decisiones mismas del gobierno no están bajo el control efectivo de los ciudadanos. Pero hasta existiendo una participación activa satisfactoria de los ciudadanos en el proceso político, como aquí se sugiere, la corporación misma debería responder a la voluntad, no solo de los participantes, sino del público en general, por cuanto la afectan las decisiones de la corporación. Si no existe dicho control directo sobre la corporación, será muy difícil para el gobierno ejercer su poder sobre el sector privado del sistema” (Fromm, E., 2010).

⁶ Esta es una línea de trabajo que está en pleno desarrollo en el CEGELAH (Centro para la Gestión Local Sostenible del Agua y el Hábitat Humano – Facultad de Ciencia y Tecnología – Universidad Autónoma de Entre Ríos, Argentina) dirigido por el Autor. Dicha línea de trabajo está bajo la dirección del Ing. en Informática Carlos Schenone, quien lideró un trabajo inicial de interface amigable para la producción de información geo-referenciada a nivel municipal. (Proyecto de I+D “Desarrollo de herramientas informáticas de libre distribución, bajo entorno web, como soporte a la toma de decisiones para proyectos y programas sostenibles de agua y saneamiento en pequeños municipios”, aprobado por Resolución C.S. N° 694/09).

A nivel de cuencas, los organismos que ejercen el poder en los países en desarrollo, son figuras burocráticas distantes de los principales afectados por dichas decisiones y permeables a la influencia de las personas y grupos económicos con intereses en el sector⁷. Ya en el año 2001 Dourojeanni y Jouravlev⁸ planteaban las condiciones precarias bajo las cuales se toman decisiones a nivel de cuenca en América Latina. En la región en estudio resulta emblemático el conflicto entre Argentina y Uruguay entorno a la radicación en esta última de industrias multinacionales de pasta celulosa en la ribera del río Uruguay, límite natural entre ambas naciones y el perjuicio en ciernes sobre localidades de perfil turístico en la costa argentina. ¡Y esto habiendo un organismo de cuenca cómo la CARU!⁹. A pesar de la prolongada y decidida oposición de los pobladores nucleados en la Asamblea Ambiental de Gualeguaychú (localidad ubicada frente a las instalaciones de la pastera, río Uruguay de por medio), de la visualización y amplia cobertura mediática que tuvo el conflicto, la intervención de terceros países como mediadores e inclusive de la Corte de la Haya, la pastera entró en funcionamiento y el único compromiso real logrado ha sido un monitoreo conjunto entre ambos países de los principales indicadores ambientales del complejo para verificar el comportamiento del mismo. Esto muestra a las claras la abismal distancia y diferencia de fuerzas que existen entre los ciudadanos de a pie, sus instituciones y empresas locales con sus intereses debidamente expresados y los intereses y acciones de los grandes grupos económicos a la hora de intervenir concretamente sobre los recursos hídricos. Las autoridades en sus diversos niveles oscilan y operan con ambigüedades entre la voz de los ciudadanos y el pragmatismo económico eficientista de los grandes grupos.

A continuación se pondrá énfasis en como el crecimiento material de las sociedades centradas en el consumo, han obviado el equilibrio con el medio ambiente que le aportó soporte vital y recursos para entrar en una espiral denominada extralimitación. La obra “Los Límites del Crecimiento” en su edición 2012 brinda un panorama que servirá para ubicarse en las consecuencias ambientales más notorias que permitirán una aproximación a las condiciones actuales de los recursos hídricos y la imperiosa necesidad de plantear un enfoque sostenible a todos los niveles.

⁷ Inclusive la CEPAL se he hecho eco de cómo la corrupción tuerce las decisiones en el campo del agua y el saneamiento. Para mayor información ver el documento : ”Lineamientos de Políticas Públicas para la Gestión del Agua y el Saneamiento” de Hantke-Domas, M. y Jouravlev, A. CEPAL (Comisión Económica para América Latina), 2011.

⁸Dourojeanni A. y Jouravlev, A. “Crisis de gobernabilidad en la gestión del agua”. CEPAL, 2001.

⁹ CARU: Comisión Administradora del Río Uruguay. Una interesante cronología del Conflicto entre Argentina y Uruguay por la radicación de una fábrica de celulosa sobre las márgenes del Río Uruguay puede encontrarse en: www.pagina12.com.ar/diario/elpais/subnotas/1-46807-2010-05-17.html.

2.4 Los Recursos Hídricos globales en juego frente al crecimiento y la extralimitación

2.4.1 Extralimitación: desequilibrio de las relaciones de la sociedad humana con el medioambiente

El Marco Teórico general expuesto hasta aquí permitió explicitar un conjunto de criterios dentro del cual inscribir el modelo de simulación que ocupa el centro de esta tesis. Dichos criterios están expresados dentro del campo de lo deseable. Pero es imprescindible plantear en este apartado, cómo el modelo en su diseño deberá considerar la condición a la que se ven sujetos los recursos naturales en su conjunto (dentro de los cuales obviamente figura el agua) en su relación con las actividades de la sociedad humana. Meadows y demás autores lo plantean bajo un concepto: *extralimitación*. En consonancia con el renombrado título de su obra, *Extralimitación* implica la trasgresión de unos determinados límites. Para luego comprender con más precisión el concepto de sostenibilidad, será muy provechoso aclarar en qué consiste esta condición y de qué manera explicitar una posición frente a la necesidad de evitar y/o recomponer equilibrios cuando se han extralimitado los parámetros que manifiestan los recursos naturales.

La actividad económica ofrece numerosos ejemplos de extralimitación:

“Las empresas constructoras edifican periódicamente más viviendas que las que pueden absorber la demanda, lo que conlleva vender unidades por debajo del coste y enfrentarse a la posibilidad de la quiebra. A menudo se construyen demasiados buques de pesca, y entonces las flotas pesqueras crecen tanto que capturan mucho más que el volumen sostenible; de este modo se agotan las poblaciones de peces y los buques deben permanecer en puerto. La industria ha fabricado más productos clorados de los que la atmósfera superior puede asimilar con seguridad, y ahora la capa de ozono se reducirá peligrosamente durante decenios hasta que descendan los niveles estratosféricos de cloro” (Meadows D., Randers J., Meadows D., 2012)

¿Cómo se llega a situaciones como las de los ejemplos? Una visión ingenua nos diría a primera vista: faltó racionalidad. ¿No se podían haber previsto dichas situaciones? En las situaciones de extralimitación confluyen tres componentes:

“Las tres causas de extralimitación son siempre las mismas, en cualquier dimensión, desde la personal hasta la planetaria. En primer lugar el crecimiento, la aceleración, el cambio rápido. En segundo lugar, alguna especie de barrera o límite que impide el correcto funcionamiento del sistema dinámico. Por último, se produce un desfase o error de percepción en las respuestas encaminadas a mantener el sistema dentro de sus límites. Estas tres condiciones son necesarias y suficientes para producir una extralimitación” (Meadows, D. et al., 2012)

Las causales de que se hayan dado lugar estas situaciones de desfasaje pueden tener las siguientes raíces:

“Los desfases también surgen de muchas maneras. Pueden deberse a la falta de atención, al retraso de la información, a la lentitud de reflejos, a una burocracia aparatosa o arisca, a una teoría falsa sobre el funcionamiento del sistema o a la dinámica que impide parar el sistema rápidamente pese a todos los esfuerzos por detenerlo”. (Meadows, D. et al., 2012)

Será importante detenerse un instante en cada “fuente” de extralimitación y verla desde la perspectiva de la gestión urbana del ciclo del agua:

- “Falta de atención”, puede hacer alusión a las condiciones muy difundidas de “piloto automático”. Sabiendo que existen unas condiciones conocidas “de siempre”, el sistema en su generalidad no recibe ningún otro “input” que no sea el de la coyuntura, el día a día. No hay una lectura del entorno, ni tampoco una asistencia externa que actualice las condiciones de gestión.
- “Retraso en la Información”. La disociación entre el sistema de Ciencia y Tecnología con lo que se podría denominar la “cadena de valor” del agua (una cadena altamente atomizada y desarticulada en las regiones en vías de desarrollo), impiden disponer de información asequible y oportuna en cuanto a las transformaciones globales y regionales a que se ve sujeto el medioambiente, y a los medios tecnológicos que permitirían una respuesta más acertada al cambio de condiciones.
- “Burocracia arisca”, muestra como los poderes públicos (en sus diversos niveles) en relación a los actores (públicos y privados) directamente implicados con el Ciclo del Agua, necesitan una articulación y herramientas organizativas que les permita accionar sobre el sistema en tiempo y forma.
- “Teoría falsa sobre funcionamiento del sistema”. Las características netamente regionales de los ciclos del agua dentro del cual los asentamientos humanos se encuentran insertos, impiden disponer de información generalizable, con lo cual no siempre se tiene un conocimiento exacto del ciclo tanto en cuanto a la disponibilidad del recurso como al margen de carga contaminante capaz de transferirse al medio en condiciones de equilibrio.

Estos ejemplos del ciclo urbano del agua, que son presentados a partir de la experiencia del autor al frente del CEGELAH y que expresan también situaciones comentadas con Directores de Centros de Investigación e integrantes de instituciones de Iberoamérica¹⁰, no son gratuitos. Esas y muchas otras situaciones a diversas escalas y que no forman parte del objeto de estudio, han tenido consecuencias tanto a nivel de la provisión del recurso hídrico, como a su capacidad de comportarse como sumidero de aguas residuales. Dada la relevancia de ambas funciones a la hora de plantearse la sostenibilidad del ciclo urbano del agua, se repasará a nivel global cuales son las condiciones de los recursos hídricos de cara a la extralimitación planteada por los sistemas de producción material, a la luz de los planteos de la mencionada obra de los autores Meadows y Randers.

2.4.2 Hacia la extralimitación en el uso de los Recursos Hídricos

Una caracterización general de los Recursos Hídricos de agua dulce es que están condicionados regionalmente. No son de carácter global. Dichas condiciones regionales son las que caracterizan a las distintas cuencas según su ubicación y sean estas de carácter superficial o subterráneo. La disponibilidad viene dada en función de la estacionalidad del recurso en virtud del ciclo hidrológico, dependiendo de los tiempos, duración e intensidad de las precipitaciones (níveas o pluviales), su mantenimiento en los cauces de ríos o arroyos, su almacenaje en lagos, lagunas o esteros, la retención del agua en el suelo forestal, y la capacidad de recarga de los acuíferos.

¹⁰ El CEGELAH ha participado desde su creación en dos redes temáticas internacionales del Cono Sur (Lenhs/Prosul, financiada por el CNPq de Brasil) y de Iberoamérica (IT-Agua, financiada por el CYTED).

Otra importante dimensión de estas cuencas es que forman parte de un circuito donde adquieren una doble función: son fuentes de provisión de agua para distintas finalidades (consumo humano, industrial, agropecuario o paisajístico) pero a su vez una vez utilizada, son sumideros donde se descargan las aguas contaminadas con diversos tipos y concentraciones de residuos. Por lo tanto también son diversos los grados de explotación y también de deterioro por contaminación de dichas fuentes.

Ahora bien, para tener una idea global de las condiciones y tendencias en cuanto al uso de los recursos de agua dulce, Peter Gleick y otros autores realizaron un gráfico donde se aglutinó información de las principales reservas y cuencas de agua dulce del planeta. Este gráfico tiene una gran virtud: puede mostrarnos que, aunque se dispongan importantes volúmenes de agua dulce, no toda el agua dulce disponible actualmente es accesible para su utilización para actividades humanas. Esta es la diferencia entre “Disponibilidad” y “Accesibilidad”.

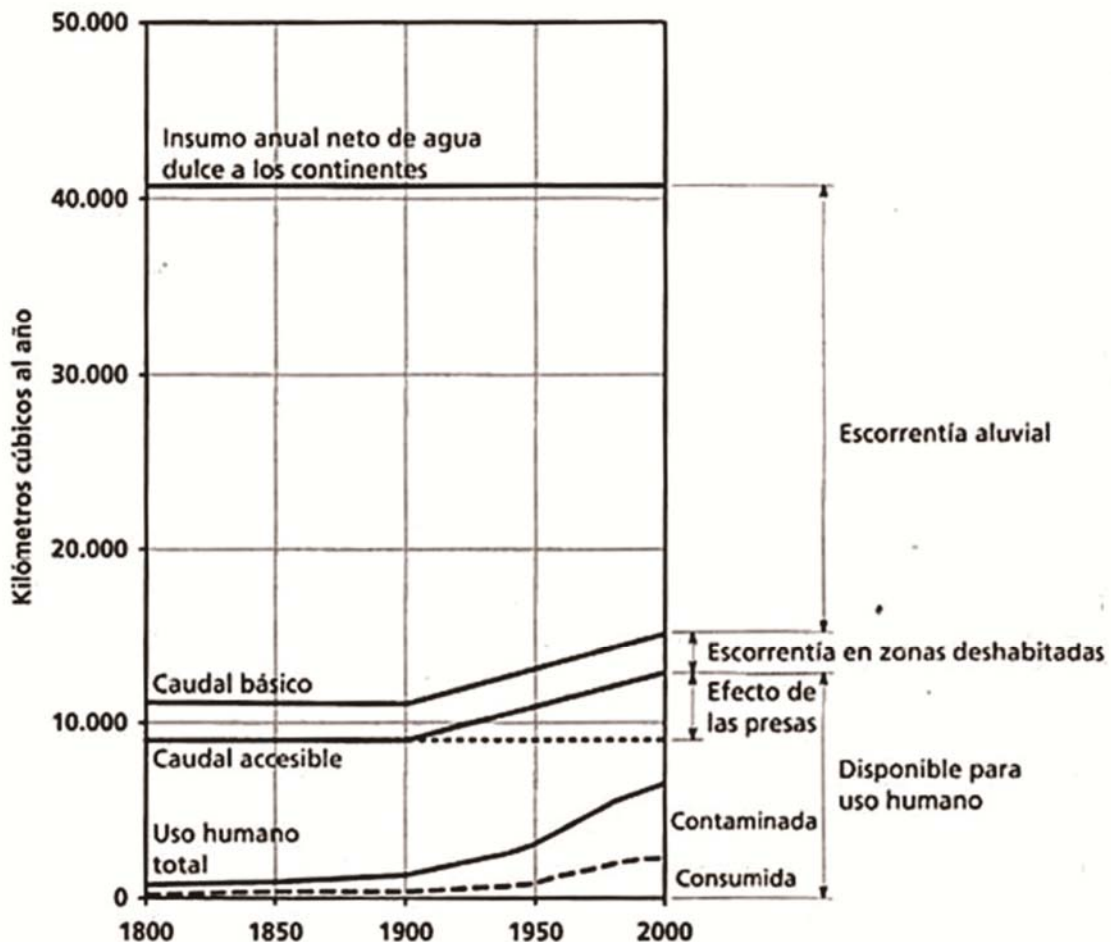


Figura 2. Recursos de Agua Dulce y Evolución del Uso para Actividades Humanas
Fuente: (Meadow, D. et al., 2012)

La explicación de este gráfico hecha por los autores es la siguiente:

“La parte superior del gráfico representa el límite físico máximo del uso humano del agua, el caudal total anual de los ríos del mundo (incluida la recarga de todos los acuíferos subterráneos). Esta es la fuente renovable de la que se extraen prácticamente todos los insumos de agua dulce para la economía humana. Es una cantidad enorme de agua: 40700 km³ al año, suficientes para llenar los cinco grandes lagos de Norteamérica cada cuatro meses. Parece, en efecto, que es un límite muy lejano, dado que las captaciones de agua actuales por los humanos apenas superan una décima de este volumen: 4430 km³ al año”. (Meadow, D. et.al.,2012)

Es importante destacar esta lectura desde el punto de vista del usuario, especialmente los que están ubicados en entornos donde los recursos hídricos cobran forma de grandes lagos o ríos, o de precipitaciones abundantes en determinados periodos del año: forja en el imaginario colectivo la idea de que “el agua sobra”. Esta imagen comienza a mostrar, que no se condice con la realidad de las posibilidades reales de acceso a la misma.

“En la práctica, sin embargo, toda esta esorrentía de agua dulce no puede aprovecharse. Gran parte es estacional: nada menos que 29000 km³ al año fluyen hacia el mar por las torrenteras. Por tanto, solo quedan 11000 km³ que constituyen un recurso disponible durante todo el año, y que consisten en la suma de los flujos básicos de recarga de los ríos y acuíferos”.(Meadow, D. et.al.,2012)

Cuando la densidad de los asentamientos humanos era escasa, la relación con grandes fuentes de agua se prolongaba con las formas, actividades y estilos de vida que saben que “contarán siempre con el agua”. En cambio allí donde las condiciones productivas del uso del suelo lo ameritaban y no coincidía con disponibilidad de agua, las grandes obras hidráulicas de represas y sistemas de regadío, posibilitaron la radicación de población en entornos carentes de agua. Pero el gráfico muestra también la realidad contraria: no toda el agua dulce accesible fluye por áreas pobladas (por ejemplo bastas zonas de la Amazonia y del extremo septentrional de Eurasia y Norteamérica).

“Los 11000 km³ de caudal sostenible, más 3500 añadidos por las presas, menos 2100 que son inaccesibles, dejan 12400 km³ al año de caudal sostenible accesible. Este es el límite superior previsible de la oferta de agua dulce renovables disponibles para el uso humano” (Meadow, D. et.al.,2012)

Evidentemente es muy importante la diferencia entre agua disponible y agua accesible para las actividades humanas. Por otra parte, estas han tenido una sostenida curva de ascenso, desde principios de siglo hasta la actualidad.

“La captación consuntiva humana (agua extraída pero no revertida a los ríos o acuíferos porque se evapora o se incorpora a los cultivos o productos) ascienden a 2290 km³ al año. Otros 4490 km³ se emplean primariamente para diluir y evacuar la contaminación. Estas dos categorías de uso suman 6780 km³ al año, justo más de la mitad de la esorrentía total disponible de agua dulce”. (Meadow, D. et.al.,2012)

Respecto al enfoque de los autores respecto al agua contaminada vale una pequeña digresión. No se especifica cuanto del agua contaminada es tratada en condiciones de volver a ser incorporada a cursos superficiales, re-inyectada para recarga de acuíferos o reutilizada en actividades humanas. Es evidente también que la relación entre Agua total Accesible vs. Agua contaminada, es importante desde el punto de vista de la capacidad de los sumideros para capturar la contaminación y restaurar la capacidad del agua para reinsertarse totalmente disponible dentro del Ciclo Hidrológico. Sin dudas los autores solo han aspirado a plantear grandes números para aproximarse a una realidad de carácter global respecto al tema principal: las condiciones de extralimitación frente a los recursos hídricos.

Una primera lectura de las cifras globales obtenidas muestra que, si bien el consumo de agua aun se mantiene dentro de los márgenes de la escorrentía accesible, la tendencia del crecimiento del consumo de agua para actividades humanas tiene una tendencia hacia la extralimitación.

“¿Significa esto que hay margen para una nueva duplicación del uso de agua? ¿Es probable que se produzca otra duplicación?

Si la demanda media per cápita no variara en absoluto y la población humana creciera hasta 9000 millones de aquí al año 2050 como prevé actualmente la ONU, los humanos extraerían 10200 km³ al año, el 82% de la escorrentía mundial sostenible de agua dulce. Si no sólo creciera la población, sino también la demanda “per cápita”, habría graves restricciones globales de agua mucho antes del año 2100. A lo largo del siglo XX, las extracciones de agua aumentaron alrededor de dos veces más rápidamente que la población”. (Meadow, D. et.al.,2012)

En este punto los autores muestran un caso relevante, el de Estados Unidos, que luego de haber seguido un crecimiento del consumo exponencial, alcanzaron a modificar los patrones de consumo y revertir la tendencia. Un enfoque que ha predominado para alcanzarlo es el denominado “gestión de la demanda”. Hasta entonces había predominado para la satisfacción de la demanda un énfasis en la oferta, a partir del cual se avanzó en dicho país con un crecimiento durante el siglo XX de grandes obras de captación y canalización de agua hacia los puntos de consumo. La gestión de la demanda ha buscado avanzar en la eficiencia del consumo y la provisión de agua. Otro motivo presentado por los autores es el de la relocalización de industrias con alto consumo de agua en otras latitudes.

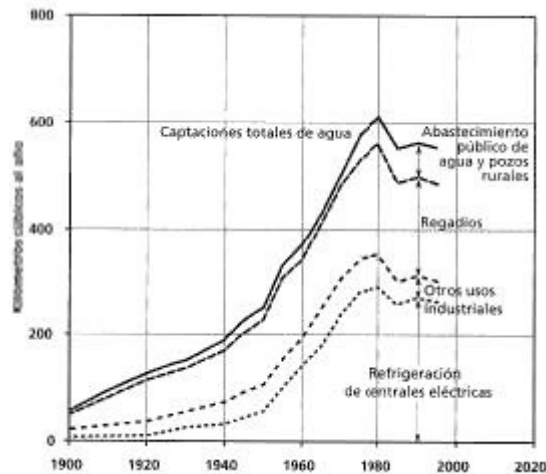
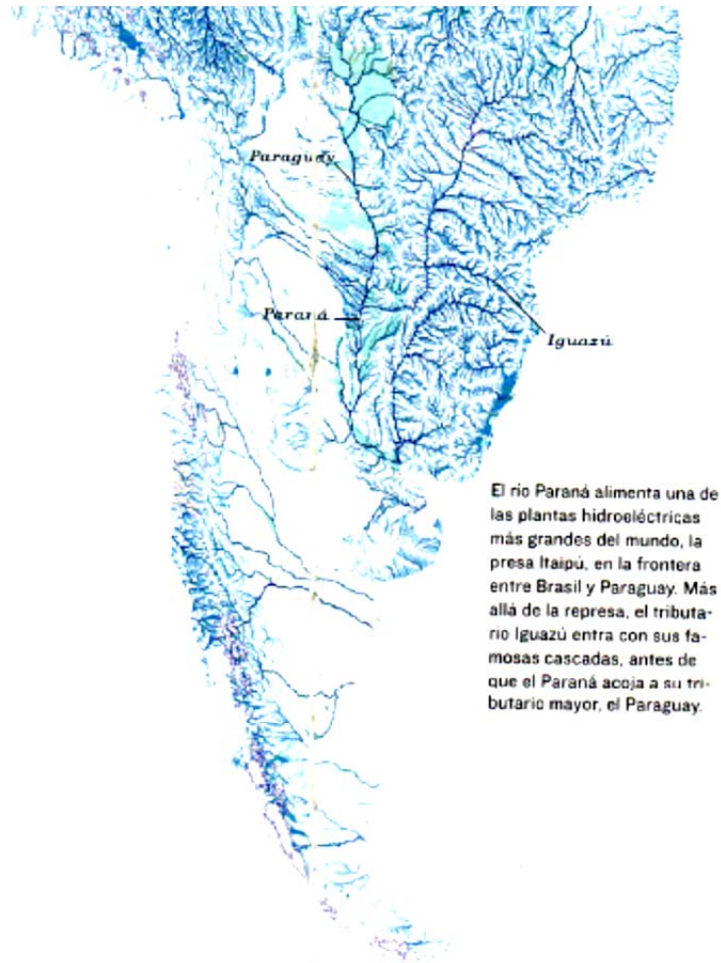


Figura 3. Evolución del Consumo de Agua en Estados Unidos en el Siglo XX
Fuente: (Meadow, D. et al., 2012)

Este gráfico es revelador respecto a las capacidades reales existentes para revertir, en este caso la demanda de agua que había adquirido un comportamiento de crecimiento exponencial y que alcanzó a ser moderada. Pero, si bien este gráfico global puede llegar a ser alentador, es en la relación regional donde se ponen de manifiesto las relaciones particulares entre disponibilidad/accesibilidad al recurso y la demanda. La diversidad de condiciones existentes entre cuencas de aguas superficiales y subterráneas y asentamientos humanos centrados en diversas actividades y provistos de distinto tipo, calidad y cantidad de recursos, y contando también con diversas densidades pueden plantear una ecuación diversa.

A continuación figura un mapa representativo de las cuencas existentes en el Cono Sur de América donde pueden visualizarse las diferencias mencionadas precedentemente.



El río Paraná alimenta una de las plantas hidroeléctricas más grandes del mundo, la presa Itaipu, en la frontera entre Brasil y Paraguay. Más allá de la represa, el tributario Iguazú entra con sus famosas cascadas, antes de que el Paraná acoja a su tributario mayor, el Paraguay.

Leyendas del mapa

Río perenne
(Descarga promedio 1961-1990, litros por segundo)

- Más de 492 100
- 28 390-492 100
- 4 732-28 386
- 946-4 727
- Menos de 946

Río intermitente
(Descarga promedio 1961-1990, litros por segundo)

- Más de 28 390
- 4 732-28 390
- 946-4 727
- Menos de 946

Río intermitente
(Descarga promedio 1961-1990, litros por segundo)

- Más de 28 390
- 4 732-28 390
- 946-4 727
- Menos de 946

- Zona glacial o capa de hielo
- Lago
- Permafrost (Más de 90% del suelo congelado de manera continua)
- Humedal mayor

Figura 4. Diferencias entre zonas con cuencas según presencia y caudales en Sudamérica

Fuente: National Geographic, 2010.

Pero una actividad que es necesario plantear como modeladora por excelencia de las condiciones de provisión de agua es la agricultura.

“Los ríos Colorado, Amarillo, Nilo, Ganges, Indo, Chao Phraya, SyrDarya y Amu Darya están tan explotados debido a la captaciones para regadíos y ciudades que sus canales se secan durante una parte o la totalidad del año. En los estados agrícolas indios de Punyab y Haryana, los acuíferos descienden al ritmo de medio metro por año. En el norte de China se sobre-explotan los pozos a razón de 30 km cúbicos al año (una de las razones por las que se seca el río Amarillo)”: (Meadow, D. et.al.,2012)

Para tener una idea del lugar que ocupa la agricultura como una de las principales actividades consumidoras de agua, el siguiente gráfico comparativo de países de diversas latitudes y grados de desarrollo, brinda una información general al respecto y sirve para tener una idea del grado de presión sobre los recursos:

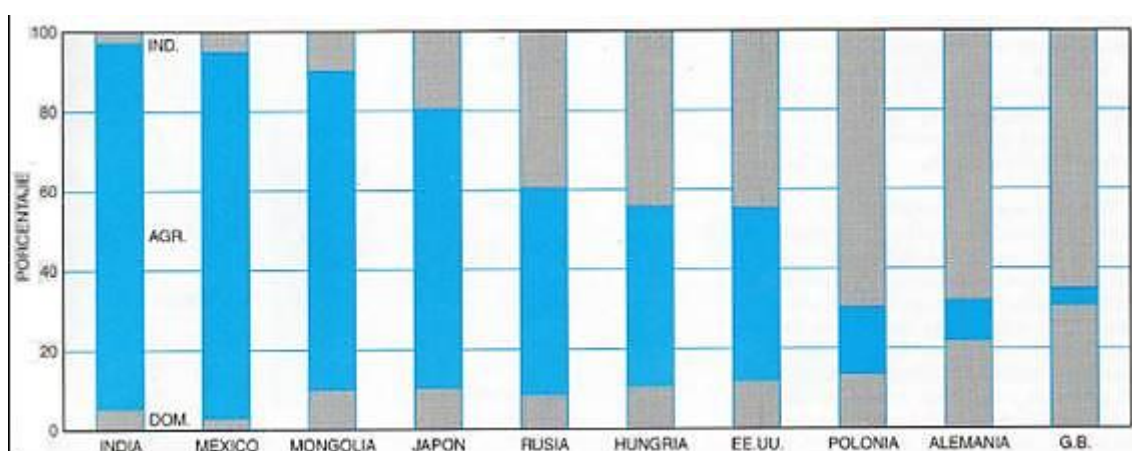


Figura 5. Comparación de la Estructura de Consumo de Agua por países: Porcentajes destinados al Consumo Domiciliario, Agrícola e Industrial.

Fuente: Revista “Investigación y Ciencia”, 2001.

Existen principalmente dos tipos de consecuencias sobre los recursos hídricos cuando dicha presión se acerca a los límites de disponibilidad o se extralimita. El primero es la salinización de las fuentes de provisión. Respecto a esta problemática, la zona oeste de Estados Unidos es emblemática:

“Antes de conocerse el riego intensivo, las aguas subterráneas de los valles del oeste y de sus cuencas gozaban de gran calidad en casi todos los puntos. Los acuíferos subterráneos recibían una carga abundante en las partes altas de los valles, en el nacimiento de los ríos. Las aguas subterráneas descargaban luego en la cuenca del valle y, en su mayor parte, en los propios ríos, en forma de corriente difusa. Cuando los agricultores comenzaron a bombear agua de los acuíferos para regar, se produjo un descenso de la capa freática, rebajándose el flujo de descarga en los ríos. Con el tiempo la capa freática bajó tanto que ya no descargaba nada. Los acuíferos se transformaron así en depósitos cerrados. Al no poder evacuarse, las sales se fueron acumulando”¹¹. (Pillsbury A., 2001)

¹¹Pillsbury, A., “La salinidad de los ríos”. Revista “Investigación y Ciencia”, edición española de “Scientific American” Tema 24, 2001.

A este problema de pérdida de calidad de los acuíferos por la pérdida de sus condiciones de descarga en los ríos, Pillsbury también menciona a otros dos: el de la intrusión marina cuando esta sobre-explotación de los acuíferos se registra en zonas costeras marítimas y por otra parte, cuando se establecen sistemas de drenaje en las áreas agrícolas bajo riego artificial, para evitar la colmatación del suelo con sales, pero donde la derivación de dichos drenajes, pueden recaer en cuencas hídricas superficiales que verían incrementarse sus contenidos salinos en guarismos muy elevados.

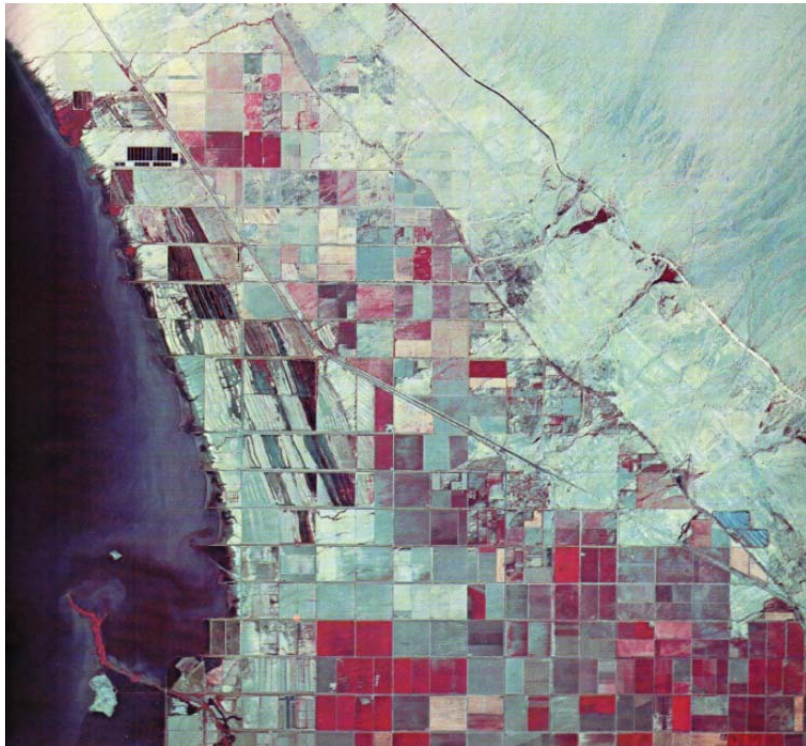


Figura 6. Foto aérea de cultivos intensivos del “Valle Imperial” en las márgenes del “Mar de Salton”, sudeste de California (EE.UU).

Fuente: “Investigación y Ciencia” Tema 24, 2001

Pero, la agricultura actual, en su búsqueda de responder a las condiciones climáticas y del medio adversas bajo rindes cada vez mayores, ha establecido su éxito bajo los requisitos cada vez mas difundidos de la modificación genética y bajo un formidable complejo agroquímico. El segundo ha traído consecuencias altamente negativas:

“Los suelos se erosionan, la irrigación rebaja el nivel de los acuíferos, las escorrentías de los campos de labranza contaminan las aguas de superficie y subterráneas. Por ejemplo, los grandes cuerpos acuáticos del mundo contienen 61 importantes zonas muertas, donde los efluentes nutritivos, principalmente fertilizantes y suelos erosionados, han acabado prácticamente con toda vida acuática. Algunas se mantienen durante todo el año, otras se limitan al verano, después de que las escorrentías de primavera arrastran los residuos de fertilizantes de las tierras de cultivo situadas río arriba. La zona muerta del Mississippi abarca 21000 kilómetros cuadrados, el equivalente del estado de Massachussets”. (Meadows D. et.al., 2012)

Otro tema de gran preocupación son los efectos que este persistente complejo agroquímico, infiltrado en las diversas capas de terreno pudiese generar reacciones con los diversos compuestos de los mantos geológicos y producir degradaciones que terminen contaminando subterráneas de agua en forma irreparable.

“A medida que se acidifican los suelos, los metales tóxicos, acumulados y guardados durante largos espacios de tiempo (digamos que entre varios decenios y un siglo), pueden movilizarse y lixiviarse rápidamente en las aguas subterráneas y de superficie o ser absorbidos por las plantas. La acidificación en curso en los suelos de Europa, debida a la deposición ácida, es sin duda un motivo de verdadera preocupación con respecto a la lixiviación de los metales pesados” (Meadows D. et.al., 2012).

Este dato presentado no es menor. La extensión y lo difusa del tipo de contaminación que se presenta por agroquímicos, las debilidades manifiestas de los sistemas de control de este tipo de sustancias y la escasez de estudios sobre el particular, hacen que esta amenaza sobre la calidad del agua dulce signifique un grave escollo a salvar a la hora de encarar acciones de mejora. Es más, en la Argentina, donde buena parte de la renta nacional depende de los agro-negocios, este es un tema arto sensible dada la dependencia de la producción agrícola del complejo agroquímico.

2.4.3 La necesidad de restablecer equilibrios

Hasta aquí se realizó un repaso global de cómo la extralimitación se manifiesta entorno a la gestión inadecuada de los recursos hídricos. Los párrafos precedentes muestran lo determinante que resultan a la hora de entender las extralimitaciones, las diferencias existentes entre agua disponible y agua accesible, según las condiciones particulares de carácter región. Se ha podido visualizar también que, de no mediar movimientos migratorios significativos, la presión global sobre los recursos accesibles no dispone de margen para un crecimiento del consumo que tienda al exponencial. Con la presión existente sobre los recursos, ya se están estudiando obras que podrían denominarse con los términos televisivos de “mega-obras”: transvases entre cuencas: como el proyecto de transvase del Ebro hacia las Comunidades de Valencia y Murcia en España, el Proyecto “Nawapa” trayendo agua desde la Columbia Británica hasta el río Misissipi, y la zona agrícola del oeste norteamericano hasta México o inclusive las derivaciones del río Yangsté hacia el norte de China, donde el río Amarillo ha pasado a ser un río intermitente. Esto si duda pasaría a significar para las sociedades un alto costo para intentar superar la extralimitación, si no se atacan las raíces de esta. Justamente Meadows y Randers, explican que un indicador de la extralimitación no es necesariamente un colapso (si bien no lo excluye): una forma muy visible es la del incremento cada vez más acentuado de los costos de aquellos servicios ambientales que antes podían accederse con otros mucho más económicos.

Según la geografía que se trate, la agricultura (que dependa del regadío y del complejo agroquímico para su implementación y crecimiento) será quien opere sobre los recursos con una presión y unos efectos capaces de incidir negativamente sobre los otros dos grandes sectores de consumo: el industrial y el residencial.

Las condiciones actuales muestran lo imperioso de avanzar sobre la demanda a la hora de encarar vías de solución global, capaces de establecer nuevos equilibrios que preserven las condiciones de provisión y accesibilidad al recurso. El ejemplo presentado del comportamiento de la demanda de agua en Estados Unidos, muestra que existen mecanismos exitosos que pueden modificar la tendencia.

Pero si bien la relación directa entre recurso y demanda es la que ha prevalecido en lo expuesto precedentemente, existen actualmente tendencias que pueden alterar aún más y en forma enérgica esta difícil ecuación de equilibrio que conceptualmente se está planteando. Se trata del Cambio Climático, el cual incide directamente sobre el Ciclo Hidrológico y que se suma a las perturbaciones directas hasta aquí presentadas.

2.5 Cambio Climático: Amenazas sobre la sostenibilidad del Ciclo Hidrológico

El paradigma económico del crecimiento ilimitado ha tenido un efecto demoledor como se ha visto sobre la integridad y el equilibrio de disponibilidad de los recursos naturales. Esto como quedó presentado en el punto anterior ha tenido consecuencias notables en cuanto a las condiciones bajo las cuales en distintos puntos de planeta las personas pueden disponer de un Ciclo Urbano o Rural bajo condiciones de sostenibilidad. Ahora bien, siendo como se ha dicho, la disponibilidad de recursos hídricos fuertemente influenciada por las condiciones regionales, su sostenibilidad dependerá de los factores que aporte el medio geográfico determinado.

Pero, en estos últimos años ha cobrado un grado singular de preocupación la evolución global de los principales parámetros que influyen sobre el Cambio Climático. Tal es el grado de preocupación como los esfuerzos realizados desde el año 1992 (fecha de creación de la Comisión de las Naciones Unidas para el Cambio Climático) en darle un creciente grado de certeza y coherencia a los diversos aportes y opiniones acerca de la evolución del Clima en nuestro planeta. Es tan negativo el escenario futuro presentado por los expertos consultados en este trabajo que no podía soslayarse o minimizar la influencia futura sobre el Ciclo Hidrológico de la evolución inminente del clima planetario.

Por lo tanto, en los puntos que siguen se presentará una descripción general del Ciclo del Carbono, para comprender como las limitaciones cada vez más agudas que tienen los ecosistemas para procesar las emisiones de los gases de efecto invernadero, sumadas a la ineficacia de las medidas de regulación de dichas emisiones, ha llevado a registros jamás vistos en la pre-historia e historia de nuestro planeta de concentraciones de CO₂, el principal componente atmosférico que finalmente ha causado dicho efecto invernadero. Se presentarán la evolución de los principales indicadores, la influencia sobre el cambio de la temperatura promedio del planeta, y las principales manifestaciones que este efecto está causando sobre los ecosistemas, especialmente en los hitos que se han denominado “puntos de no retorno”. También se presentarán los últimos mapas disponibles a partir del Informe IPCC del 2014 y como se proyectan a futuro consecuencias sobre las regiones que principalmente podrán influir sobre el área de estudio.

Se pondrá finalmente énfasis en cómo estos cambios climáticos podrán modificar las condiciones del Ciclo Hidrológico en el área de estudio. También se fijaron pautas para interpretar el enfoque adaptativo vigente para enfrentar los principales impactos previstos sobre la población, los sistemas productivos y los ecosistemas. Pero, dado que el objeto principal de esta tesis es el de presentar un Modelo de la sostenibilidad del Ciclo Urbano del agua, se buscará fijar criterios ante un tema no menor y que ha modificado sustancialmente el enfoque inicial del trabajo: cómo abordar la sostenibilidad en situaciones de cambio tan radicales como las que ya están en marcha a nivel global.

Se creyó importante aclarar las limitaciones del autor en cuanto a la formación específica para abordar estos temas. Por lo tanto, se buscó una adecuada referencia bibliográfica que aporte claridad a los planteos, y un equilibrio en cuanto a calibrar la

magnitud y consecuencias del fenómeno. En virtud del importante abanico de expertos citados y el más que abundante conjunto de citas bibliográficas y documentales aportadas, se tomó como especial referencia el trabajo del académico australiano Clive Hamilton y su obra “Requiem para una Especie”, además de aportes de organismos internacionales y de otros expertos que le han dado forma a este relevante punto del Marco Teórico General.

2.5.1 Descripción del Ciclo del Carbono

Para una comprensión del problema del Cambio Climático, se creyó importante presentar unas nociones básicas del Ciclo Global del Carbono, basado en la explicación de un sencillo gráfico:

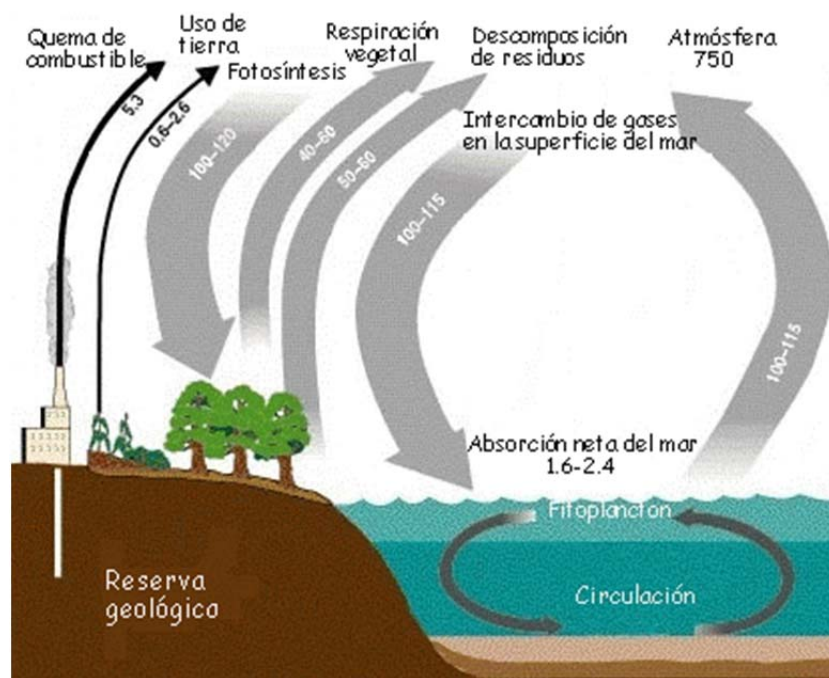


Figura 7. Ciclo Global del Carbono

Fuente: (Ecología Eov, 2009)

Para su explicación nos basaremos en los sencillos conceptos de un especialista en Ecología:

“El Ciclo del Carbono es la sucesión de transformaciones que sufre el carbono a lo largo del tiempo. Es un ciclo biogeoquímico de gran importancia para la regulación del clima de la Tierra, y en él se ven implicadas actividades básicas para el sostenimiento de la vida. El ciclo comprende dos ciclos que se suceden a distintas velocidades: Ciclo biológico: comprende los intercambios de carbono (CO₂) entre los seres vivos y la atmósfera, es decir, la fotosíntesis, proceso mediante el cual el carbono queda retenido en las plantas y la respiración que lo devuelve a la atmósfera. Este ciclo es relativamente rápido, estimándose que la renovación del carbono atmosférico se produce cada 20 años. Ciclo biogeoquímico: regula la transferencia de carbono entre la atmósfera y la

litosfera (océanos y suelo). El CO₂ atmosférico se disuelve con facilidad en agua, formando ácido carbónico que ataca los silicatos que constituyen las rocas, resultando iones bicarbonato. Estos iones disueltos en agua alcanzan el mar, son asimilados por los animales para formar sus tejidos, y tras su muerte se depositan en los sedimentos. El retorno a la atmósfera se produce en las erupciones volcánicas tras la fusión de las rocas que lo contienen. Este último ciclo es de larga duración, al verse implicados los mecanismos geológicos. Además, hay ocasiones en las que la materia orgánica queda sepultada sin contacto con el oxígeno que la descomponga, produciéndose así la fermentación que lo transforma en carbón, petróleo y gas natural. El almacenamiento del carbono en los depósitos fósiles supone en la práctica una rebaja de los niveles atmosféricos de dióxido de carbono. Si éstos depósitos se liberan, como se viene haciendo desde tiempo inmemorial con el carbón, o más recientemente con el petróleo y el gas natural; el ciclo se desplaza hacia un nuevo equilibrio en el que la cantidad de CO₂ atmosférico es mayor; más aún si las posibilidades de reciclado del mismo se reducen al disminuir la masa boscosa y vegetal¹².

2.5.2 Causas de la Acumulación del Carbono y de Gases de Efecto Invernadero (GEI)
 Justamente las disfunciones esbozadas precedentemente en este Ciclo Global del Carbono acarreadas por la actividad humana de los últimos cientos de años han traído aparejado un crecimiento exponencial de los gases de efecto invernadero, como lo indica el siguiente gráfico:

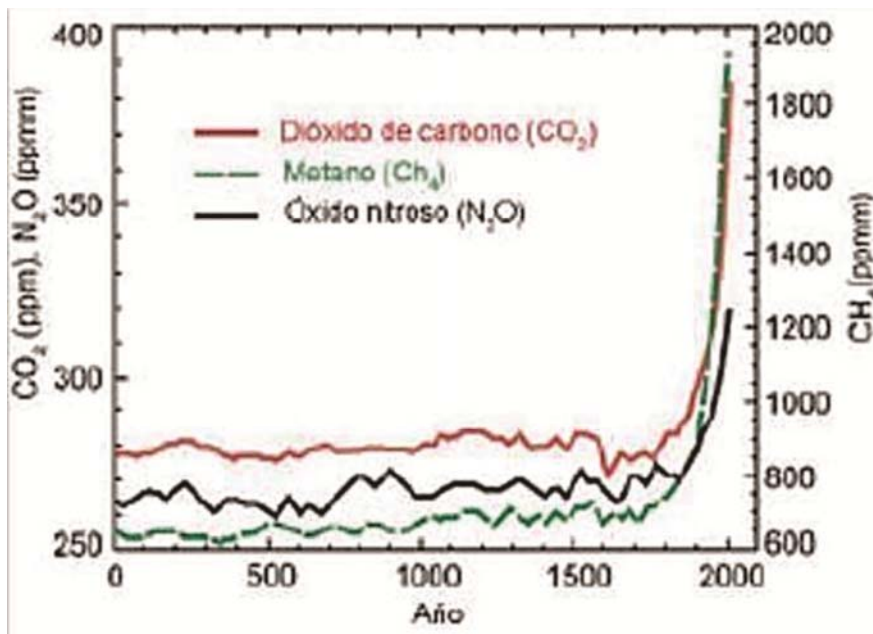


Figura 8. Evolución histórica de las concentraciones de Gases de Efecto Invernadero los últimos dos mil años medidos en Partes por Millón volumétrico.

Fuente: US Environmental Protection Agency (EPA, 2015)

¹² Ariel Efrén Ortega Vázquez - <http://ecologiaeov.blogspot.com.ar/>

El crecimiento exponencial del lapso de los últimos doscientos años presenta un panorama que hace prever cambios ambientales que implican importantes transformaciones en cuanto a las condiciones del clima y por ende del soporte de la vida sobre la Tierra tal cual la hemos conocido.

Han sido de vital importancia para la comprensión de este tipo de transformaciones los aportes que obtuvo la paleo-climatología, mediante el estudio de la composición atmosférica en las muestras estudiadas de hielo antártico.

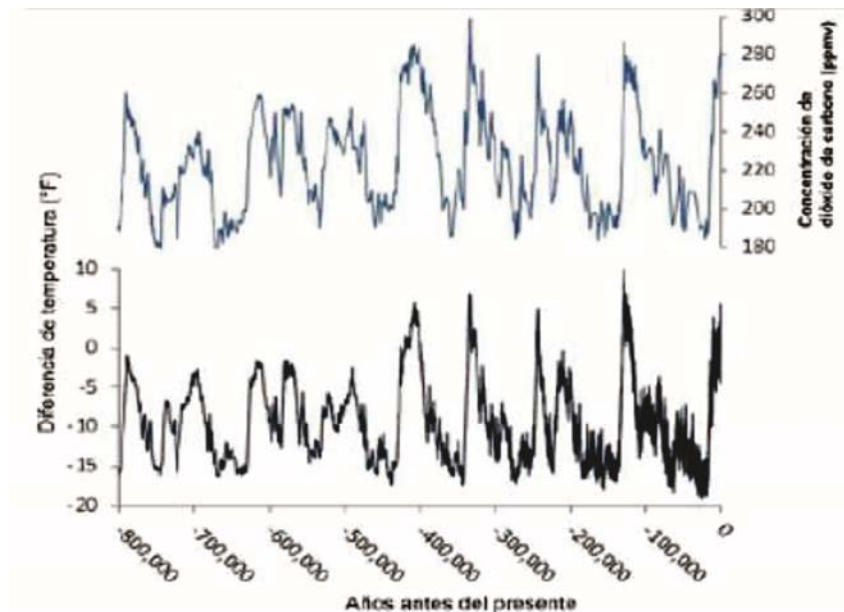


Figura 9. Cambios en la Temperatura de superficie y contenidos de CO2 atmosférico.

Fuente: (EPA, 2015)

En el gráfico precedente cabe destacar que el aumento de temperatura corresponde a altos contenidos de CO2 en períodos inter-glaciales. Otro dato revelador es que la vida en el Planeta, tal cual se la ha conocido, se desarrolló sin superar en ningún período contenidos superiores a 300ppm, con lo cual se puede deducir que a lo largo de los últimos 800.000 años de desarrollo de la vida sobre la tierra, los gases atmosféricos, especialmente el CO2, se han mantenido en niveles ultra-estables. Recién en el actual período de los últimos trescientos años, donde quedan evidenciadas las consecuencias de la actividad humana post-industrial, se ha superado dicha barrera de los 300 ppm.

Una manifestación que se destaca en este trabajo de la incidencia de la actividad humana sobre el clima es la del avance de la frontera agropecuaria sobre los bosques naturales en todas las latitudes. Un muy esclarecido artículo difundido por la FAO sobre el particular nos grafica la situación global de cómo, en la década de los '90 se manifestó el desequilibrio y ganancia de carbono atmosférico, no solo por exceso de emisiones por sobre la capacidad de absorción de los dos principales sumideros: los bosques terrestres y los océanos.

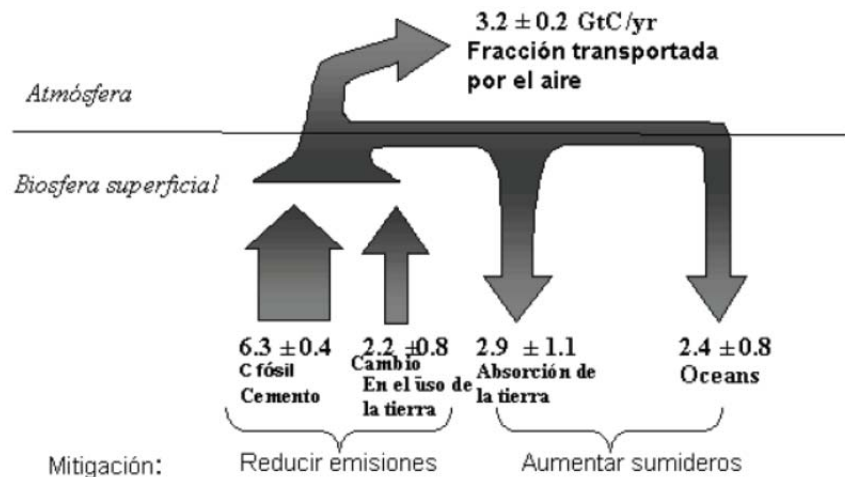


Figura 10. Perturbaciones antropogénicas en gigatonnes de carbono/año
Fuente: (Apps, M., 2003)

“Actualmente, aproximadamente las tres cuartas partes de las perturbaciones directas causadas por el hombre al ciclo mundial de carbono se deben a la quema de combustible fósil, cuyas emisiones superan actualmente 6 Gt C/año (gigatonnes de carbono por año) y siguen aumentando. Para establecer una perspectiva, dicha emisión equivale a la incineración total de la mitad de los árboles del Canadá, sin residuos, carbón vegetal u hollín. Cada año. No obstante, desde mediados del siglo XIX, la adición acumulativa de CO₂ antropogénico a la atmósfera por el cambio en la utilización de la tierra ha sido casi tan elevada (~156 Gt C) a la ocasionada por el uso de combustible fósil (~280 Gt C/año) y continua siendo una importante emisión antropogénica (~2,2 Gt C/año).

De los $7,6 \pm 0,8$ Gt C/año de CO₂ añadidos a la atmósfera a consecuencia de actividades humanas en el período comprendido entre 1980 y 1995, sólo el $3,2 \pm 1,0$ Gt C/año permanece en la misma, mientras que el resto lo han absorbido casi por igual los ecosistemas oceánicos y terrestres. De este modo, la biosfera de la tierra elimina de manera activa parte del nuevo carbono que la actividad humanas han añadido. Los ecosistemas terrestres en particular, asimilaron (absorbieron y retuvieron) el $2,3 \pm 0,9$ Gt C/año, incluso después representan la pérdida de 2,0 - 2,2 Gt C/año de la deforestación.” (Apps, M., 2003).

Por lo tanto, puede visualizarse como los gases de efecto invernadero en general y el CO₂ en particular, están creciendo en su concentración atmosférica tanto por el exceso de las emisiones sobre las condiciones de absorción de los principales sumideros, como por la remisión de las áreas principalmente las boscosas que ofician como tales. El crecimiento de los contenidos atmosféricos entró por lo tanto en una espiral ascendente y cuyos contenidos no desaparecerán de aquí a miles de años:

“... la actividad industrial humana, de los últimos dos o tres siglos, ha perturbado ese equilibrio. Cuando desenterramos y quemamos carbón, más de la mitad del CO₂ así liberado es absorbido por sumideros terrestres y oceánicos. El resto permanece en la atmósfera y, parte de él, durante un tiempo sumamente largo. Una cuarta parte seguirá afectando el clima por un millar de años, y el 10% durante cien mil años” (Hamilton, C., 2010)

Un ingenioso grafico difundido por la EPA muestra el mecanismo genérico por el cual se está produciendo este elevado crecimiento.

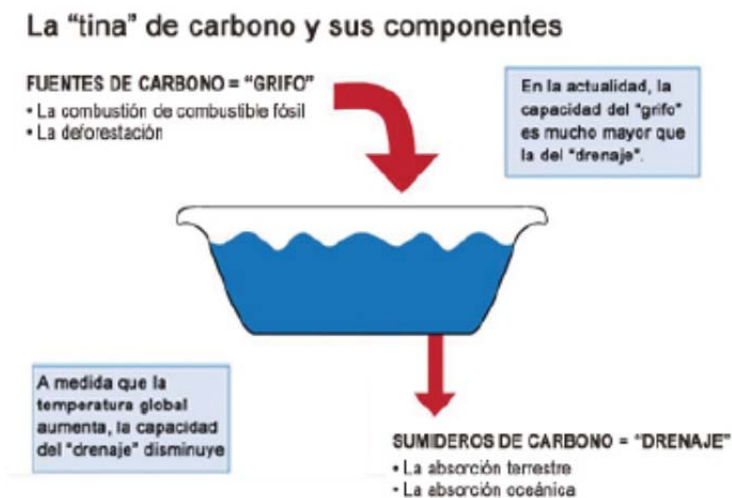


Figura 11. Mecanismo genérico de aumento de las concentraciones de carbono atmosférico

Fuente: (EPA, 2015)

Un aspecto no menor que aparece en el gráfico, demostrado por diversos trabajos, es la reducción progresiva de la capacidad de absorción de los sumideros aun disponibles por efecto del incremento de temperatura global:

“Los climatólogos saben ahora que el incremento de los gases atmosféricos de efecto invernadero elevan el potencial de captación de calor que tiene la atmósfera, lo cual, a su vez, interfiere en el ciclo del carbono natural, de tal manera, que tiende a amplificar el efecto invernadero. Esto se denomina efecto de retroalimentación positiva. A través del calentamiento global, los cambios en el carbono atmosférico modifican la tasa de absorción y liberación de carbono proveniente de los sumideros naturales en los océanos y la tierra. Los mecanismos de retroalimentación del ciclo del carbono climático incluyen la reducción de la capacidad de las aguas oceánicas más cálidas para extraer CO₂ de la atmósfera, la disminución de la mezcla en el fondo del océano y, por ende, el transporte de carbono desde la capa superficial rica en carbono hacia el fondo oceánico. Además, se espera que el calentamiento provoque mayor deforestación por sequías, incendios y altas temperaturas, que han de inhibir el crecimiento vegetal. Las conclusiones de un estudio reciente fueron que una elevación de 4°C en la temperatura promedio de la Tierra, mataría el 85% de la selva amazónica y que, incluso una elevación de 2°C, que ahora parece inevitable, significará la muerte de un 20 a un 40% de ella”. (Hamilton, C., 2010)

Evidentemente, el crecimiento de los contenidos de CO₂ más allá de los 300ppm no es gratuita. El efecto no deseado es el aumento de la temperatura promedio de la superficie terrestre. Será bueno detenerse en algunos párrafos explicativos de cómo se produce este efecto denominado “invernadero”.

2.5.3 El Efecto Invernadero

La acumulación de CO₂ atmosférico, ha traído aparejado el aumento de la temperatura media del planeta. Se creyó importante presentar por lo tanto a nivel esquemático los mecanismos por los cuales se produce dicha ganancia de temperatura.



Figura 12. Esquema general de la forma en que se produce el efecto invernadero

Fuente (INNEC, 2014)

La forma en que este “Efecto Invernadero” ha quedado registrado es el del incremento de la temperatura de superficie, como lo muestra el siguiente gráfico:

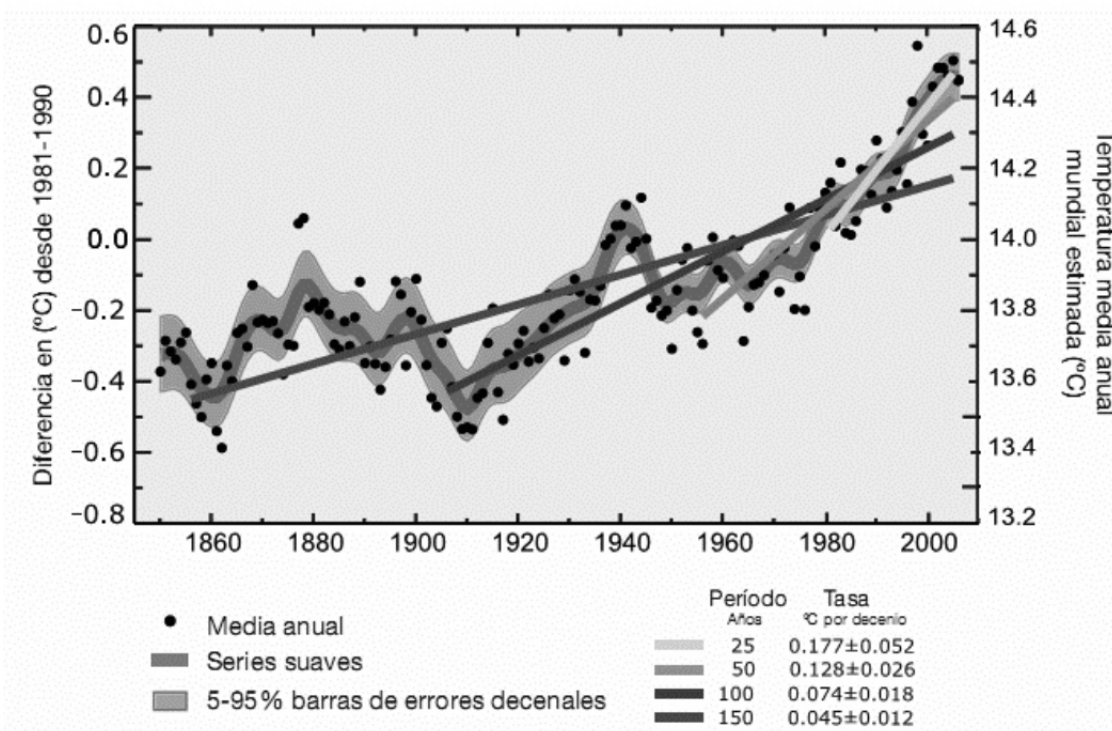


Figura 13. Crecimiento de la Temperatura Media Anual del Planeta Grafico basado en los Informes IPCC
Fuente: Larios Martón, 2008

Una mirada superficial del cuadro podría inducir a error. Un crecimiento documentado de unas décimas de grado, parecería que influiría muy poco sobre el clima. Nada más lejos de ello: el límite consensuado como de “seguridad”¹³ por los expertos del panel internacional de Cambio Climático y presentado inicialmente por la Unión Europea es de + 2°C por encima de los promedios de temperatura de superficie del período pre-industrial:

“La Unión Europea, resuelta a determinar lo que significa calentamiento “peligroso” en la Convención marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, adoptó 2°C como nivel máximo debajo del cual hay que mantener el calentamiento.”(Hamilton, C., 2010)

Este incremento de temperatura asociado principalmente a las concentraciones de gases de efecto invernadero no se comporta como un mecanismo lineal. La caracterización de dicho mecanismo es la siguiente:

¹³ Nota del Autor: el concepto de “seguridad” está asociado a mantener la reversibilidad de los procesos desencadenados por el “Efecto Invernadero”. Más adelante se avanzará justamente en presentar los denominados “puntos de no retorno” a partir de los cuales se torna inviable dicha “reversibilidad”.

“La temperatura está relacionada con la concentración de gases de invernadero. Esta concentración se expresa generalmente en CO₂-equivalente. Esta relación no es matemática, es decir no se puede afirmar que una determinada concentración suponga una temperatura media concreta sino que la relación se expresa en términos de probabilidad. El reciente informe del IPCC recoge que una concentración de 510 partes por millón, ppm, de CO₂-eq nos da un 33% de probabilidades de evitar que la temperatura sobrepase los 2°C. Una concentración de 590 ppm sólo nos daría un 10% de probabilidades. Un reciente informe del climatólogo Malte Meinshausen recogía datos similares: 550 ppm de CO₂-eq supone 63-99%, con una media de 82% de probabilidades de superar los 2°C. 475 ppm daría una media del 64% de superar este límite. Sólo si se estabiliza la concentración en 400 ppm habría una probabilidad baja, 28% de superar los 2°C” (Larios Martón, J., 2008)

Los efectos no se producen instantáneamente, dada la complejidad del sistema climático planetario. Tampoco las manifestaciones son las mismas en todos los puntos del planeta. Estos aportes de cara a los objetivos de esta tesis están orientados a constatar los profundos cambios a que se está viendo sujeto el clima en toda la Tierra.

Sin embargo han sido suficientes para dos definitorios aspectos:

- Presentan una tendencia de crecimiento incremental de la temperatura media de superficie.
- Los guarismos alcanzados han bastado para iniciar procesos que implicarán una reacción de retroalimentación positiva del proceso de calentamiento global que aleja definitivamente las posibilidades a la comunidad mundial de mantener la situación de equilibrio que ha caracterizado al clima del planeta y que dio lugar al desarrollo de la vida tal cual la conocemos.

2.5.4 Un panorama sombrío: cambios irreversibles o “puntos de no retorno”

Uno de los puntos por el cual el panorama climático mundial aparece como verdaderamente sombrío está basado en las características propias de este sistema que se mantuvo ultra-estable durante cientos de miles de años: el de las características no lineales de sus interacciones, por lo cual una acción no puede ser contrarrestada por otra de carácter equivalente, con lo cual cae por tierra un concepto que prevalece en todas las sociedades modernas: el de tener la capacidad de modificar nuestro entorno a nuestra voluntad. Lo hemos hecho en escalas puntuales, pero esto es impracticable a nivel global:

“Los seres humanos no pueden regular el clima; el clima nos regula a nosotros. Durante algunos años, los estudiosos del clima comprendieron que algunas de las relaciones entre variables son no lineales, de modo que un pequeño incremento en el calentamiento puede provocar una modificación de gran envergadura en otros aspectos del clima.”(Hamilton, C., 2010)

Las modificaciones de temperatura global presentadas precedentemente y en aumento, han iniciado los siguientes procesos conocidos como puntos de no retorno:

“En septiembre de 2008, dos científicos de la Scripps Institution of Oceanography de los Estados Unidos, publicaron un análisis que sostenía que el mundo ya se encuentra atado a un 2,4°C de calentamiento por encima de los niveles pre-industriales. Con semejante grado de calentamiento, la Tierra está destinada a sobrepasar por lo menos tres puntos climáticos sin retorno: la desaparición del hielo marino estival ártico, el derretimiento de los glaciares del sistema de los Himalayas y el licuado de la capa de hielo de Groenlandia” (Hamilton, C., 2010)

Una vez traspasados estos puntos, se inician los procesos denominados de “retroalimentación positiva”, en referencia fundamentalmente al contenido de gases de efecto invernadero en la atmósfera y al aumento de la temperatura global. Estos procesos van a estar totalmente fuera del alcance de la sociedad global de ser contrarrestados y son:

- La desaparición del albedo, o sea de la capacidad de las superficies blancas de los hielos de reflejar al espacio energía radiante, lo cual en forma directa traerá aparejado un aumento de la temperatura global.
- La desaparición del permafrost de la estepa siberiana y de las regiones árticas liberará a la atmósfera ingentes contenidos de metano y carbono acumulados en miles de años, robusteciendo el crecimiento exponencial de estos gases a los ya existentes.
- El aumento de temperatura y los contenidos de carbono atmosféricos a niveles jamás alcanzados en la paleo-historia de nuestro planeta, inhibirán aun más la capacidad del océano en procesar estos últimos, aumentando su acidificación y afectando dramáticamente los ecosistemas marinos.

La abundante información documentada aportada por Clive Hamilton en el año 2010 en el sentido en el que sintéticamente fue presentado en este capítulo de la Tesis, pueden ser corroborados en el Documento “Afirmaciones del Resumen para Responsables de Políticas” del 2014 elaborado por el IPCC (Ver Bibliografía: Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) . “Cambio Climático 2014. Informe de Síntesis para Responsables de Políticas”. 2014a)

2.5.5 Efectos sobre los sistemas productivos, las sociedades y los ecosistemas

Siendo esta la situación en cuanto a los principales indicadores y procesos en la conformación del clima, cabe preguntarse cuáles serán los efectos verificables de esta situación. Los efectos no serán homogéneos ni tampoco simultáneos. Para tener una idea de cómo afectarán a las distintas regiones del planeta, el mismo IPCC ha desplegado una cada vez más refinada y afinada batería de modelos de simulación climática que pueden comenzar a dar una idea de los efectos localizados y su grado de certeza en cuanto a la ocurrencia de dichos eventos.

La gravedad de los efectos que sucintamente se presentarán queda comprendidas con gran dramatismo en las siguientes palabras:

"Los escenarios de +4°C son devastadores: inundaciones en las ciudades costeras; aumento de los riesgos relativos a la producción de alimentos que podrían dar lugar a tasas más altas de malnutrición; en muchos casos, las regiones secas se volverían más secas y las húmedas, más húmedas; olas de calor sin precedentes en muchas regiones, especialmente en los trópicos; considerable aumento de la escasez de agua en muchas regiones; aumento de la frecuencia de los ciclones tropicales de gran intensidad, y pérdida irreversible de biodiversidad, incluidos los sistemas de arrecifes de coral."(Potsdam Institute, 2012)

Junto con la información extrema presentada, lo que más llama aún la atención es que no son palabras de un férreo defensor del medio ambiente o la ecología. Son las palabras del Dr. JimYong Kim, Presidente del Grupo del Banco Mundial, en el Prefacio del primer volumen de la serie especializada "4°C, Bajemos la temperatura". El tono de estas palabras deja traslucir como permeó los contenidos presentados precedentemente en grupos de poder e influencia financiera global como este Grupo.

La distribución plantearía general de estos eventos queda presentada en mapas como el que confeccionó el Gobierno Británico¹⁴, con la participación de un prestigioso grupo de Centros de Investigación especializados en el tema, comienzan a explicar en forma directa, los efectos previstos para cuando el promedio de temperatura global llegue al umbral de los 4°C por encima del promedio de temperatura pre-industrial. Dicho documento fue difundido con motivo de la Reunión Internacional sobre Cambio Climático de Copenhague (Dinamarca) del 2009.

¹⁴ La fuente original de dicho "Mapa del Calentamiento Global" es: <http://www.metoffice.gov.uk/climate-change/guide/effects/> , si bien actualmente este mapa puede ser capturado en la siguiente dirección web: http://www.oei.es/divulgacioncientifica/noticias_064.htm

Inclusive, si bien dentro de los términos de divulgación científica, la revista “National Geographic” ha difundido un mapa planetario del nivel que alcanzaría el mar si el planeta quedase sin hielos polares (National Geographic, 2013) . Una situación que demandará cientos de años para completarse, y de la cuál de no mediar fenómenos que la mitiguen o contrarresten, nos tendría en el tiempo presente como testigos de su inicio. Cabría entonces a futuro lo que Hamilton menciona en su obra de referencia

“En la historia de la vida sobre la Tierra ha habido épocas libres de hielo: un planeta sin glaciares y sin casquetes polares. En esos tiempos, los niveles del mar estuvieron setenta metros por encima de lo que están actualmente”(Hamilton, 2010).



Figura 15. Sudamérica en un Planeta sin Glaciares ni Polos
Fuente: (National Geographic, 2013)

Si uno se circunscribe al sub-continente Latinoamericano, los principales efectos estimados del Cambio Climático pueden variar su intensidad de acuerdo a las fronteras a las que globalmente se aproxime el promedio global de temperatura de superficie. El Banco Mundial, en su documento “4°C Bajemos la Temperatura”, puede ofrecer una referencia rigurosa de los principales impactos en el entorno sub-continental al área de referencia seleccionada para el desarrollo de esta tesis. Primero, puede observarse la comparación de dos mapas que muestran la variación de las probabilidades de alcanzar picos de temperatura extrema en los meses de verano (Diciembre, Enero, Febrero), si el umbral se aproxima a los +2°C o al de +4°C.

Más adelante, se podrán apreciar dos cuadros más detallados: una descripción de los impactos del cambio climático sobre los ecosistemas y la producción por grandes áreas del sub-continente, relacionados con la densidad poblacional por área, lo cual puede dar una dimensión aproximada de la cantidad de población que se verá afectada por estos efectos. El esquema siguiente, brinda una aproximación muy intuitiva de como la intensidad del conjunto de efectos del cambio climático en Latinoamérica se agudizaría según el aumento en el umbral del Promedio de Temperatura Global de Superficie.

Gráfico 2: Media (de múltiples modelos) del porcentaje de los meses de verano austral (diciembre, enero y febrero [DEF]), con temperaturas sumamente inusuales (que no suelen registrarse más de una vez cada varios siglos) en un mundo 2 °C más cálido (izquierda) y en un mundo 4 °C más cálido (derecha), en el período 2071-99, en comparación con el período de referencia (1951-80).

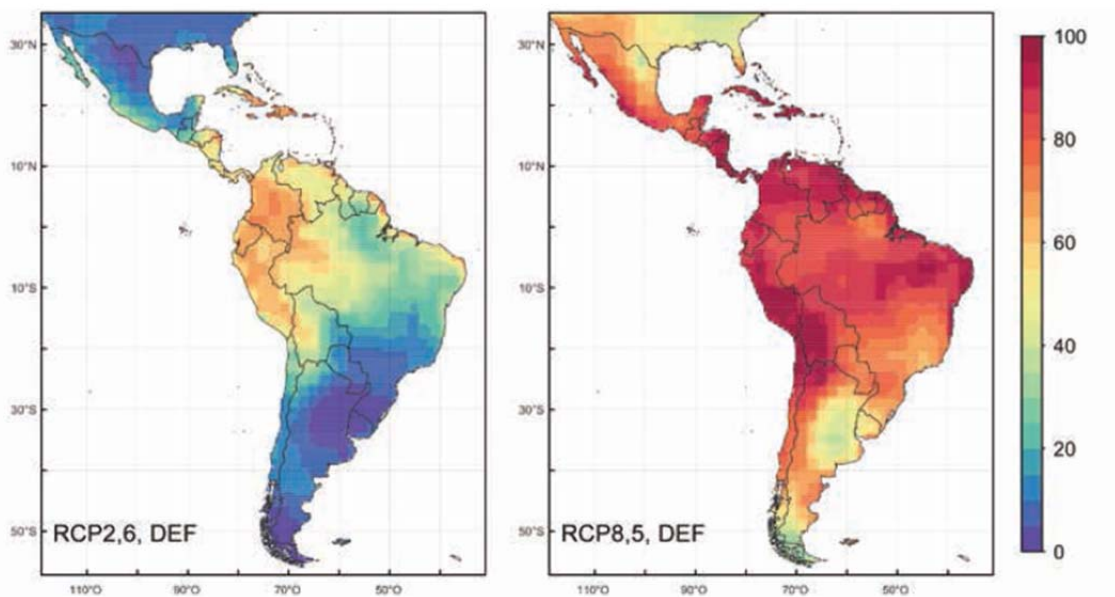
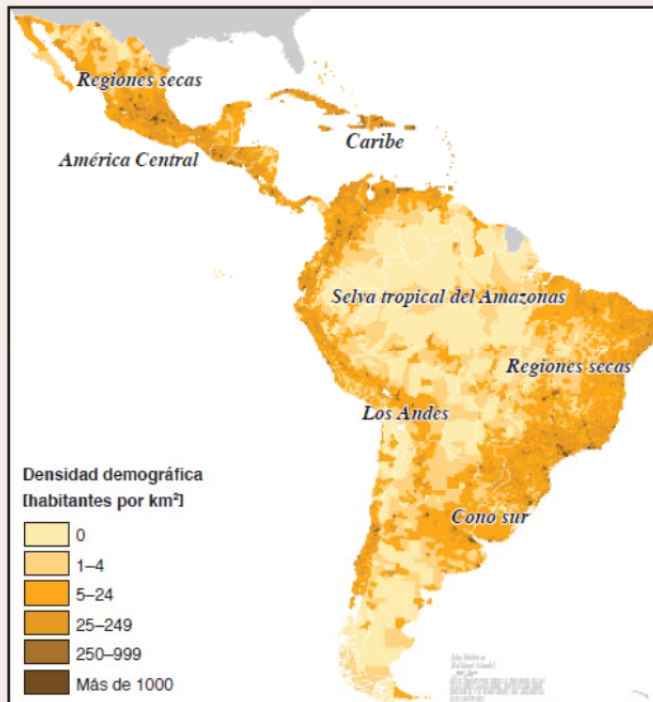


Figura 16. Latinoamérica: Probabilidad de alcanzar temperaturas cálidas extremas en los períodos Diciembre /Enero /Febrero según los umbrales de +2°C o +4°C (Potsdam Instituto, 2014)

Recuadro 3. Riesgos climáticos seleccionados en la región de América Latina y el Caribe

Se estima que, en un mundo 4 °C más cálido, las olas de calor, los cambios en los ciclos hidrológicos, los ciclones tropicales y los cambios del fenómeno El Niño-Oscilación del Sur (ENOS) plantearán graves problemas con riesgos en cascada hacia el sector agrícola, la salud humana, los grandes centros urbanos y el funcionamiento de los servicios ecosistémicos de importancia crítica. Con niveles de calentamiento bajos, el derretimiento de glaciares en los Andes reducirá la cantidad de agua dulce y la energía hidroeléctrica para comunidades y grandes ciudades andinas durante la estación seca, al tiempo que aumentará los riesgos de inundación a corto plazo e impactará en la agricultura y los servicios ambientales río abajo. Se esperan amenazas severas derivadas del aumento del nivel del mar, así como daños en las zonas bajas y en la infraestructura costera. La degradación de los arrecifes de coral pondrá en peligro los ingresos provenientes del turismo y afectará a la biodiversidad, la pesca y la protección de zonas costeras, por lo que tendrá un impacto negativo en los medios de subsistencia. Para la comunidad mundial, tiene gran importancia el posible impacto del cambio climático en la selva amazónica. Con el aumento del calentamiento, la degradación —o, incluso, la desaparición— de la selva tropical del Amazonas tiene cada vez más posibilidades de transformar la selva en una enorme fuente de carbono durante los años secos y de desatar mayores cambios climáticos.



Fuentes de datos: Mapa Population Count Grid del sistema Gridded Population of the World, Verston 3 (GPWv3), preparado por el Centro para la Red Internacional de Información sobre las Ciencias de la Tierra (Universidad de Columbia), la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y el Centro Internacional de Agricultura Tropical (2005), Paltades, Nueva York: NASA Socioeconomic Data and Applications Center (SEDAC). Mapa preparado por la Unidad de Diseño Cartográfico del Banco Mundial. Las fronteras, los colores, las denominaciones y cualquier otra información que se incluya en este mapa no suponen juicio alguno por parte del Grupo Banco Mundial acerca de la situación jurídica de ningún territorio, ni el respaldo o la aceptación de esas fronteras.

América Central y el Caribe

Mayor frecuencia del ENOS y los ciclones tropicales, valores extremos de precipitaciones, sequías y olas de calor. Riesgos de reducción de la disponibilidad de agua, rendimiento de los cultivos, seguridad alimentaria y seguridad costera.

Exposición de las personas pobres a los deslizamientos de tierra; erosión costera, con riesgo de mayores tasas de mortalidad y migración; impactos negativos en el PIB en los casos en que los aportes del turismo costero son elevados.

Selva tropical del Amazonas

Aumento del calor extremo y la aridez, riesgo de incendios forestales, degradación y pérdida de la biodiversidad.

Riesgo de que la selva tropical se transforme en una fuente de carbono. La modificación de las zonas agrícolas puede generar conflictos sobre el uso de la tierra. Los riesgos de extinción de especies ponen en peligro los medios de subsistencia tradicionales y generan pérdidas culturales.

Los Andes

Derretimiento de glaciares, cambios en el manto de nieve, riesgos de inundaciones y escasez de agua dulce.

En las grandes altitudes, las mujeres, los niños y los pueblos indígenas son especialmente vulnerables, y la agricultura está en riesgo. En las zonas urbanas, los pobres que viven en pendientes pronunciadas están más expuestos a las inundaciones.

Regiones secas

El aumento de las sequías y los casos de calor extremo conducen a la muerte del ganado, la reducción de las cosechas y dificultades para obtener agua dulce.

Riesgos de hambrunas localizadas en comunidades indígenas remotas, problemas de salud relacionados con el agua. El agotamiento de los recursos puede llevar a conflictos y migraciones urbanas.

Cono sur

Disminución del rendimiento agrícola y la productividad de las pasturas, migración de las agroecozonas hacia el norte.

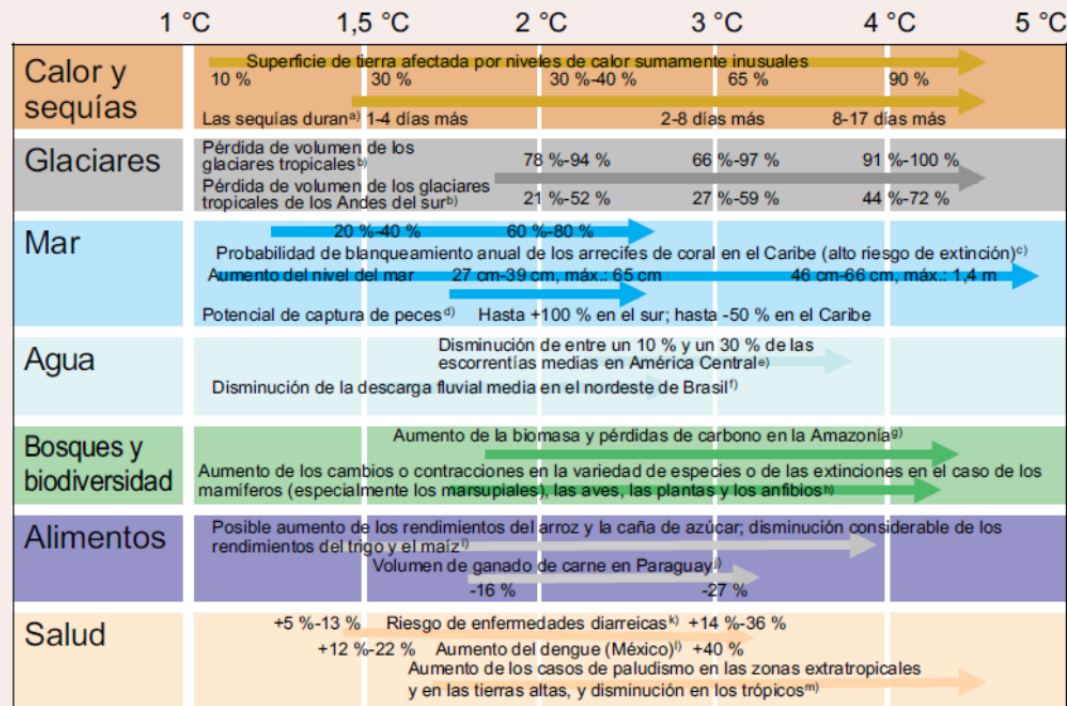
Riesgo nutricional para los pobres. Riesgo de aumento del precio de los alimentos y de que los impactos trasciendan la región, debido al alto porcentaje de agricultura dedicado a la exportación.

Figura 17. Riesgos climático para América Latina

Fuente: (Potsdam Institute, 2014)

Recuadro 7. Impactos previstos del cambio climático en sectores clave de la región de América Latina y el Caribe

Los niveles de calentamiento se establecen tomando como parámetro las temperaturas de la era preindustrial. Los impactos que se muestran aquí constituyen un subconjunto de los que se resumen en el cuadro 3.15 del informe principal. Las flechas muestran únicamente la variedad de niveles de calentamiento evaluada en los estudios subyacentes, pero no implican ninguna graduación del riesgo, a menos que se indique explícitamente. Asimismo, no se incluyen los impactos observados ni los impactos que se producen en niveles de calentamiento más bajos o más altos no comprendidos en los estudios principales que se destacan aquí (por ejemplo, a pesar de que el calentamiento global aún no alcanzó 1,5 °C, ya se observan blanqueamientos de arrecifes de coral, pero en los estudios que se citan aquí se toma esa temperatura como punto de partida). No se evalúan medidas de adaptación, aun cuando puedan resultar imprescindibles para aliviar los impactos del cambio climático. La configuración del gráfico se adaptó de Parry (2010). Las letras minúsculas en superíndice remiten a las fuentes de las que se extrajeron los impactos¹⁰. Cuando no se utilizan estas letras, los resultados se basan en análisis adicionales realizados para este informe.



¹⁰ a) Stillmann et al. (2013b); b) Marzeton et al. (2012), Giesen y Oerlemans (2013), Radtke et al. (2013); c) Meissner et al. (2012); d) Cheung et al. (2010); e) Hidalgo et al. (2013); f) Doll y Schimied (2012); g) varios estudios en los que no se considera la fertilización con CO₂, véase el cuadro 3.1; h) varios estudios, véase el cuadro 3.1; i) varios estudios, véase el cuadro 3.1; j) ECLAC (2010); k) Kolstad y Johansson (2011); l) Colón González et al. (2013); m) Beguin et al. (2011); Camnade et al. (2014); Van Lieshout et al. (2004).

Figura 18. Principales impactos por cambio climático para América Latina
Fuente: (Potsdam Institute, 2014)

2.5.6 La Comunidad Internacional frente al problema

La información existente es abrumadora, no solo al nivel de la evidencia con que se cuenta respecto a la alta probabilidad de que se produzcan los escenarios más pesimistas con que los científicos han puesto en acción los modelos climáticos disponibles. Es abrumador sobre todo desde el punto de vista subjetivo, el prisma con que cada persona, habitante de este maravilloso planeta, puede observar todo lo conocido. Pensar que se está encaminado a modificaciones del hábitat de tal escala que pondrán en jaque la existencia sobre la tierra, genera una sensación difícil de sobrellevar. Ver que el futuro se encamina, dentro de cientos de años, a que el área estudiada, los lugares donde el autor ha vivido en el Litoral Argentino, la capital del país, todo quedará bajo las aguas. Esto no es así solo para un simple tesista, lo es también para todos quienes han trabajado en instrumentar por todos los medios posibles las acciones globales necesarias para que no se esté como sociedad en su conjunto ante esta encrucijada. Poder percibir

esta desazón en la comunidad científica ha sido un hecho que puede dejar huella en cualquiera:

“Los científicos son por naturaleza reticentes; con la excepción de algunos inconformistas, se aferran a lo que saben con un alto grado de certeza que, en la mayoría de las circunstancias resulta lo apropiado. Pero ahora, tras un masivo esfuerzo investigativo durante los últimos veinte años, los científicos están empezando a expresar sus temores: que las consecuencias del calentamiento global son mucho peores que lo pensado, y que el mundo, casi con seguridad, no va actuar a tiempo para detenerlo. Estos temores se vieron reforzados por el acuerdo al que se llegó en Copenhague en diciembre de 2009, que dejó al mundo comprometido a una modesta acción mitigadora en el futuro inmediato” (Hamilton, 2010)

Teniendo en puertas la próxima y trascendental Reunión sobre Cambio Climático en París (a celebrarse justamente este año 2015) y habiendo mostrado lo crítico que ha resultado el fracaso de la anterior Reunión de Copenhague, se pensó sería de interés mostrar las principales medidas globales que deberían ser planteadas en la misma, según los planteos de Anderson y Bows del Centro Tyndall de Estudios Climáticos de Gran Bretaña¹⁵:

- Objetivo Global: Estabilizar las concentraciones de CO₂ atmosférico en 450ppm dentro del presente siglo.
- Reducción de la tasa de Deforestación, llegando a cero en 2060. (Actualmente la deforestación aporta entre el 15 al 20% de CO₂ antropogénico).
- Reducción de la tasa de aportes de gases metano y nitroso provenientes de la ganadería, el cultivo de arroz y los fertilizantes (Aportan actualmente el 23% de gases de efecto invernadero medido en aportes de CO₂). Estas no pueden llegar a 0 pues son fruto de la actividad de producción agroalimentaria, directamente relacionada además con el crecimiento poblacional.
- Reducción de la tasa de aportes de CO₂ por quema de combustibles fósiles. Está directamente relacionada con el crecimiento económico, definido por la tasa de crecimiento del ingreso o de la producción por persona, el crecimiento de la población y la tecnología empleada. Dichos aportes deberían llegar a un pico no superior al 2020 para luego iniciar su reducción. Se está hablando de un entorno del 60% de los aportes de Gases de efecto invernadero.

Los autores muestran como en esta ecuación, la tasa de crecimiento poblacional puede modificarse a la baja, pero en forma muy lenta, mientras que el crecimiento económico forma parte no solo de un conjunto de respuestas a la población, sino sobre todo a un paradigma que domina desde siempre el pensamiento económico y político de la mayoría de los países, especialmente de los más desarrollados. En consecuencia, se espera demasiado de lo que pueda ofrecer la tecnología para reducir estas emisiones.

¹⁵ Resumen de los Ejes de Acción desarrollados por Anderson K. y Bows A. y presentados por Hamilton, C. “Réquiem para una especie”, en las páginas 42 a 46.

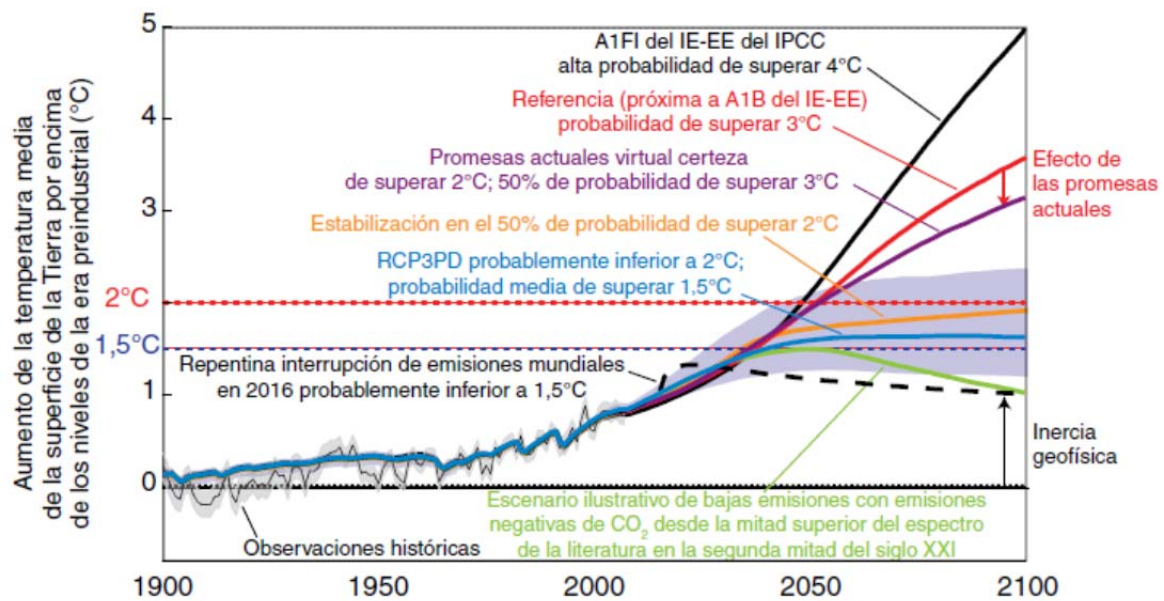


Figura 19. Visualización de las posibles trayectorias de evolución de la temperatura global sobre la de la era pre-industrial, según estudios vs. trayectorias acordadas por los países.

Fuente: (Potsdam Institute, 2012)

Sin dudas el punto más controversial radica en si la Sociedad Global, pero muy especialmente los países desarrollados seguido por los emergentes, están dispuestos a entender al crecimiento bajo otros parámetros, más abarcativos y menos centrados en el consumismo.

Esta controversia, junto a otras donde no se ahondará en este trabajo, son las que en las últimas negociaciones han trabado toda posibilidad de consenso: nadie voluntariamente está dispuesto a renunciar a su “cuota de crecimiento” el cual está asociado directamente hasta este tiempo, a la energía fósil que se quema, aunque con ello se haya alterado el equilibrio climático del planeta.

Por lo tanto una conclusión ya se ha arribado a nivel de los grandes actores sociales: preparar a las sociedades a un cambio en las condiciones del hábitat: ADAPTARSE. Las denominadas “Recomendaciones para decisores políticos” que emanan del propio IPCC están orientadas a ello. Es la opción positiva donde la inacción pasada nos ha puesto a toda la sociedad humana.

Este trabajo indagará en el enfoque de adaptación que presentó el IPCC, y que es seguido por organismos internacionales como el Banco Mundial o el PNUD. Se lo toma como referencia, pues contribuirá a integrar el concepto de sostenibilidad, eje fundamental de esta tesis, a las condicionantes externas de cambio a que se verá sujeto el Ciclo Hidrológico en cada punto del planeta, y con ello, las condiciones de partida del Ciclo Urbano del Agua, allí donde se ubique.

2.5.7 Estrategias de Acción frente al Cambio Climático

Esta descripción de estrategias será de carácter general, no exhaustivo. Fundamentalmente se cumple con el objetivo mencionado más arriba de fijar pautas actuales de cómo enfocar la problemática específica de este trabajo dentro del marco del Cambio Climático, identificando fundamentos de opciones que se explicitarán en el próximo capítulo.

Hay que distinguir primariamente dos grandes grupos de Acciones:

- A) Las que tienen por objeto disminuir las Emisiones de Carbono, ya sea atacando las fuentes de contaminación antropogénica, ya sea mejorando las capacidades de absorción de los sumideros terrestres (Mantenimiento y Ampliación de la masa boscosa).
- B) Las de carácter adaptativo, aquellas que, conociendo la gravedad de las transformaciones que se avecinan o que ya están incidiendo sobre la naturaleza, el hábitat humano o las personas en forma directa, se toman a los efectos de mantener o reparar las condiciones de vida y calidad del entorno ambiental.

2.5.7.1 Acciones que tienen por objeto la disminución de los contenidos de GEI

Es notable cómo aún, cercados por la evidencia de la gravedad de los desequilibrios producidos por la actividad humana sobre el clima planetario, se necesite abordar Líneas de Acción donde se busca demostrar que se puede mantener el Crecimiento dentro de la esfera de Proyectos centrados en las disminución de los GEI. Recientemente el Banco Mundial presentó un Informe denominado “El desarrollo adaptado al Cambio Climático” centrado en un conjunto de Proyectos localizados en distintos puntos del Planeta donde su análisis demuestra los efectos benéficos sobre el medioambiente, la población, el empleo y obviamente cerrando su ecuación económica. Los aspectos distintivos de este enfoque son los siguientes:

Beneficios del Desarrollo derivados de la reducción de contaminantes climáticos¹⁶. La amplitud del enfoque de beneficios, incorpora dentro del análisis de los proyectos los ahorros en emisiones de GEI, el impacto benéfico sobre la calidad de vida (inclusive la disminución de la mortalidad), la creación de empleo, la preservación de cultivos y obviamente, el crecimiento del PBI. En términos económicos: internalizar las externalidades. Este ya fue un mecanismo propuesto por la economía ambiental, expresado por Pearce, D. y Turner, K. en 1990.

“...si la pérdida de bienestar se acompaña de una compensación por parte del agente que causa la externalidad, se dice que el efecto se internaliza”¹⁷.

¹⁶ Existen documentos que los denominan “Co-beneficios”. Este documento de base lo explica taxativamente: no los llama Co-Beneficios, puesto que los presentados están al mismo nivel, y no supeditados a beneficios “superiores”: Nota al Pie 1, Banco Mundial, “Desarrollo adaptado al cambio climático-Resumen”, 2014, pg. IX

¹⁷Pearce, D. y Turner, K. “Economía de los recursos naturales y el medio ambiente”, 1995. Pg.94. Nota del Autor: en esta temática no tienen desperdicio el Capítulo 9 (pgs. 163 a 187) de dicha obra, dedicado al tema Medición del daño ambiental, el valor económico total y el 10 donde se presenta una Metodología para su valoración(pgs. 187 a 206).

Si bien estos autores mencionados aclaran en su obra que es un tema y sus consecuentes metodologías para lograr dicha valoración total de los beneficios, donde es necesario avanzar mucho por lo incipiente del planteo. Allí entonces radica la novedad de esta respuesta presentada por el Banco Mundial:

“Sobre la base de este nuevo conocimiento científico, y con la elaboración de nuevos instrumentos de diseño de modelos para cuantificar estos beneficios, resulta claro que los objetivos de desarrollo económico y protección del clima pueden ser complementarios”. (Banco Mundial, 2014)

La lógica que sigue este tipo de análisis es la siguiente (los objetos de proyecto mencionados responden a los estudios de casos determinados para esta publicación):

“Entre los contaminantes climáticos de corta vida, el carbono negro y el metano son agentes de forzamiento climático y también son contaminantes atmosféricos que dañan la salud humana y menoscaban la producción agrícola. Su reducción permite evitar la muerte de 2,4 millones de personas e incrementar la producción agrícola al evitar la pérdida de 32 millones de toneladas de cultivos al año. En zonas rurales, se podrían evitar millones de muertes prematuras si sus habitantes comenzaran a adoptar maneras de cocinar menos contaminantes. En las ciudades, el mejoramiento de los sistemas de tránsito permitiría a los viajeros cotidianos ahorrar tiempo y aliviaría muchos miles de ataques asmáticos y cardíacos”. (Banco Mundial, 2014)

El resultado general obtenido en el estudio de casos de referencia, queda expresado en el siguiente gráfico. Los pasos para alcanzarlo fueron los siguientes:

1. identificar el abanico completo de beneficios que produce un proyecto o una política, incluidos el mejoramiento de la salud, los rendimientos de los cultivos, los ahorros de energía, el aumento del empleo, la productividad laboral y el crecimiento económico;
2. seleccionar instrumentos de evaluación adecuados que proporcionen información sobre cada beneficio cuantificable;
3. elegir el instrumento macroeconómico adecuado para analizar los beneficios económicos directos y sinérgicos;
4. estimar el abanico completo de beneficios y presentar los resultados utilizando indicadores que resulten pertinentes para el público destinatario.(Banco Mundial, 2014)

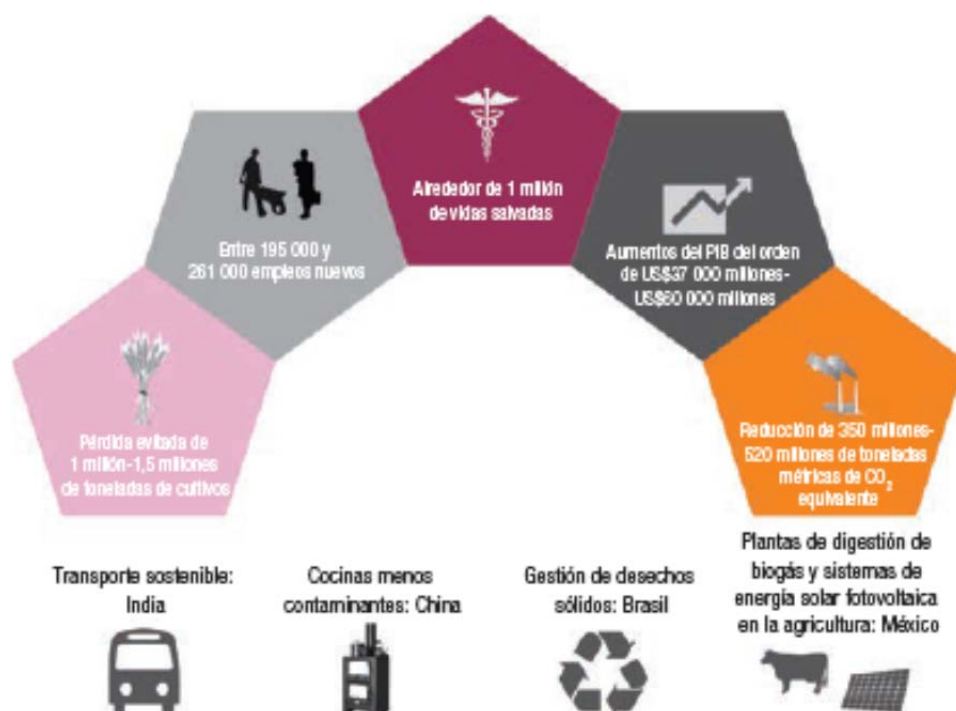


Figura 20. Beneficios agregados de cuatro proyectos de desarrollo a lo largo de 20 (veinte) años

Fuente: (Banco Mundial, 2014)

Por último cabe destacar el esfuerzo que se está haciendo para difundir perfiles de Programas y Proyectos exitosos en el campo de la internalización de externalidades, basados en el estudio de casos y fijando pautas de Buenas Prácticas en la temáticas abordadas. Un ejemplo es el “Informe del Crecimiento Verde Inclusivo en América Latina” del Banco Mundial, el cual tomando temáticas directamente relacionadas a la mitigación del cambio climático y también a la adaptación a los cambios que está trayendo aparejados, analiza la trayectoria de Programas y Proyectos en los diversos campos, tomándolos como “laboratorio” para obtener pautas de intervenciones exitosas. Este Informe servirá más adelante para identificar un conjunto muy útil de condicionantes al Ciclo Urbano del Agua y a su Sostenibilidad.

2.5.7.2 Enfoque adaptativo: estimación de riesgo, vulnerabilidad y resiliencia

El mismo IPCC, en su documento dirigido a los constructores de políticas, hace un tratamiento de la información prospectiva disponible y propone un cuadro de situación del riesgo en las diferentes regiones en que se dividió el planeta. El enfoque adaptativo cuenta además con una lógica y una terminología específica que será necesario indagar, para dejar expresamente planteado en este trabajo, formas lo más certeras posibles a la hora de entender de qué manera afectará al objeto de estudio estas condiciones de cambio expuestas precedentemente. Por último, se expondrán las grandes líneas metodológicas que son tenidas en cuenta para el diseño de programas y proyectos que incorporen el riesgo que implican los impactos del cambio climático, según las áreas temáticas y geográficas que se trate. Es importante destacar la amplia fundamentación científica de las aseveraciones planteadas en este Informe particular del IPCC denominado “Cambio Climático 2014, Impactos, Adaptación y Vulnerabilidad. Resumen para Responsables de Políticas”:

“El número de publicaciones científicas disponibles para evaluar los impactos del cambio climático y la adaptación y la vulnerabilidad a él se han más que duplicado entre 2005 y 2010, siendo especialmente rápido el aumento en el número de publicaciones relativas a la adaptación. También han aumentado los autores de países en desarrollo de las publicaciones sobre el cambio climático, si bien todavía representan una pequeña fracción del total” (IPCC, 2014b)

El mapa conceptual que el IPCC presenta para el abordaje de los Impactos del Cambio Climático está presentado en el siguiente gráfico:

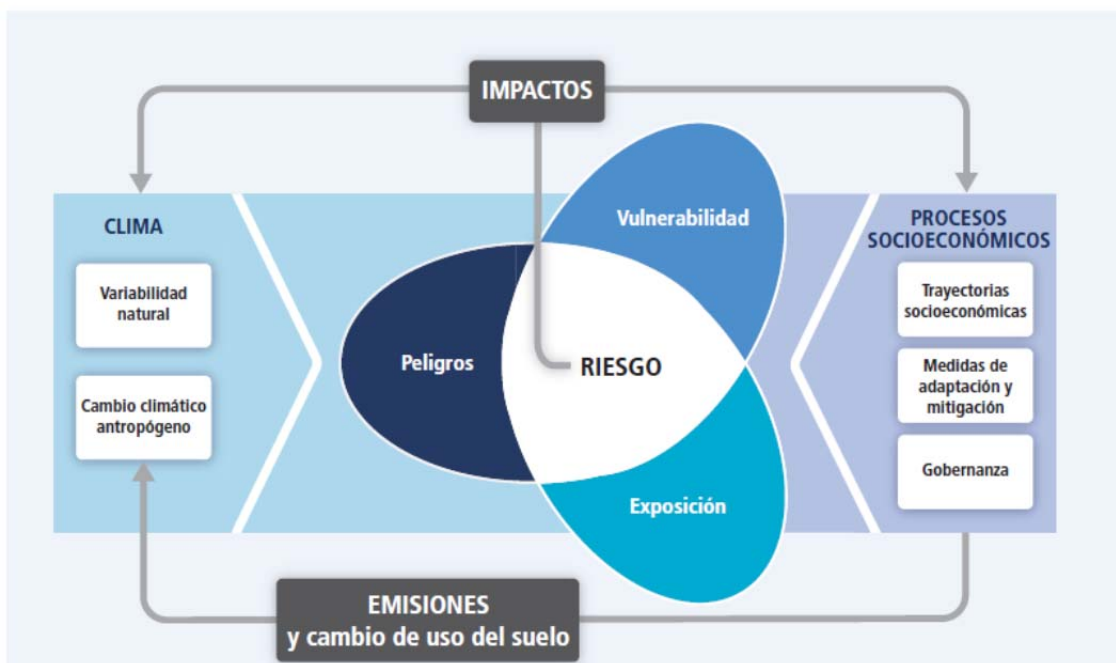


Figura 21. Respuesta a los Impactos del Cambio Climático: Mapa Conceptual del Enfoque de Riesgo
Fuente: IPCC, 2014b

El cuadro presenta la verdad científica que sostiene ese Quinto Informe del IPCC: de que el actual Cambio Climático es debido a la actividad humana (Emisiones y cambios en el uso del suelo). Dicho cambio, sumado a la propia variabilidad natural del Clima, acarrearán impactos sobre los procesos socio-económicos que entrañan riesgos. Dichos Riesgos que entrañan peligros de diversa índole, tendrán diversas consecuencias sobre la sociedad humana, en virtud de la vulnerabilidad de esta frente a los mismos, al grado de exposición frente a dichos riesgos. Por lo tanto una respuesta que deriva de esta situación de riesgo, está cifrada en la capacidad de adaptarse a dichos riesgos y/o mitigar sus efectos para hacerlos asimilables por los diversos grupos sociales. Esto entraña un conjunto de interacciones y responsabilidades compartidas entre los diversos actores sociales, lo que sustenta una gobernanza del sistema que permite supervivencia y desarrollo frente a las nuevas situaciones.

El enfoque de riesgo implica un conjunto de conceptos que es pertinente explicitar para conocer sus alcances.

Recuadro de información general RRP.2 | Términos fundamentales para la comprensión del Resumen⁹

Cambio climático: Variación del estado del clima, identificable (por ejemplo, mediante pruebas estadísticas) en las variaciones del valor medio o en la variabilidad de sus propiedades, que persiste durante largos períodos de tiempo, generalmente decenios o períodos más largos. El cambio climático puede deberse a procesos internos naturales o a forzamientos externos tales como modulaciones de los ciclos solares, erupciones volcánicas o cambios antropógenos persistentes de la composición de la atmósfera o del uso del suelo. La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), en su artículo 1, define el cambio climático como “cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera global y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables”. La CMNUCC diferencia, pues, entre el cambio climático atribuible a las actividades humanas que alteran la composición atmosférica y la variabilidad climática atribuible a causas naturales.

Peligro: Acaecimiento potencial de un suceso o tendencia físico de origen natural o humano, o un impacto físico, que puede causar pérdidas de vidas, lesiones u otros efectos negativos sobre la salud, así como daños y pérdidas en propiedades, infraestructuras, medios de subsistencia, prestaciones de servicios, ecosistemas y recursos ambientales. En el presente informe, el término *peligro* se refiere generalmente a sucesos o tendencias físicos relacionados con el clima o los impactos físicos de este.

Exposición: La presencia de personas; medios de subsistencia; especies o ecosistemas; funciones, servicios y recursos ambientales; infraestructura; o activos económicos, sociales o culturales en lugares y entornos que podrían verse afectados negativamente.

Vulnerabilidad: Propensión o predisposición a ser afectado negativamente. La vulnerabilidad comprende una variedad de conceptos y elementos que incluyen la sensibilidad o susceptibilidad al daño y la falta de capacidad de respuesta y adaptación.

Impactos: Efectos en los sistemas naturales y humanos. En el presente informe, el término *impactos* se emplea principalmente para describir los efectos sobre los sistemas naturales y humanos de episodios meteorológicos y climáticos extremos y del cambio climático. Los impactos generalmente se refieren a efectos en las vidas, medios de subsistencia, salud, ecosistemas, economías, sociedades, culturas, servicios e infraestructuras debido a la interacción de los cambios climáticos o fenómenos climáticos peligrosos que ocurren en un lapso de tiempo específico y a la vulnerabilidad de las sociedades o los sistemas expuestos a ellos. Los impactos también se denominan *consecuencias* y *resultados*. Los impactos del cambio climático sobre los sistemas geofísicos, incluidas las inundaciones, las sequías y la elevación del nivel del mar, son un subconjunto de los impactos denominados impactos físicos.

Riesgo: Potencial de consecuencias en que algo de valor está en peligro con un desenlace incierto, reconociendo la diversidad de valores. A menudo el riesgo se representa como la probabilidad de acaecimiento de sucesos o tendencias peligrosos multiplicada por los impactos en caso de que ocurran tales sucesos o tendencias. Los riesgos resultan de la interacción de la vulnerabilidad, la exposición y el peligro (véase la figura RRP.1). En el presente informe, el término *riesgo* se utiliza principalmente en referencia a los riesgos de impactos del cambio climático.

Adaptación: Proceso de ajuste al clima real o proyectado y sus efectos. En los sistemas humanos, la adaptación trata de moderar o evitar los daños o aprovechar las oportunidades beneficiosas. En algunos sistemas naturales, la intervención humana puede facilitar el ajuste al clima proyectado y a sus efectos.

Transformación: Cambio en los atributos fundamentales de los sistemas naturales y humanos. En este resumen, la transformación podría reflejar paradigmas, objetivos o valores reforzados, alterados o armonizados dirigidos a promover la adaptación en pro del desarrollo sostenible, en particular la reducción de la pobreza.

Resiliencia: Capacidad de los sistemas sociales, económicos y ambientales de afrontar un suceso, tendencia o perturbación peligrosa respondiendo o reorganizándose de modo que mantengan su función esencial, su identidad y su estructura, y conservando al mismo tiempo la capacidad de adaptación, aprendizaje y transformación.

Tabla 2. Conceptos para la comprensión del Enfoque de Riesgo.

Fuente: (IPCC, 2014b)

Un tema que resulta un gran aporte al presente trabajo es el establecimiento, en este caso en términos generales para cualquier situación de riesgo, de los mecanismos que es necesario implantar a diversos niveles para generar procesos adaptativos. El siguiente gráfico presenta una síntesis de los mismos:

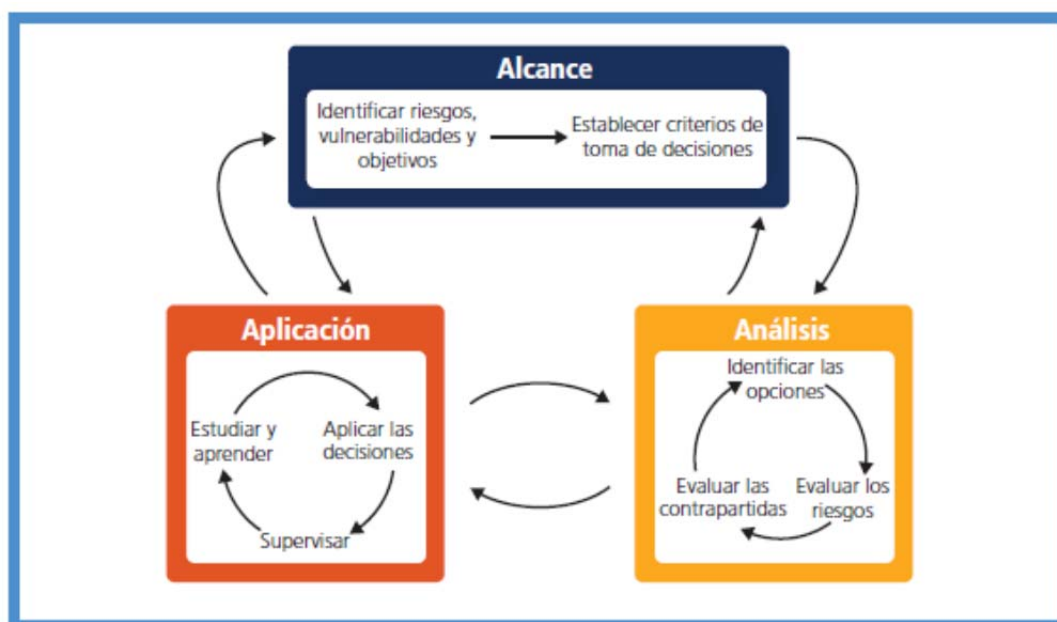


Figura 22. Esquema iterativo para el planteo general de políticas adaptativas.
Fuente: (IPCC, 2014b)

Los autores del Informe destacan antes que nada la trascendencia de las acciones adaptativas y de mitigación que se establezcan en el presente:

“Las opciones de adaptación y mitigación que se elijan a corto plazo afectarán a los riesgos del cambio climático durante todo el siglo XXI” : (IPCC, 2014b)

Esta afirmación surge a partir de la evidencia disponible de la lectura de la prospectiva climática en relación al comportamiento de la sociedad humana en el control de las emisiones, la potenciación de las capacidades de los sumideros terrestres y de los cambios en los que se denominan las trayectorias socio-productivas en responder a las nuevas pautas climáticas.

El esquema precedente como puede visualizarse es de carácter iterativo. Implica en los diversos niveles de la sociedad, la incorporación del conocimiento climático experto, para internalizar en los procesos de toma de decisiones que impliquen el desarrollo, los riesgos que el cambio climático acarrea y acarreará. Puede visualizarse además atributos que hacen a los procesos de aprendizaje, no ya a nivel individual, sino a nivel de actores sociales y de estos interrelacionados.

En una palabra: la experiencia del pasado próximo pasará en un corto período histórico a ser obsoleta. En consecuencia, las grandes etapas de la planificación deberán plantearse en un entorno de cambio y de amenaza de carácter climático. Por otra parte, esta toma de decisiones se debe dar en el momento presente, pero dentro de un margen importante de incertidumbre respecto al momento exacto en el cual dicho impacto ocurrirá. Si a esto se le suma la variabilidad geográfica, este marco de decisiones se complejiza más aun:

“La gestión iterativa de riesgos es un marco útil para la toma de decisiones en situaciones complejas caracterizadas por importantes consecuencias posibles, incertidumbres persistentes, largos marcos temporales, potencial de aprendizaje, y múltiples influencias climáticas y de otro tipo que varían con el tiempo (...). La evaluación de la gama más amplia posible de posibles impactos, incluidos los resultados de baja probabilidad con grandes consecuencias, es fundamental para la comprensión de los beneficios y las contrapartidas de las medidas alternativas de gestión de riesgos. La complejidad de las medidas de adaptación en todas las escalas y contextos significa que la supervisión y el aprendizaje son componentes importantes de la adaptación eficaz.”: (IPCC, 2014b)

A los efectos de identificar y dimensionar el riesgo que el Cambio Climático trae aparejado, el IPCC ha establecido un conjunto de cinco “Motivos de Preocupación” (MDP) que traen conexos conjuntos de “Riesgos Claves” que afectarán todos los niveles y regiones. En todos los casos, según los modelos predictivos utilizados, la amplitud e intensidad de dichos riesgos, aumenta (y en algunos casos con magnitudes dramáticas) en la medida que la media de temperatura media global trasponga los hitos de +1°C a +2°C.

Los escenarios donde se introduce +3°C ofrece indicios sombríos de las magnitudes que dichos impactos pueden alcanzar. Tanto en los casos de los “Motivos de Preocupación” como en los “Riesgos Claves”, el IPCC, coloca entre paréntesis, el grado de certeza disponible a la hora de elaborar el informe. Esta puede ser por ejemplo “Grado de Confianza Alta”, cuando la evidencia está fundada en datos que estadísticamente ofrecen dicho grado de confianza. Cuando no se dispone de evidencia, la afirmación se funda en el grado de acuerdo disponible en el panel de expertos que elaboró el Informe, por ejemplo “Evidencia limitada, Nivel de acuerdo alto).

Podrá visualizarse que los Motivos de Preocupación que entrañan mayores Riesgos claves, tienen que ver con los Eventos Meteorológicos Extremos, la Distribución de los Impactos e Impactos totales a nivel global. Justamente, asociados a la vulnerabilidad, el tercer motivo de preocupación, habla a las claras de lo que el conocimiento vulgar nos lo dice en forma intuitiva: serán las mayorías pobres, desfavorecidas de cualquier latitud y grado de desarrollo, las más expuestas a los riesgos ambientales más evidentes (temperaturas, precipitaciones y sequías extremas) y a los efectos directos que estos traerán en los diversos subsistemas urbanos y rurales.

Motivos de Preocupación(MDP)	Conexiones	Riesgos Claves(RC)
1 Sistemas Únicos y Amenazados Hielos Marítimos del Ártico y Barreras costeras de Coral, con sus especies y culturas asociadas. Grave riesgo si el aumento es de +2°C (Nivel de confianza alto).		I Riesgo de muerte, lesión, mala salud o desorganización de los medios de subsistencia en zonas costeras bajas y pequeños Estados insulares en desarrollo y otras islas pequeñas, debido a mareas meteorológicas, inundaciones costeras y elevación del nivel del mar.
2 Episodios Meteorológicos Extremos Olas de calor, precipitaciones extremas, inundaciones costeras. Los Riesgos asociados aumentan con el aumento la temperatura media global (Nivel de confianza alto).		II Riesgo de mala salud grave y desorganización de los medios de subsistencia para grandes poblaciones urbanas debido a inundaciones continentales en algunas regiones.
3 Distribución de los Impactos los riesgos en la mayoría de los casos, se distribuyen en forma desigual en la población, afectando en forma más aguda a los sectores más desfavorecidos, sin importar el grado de desarrollo del país que se trate.		III Riesgos sistémicos debido a episodios meteorológicos extremos que provocan el colapso de redes de infraestructuras y servicios esenciales como la electricidad, el suministro de agua y servicios de salud y de emergencia.
4 Impactos totales a nivel global Episodios de pérdidas masivas de biodiversidad y servicios ecosistémicos impactando con daños económicos totales. Riesgo alto para +3°C (Evidencia limitada, Nivel de Acuerdo Alto).		IV Riesgo de mayor mortalidad y morbilidad durante periodos de calor extremo, particularmente para poblaciones urbanas vulnerables y personas que trabajan en el exterior en zonas urbanas y rurales.
5 Episodios singulares a gran escala. Pérdida total del hielo de Groenlandia. El Riesgo aumenta desproporcionadamente al pasar del umbral de +1°C al de +2°C (Umbral punto sin retorno). Finalizado ese deshielo (un milenio) el mar tendría un nivel +7mts sobre el actual. (Nivel de Confianza medio).		V Riesgo de seguridad alimentaria y fallo de los sistemas alimentarios relacionados con la variabilidad y los extremos del calentamiento, la sequía, la inundación y la precipitación, en particular para las poblaciones pobres de los entornos urbanos y rurales.
		VI Riesgo de pérdida de medios de subsistencia e ingresos en las zonas rurales debido a insuficiente acceso al agua potable y agua para el riego y a una reducida productividad agrícola, en particular para los agricultores y ganaderos con poco capital en las regiones semiáridas.
		VII Riesgo de pérdida de ecosistemas y biodiversidad marinos y costeros, y los bienes, funciones y servicios ecosistémicos que proporcionan para obtener medios de subsistencia en la costa, especialmente para las comunidades pesqueras en los trópicos y en el Ártico.
		VIII Riesgo de pérdida de ecosistemas y biodiversidad acuáticos terrestres y continentales, y los bienes, funciones y servicios ecosistémicos que proporcionan para los medios de subsistencia.

Tabla 3. Motivos de Preocupación (MDP) y sus Riesgos Claves.

Fuente: Contenidos: (IPCC, 2014b) – Cuadro: Elaboración Propia

Por último, a los efectos de terminar de visualizar el enfoque adaptativo predominante, se presenta un grafico aportado por el IPCC, de cómo se incrementa el Riesgo en la medida en que el Promedio Global de Temperatura de Superficie se incrementa.

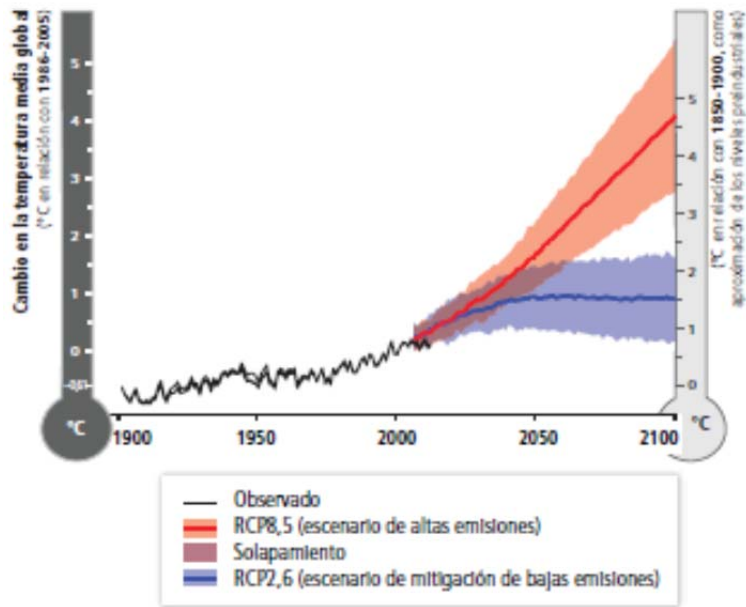


Figura 23. Escenarios de incremento de temperatura dentro del presente siglo
 Fuente: (IPCC, 2014b)

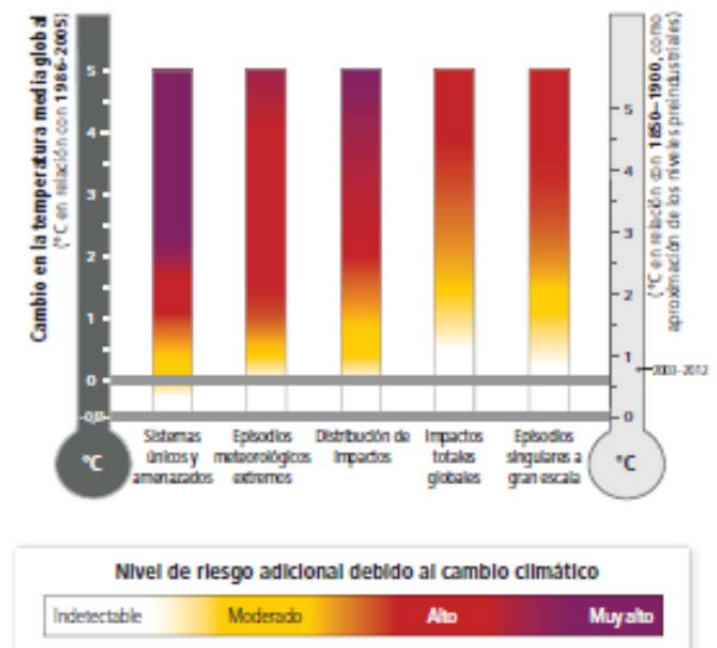


Figura 24. Incremento del Riesgo en los Cinco Principales Motivos de Preocupación En función de la Temperatura Global Promedio de Superficie
 Fuente: (IPCC, 2014b)

Riesgo Clave	Cuestiones de Adaptación y Perspectivas	Marco temporal	Riesgo y Potencial de adaptación				
Disponibilidad de agua en las regiones semiáridas y dependientes del deshielo de los glaciares y en América Central; inundaciones y deslizamientos de tierra en zonas urbanas y rurales debido a la precipitación extrema (nivel de confianza alto)	* Gestión integrada de los recursos hídricos * Gestión de inundaciones urbanas y rurales (incluida la infraestructura), sistemas de alerta temprana, mejores predicciones meteorológicas y de la escorrenría, y control de enfermedades infecciosas				+baj	medi	+alt
		Presente					
		2030/40					
		2080	2°				
		2100	4°				
Menor producción de alimentos y calidad alimentaria (nivel de confianza medio)	* Desarrollo de nuevas variedades de cultivos más adaptadas al cambio climático (temperatura y sequía) * Compensación de los impactos de la menor calidad alimentaria en la salud humana y animal * Compensación de los impactos económicos del cambio de uso del suelo * Fortalecimiento de los sistemas y prácticas derivadas de los conocimientos indígenas tradicionales.				+baj	medi	+alt
		Presente					
		2030/40					
		2080	2°				
		2100	4°				
Difusión de enfermedades transmitidas por vectores en altitud y latitud (nivel de confianza alto)	* Desarrollo de sistemas de alerta temprana para el control y mitigación de enfermedades basado en fuentes climáticas o de otro tipo pertinentes. Hay muchos factores que inducen una mayor vulnerabilidad * Establecimiento de programas para ampliar los servicios básicos de salud pública.				+baj	medi	+alt
		Presente					
		2030/40					
		2080	2°	No está disponible			
		2100	4°	No está disponible			
Referencias							
Motores Climáticos de los impactos					Nivel Riesgo y Potencial adaptación		
<p>Tendencia de calentamiento Temperatura extrema Tendencia de desecación Precipitación extrema Precipitación Manto nival Fertilización con dióxido de carbono</p>					<p>Potencial de adaptación adicional para reducir el riesgo ↓</p> <p>Nivel de riesgo con gran adaptación Nivel de riesgo con la adaptación actual</p>		

Tabla 4. Tipo y Magnitud de Riesgos Claves para América Central y del Sur.

Fuente: Contenidos: (IPCC, 2014b) – Cuadro: Elaboración Propia

En la tabla precedente, puede apreciarse como resulta el análisis de riesgo para América Central y del Sur, región esta última donde se encuentra localizada el área de estudio. Podrá notarse en dicho gráfico un número limitado de impactos, sobresalientes para esta región. Hay que recordar que estos análisis de riesgos están basados en el análisis de artículos científicos que ubicaban con precisión los niveles de riesgos para cada tipo, según el plazo temporal que se trate y también el nivel de evolución de la temperatura media global de superficie.

Por último, para una mejor comprensión de dicho cuadro, es importante ver que para el IPCC, con el hecho de iniciar acciones de adaptación y disminución de la vulnerabilidad, se obtiene una disminución del grado de riesgo. En la página siguiente figura el cuadro resumen con sus correspondientes referencias. En la subsiguiente, figura además un cuadro complementario, donde figuran impactos atribuibles al cambio climático identificados por diversos estudios, con diversos grados de confianza.

2.6 Cambio Climático y su impacto sobre el Ciclo Hidrológico en el Litoral Argentino

Dada la disponibilidad de información de gran actualidad para la sub-región donde se encuentra radicado el caso de estudio, se pensó sería de gran utilidad poner en foco cuáles son los principales impactos esperados para la Argentina en general y para la zona Litoral (Nordeste) en particular. Estos fueron aportados por el CIMA (Centro de Investigación para el Mar y la Atmósfera) dentro del marco del denominado “Tercer Comunicado Nacional, a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático”, el mecanismo instrumentado por el Ministerio de Medioambiente de la Argentina para la actualización, estudio e información a la sociedad de las principales factores que inciden en las diversas sub-regiones del país debido al Cambio Climático.

Para la realización y presentación de los resultados en temas como cambio de la temperatura y precipitaciones en las diversas zonas de Argentina, se realizó una subdivisión regional agrupando las distintas provincias argentinas de la siguiente forma:



Figura 25. Regiones de Argentina analizadas para la determinación de la prospectivaclimática para el presente siglo
Fuente: (CIMA, 2015)

Región 1; Húmeda: Misiones, Corrientes, Santa Fe, Entre Ríos y Buenos Aires. Esta región se caracteriza por no tener una pronunciada estación seca y no presentar condiciones reiteradas de estrés hídrico.

Región 2; Centro: La Pampa, San Luis, Córdoba, Tucumán, Santiago, Chaco y Formosa. La característica común de esta región es su condición monzónica en la precipitación con una marcada estación seca invernal.

Región 3; Andina: Mendoza, San Juan, La Rioja, Catamarca, Salta y Jujuy. Clima fuertemente condicionado por la orografía de los Andes con zonas sumamente áridas en el piedemonte andino.

Región 4; Patagonia: Neuquén, Río Negro, Chubut, Santa Cruz y Tierra del Fuego, Antártida e islas del Atlántico Sur. Clima dominado por la circulación de los vientos del oeste de latitudes medias y polares en el caso de la Antártida.

Los modelos de simulación climática utilizados por el CIMA, similares a los que el IPCC utiliza para la elaboración de sus informes, arrojaron los siguientes guarismos para temperatura, precipitaciones y fenómenos seleccionados entorno a ellas teniendo en cuenta los siguientes rangos temporales y escenarios referidos al grado de mitigación de las emisiones de CO₂¹⁸.

Horizontes temporales:

- Clima futuro cercano: 2015 / 2039.
- Clima futuro lejano: 2075 / 2099.

Escenarios de emisiones y/o concentraciones de GEI (Gases de Efecto Invernadero).

- Escenario RCP 4.5: emisiones moderadas pero no de extrema mitigación.
- Escenario RCP 8.5: caso extremo donde las emisiones de GEI siguen las actuales trayectorias previstas sin alcanzar una mitigación de las mismas.

La selección de resultados de las proyecciones se realizó en virtud del impacto potencial que pudiesen tener sobre el Ciclo Urbano del Agua. Se presenta primero la información gráfica más significativa y luego las conclusiones a las que arribó el CIMA en su estudio prospectivo.

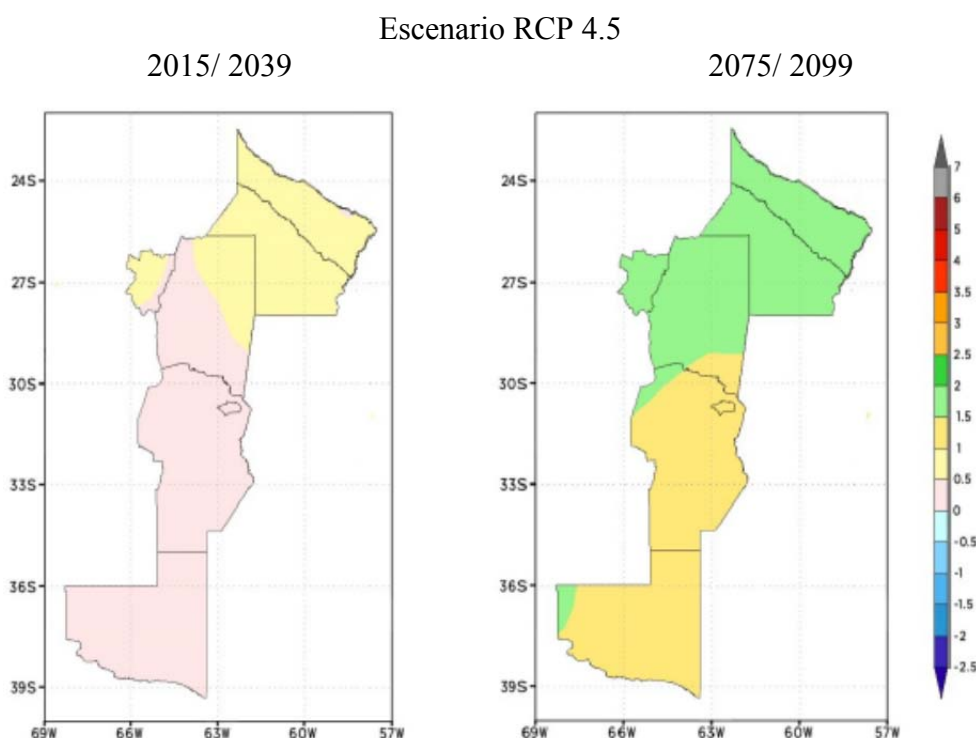


Figura 26. Cambio de la Temperatura Media Anual con respecto al período 1986 – 2005.

Fuente: (CIMA, 2015)

¹⁸ Secretaría de Medioambiente de la Nación Argentina, CIMA y otros, “CAMBIO CLIMÁTICO EN ARGENTINA, TENDENCIAS Y PROYECCIONES”, 2015. Capítulo 3, pg. 26. Las denominaciones de los escenarios fueron estandarizadas por el IPCC.

Escenario RCP 8.5

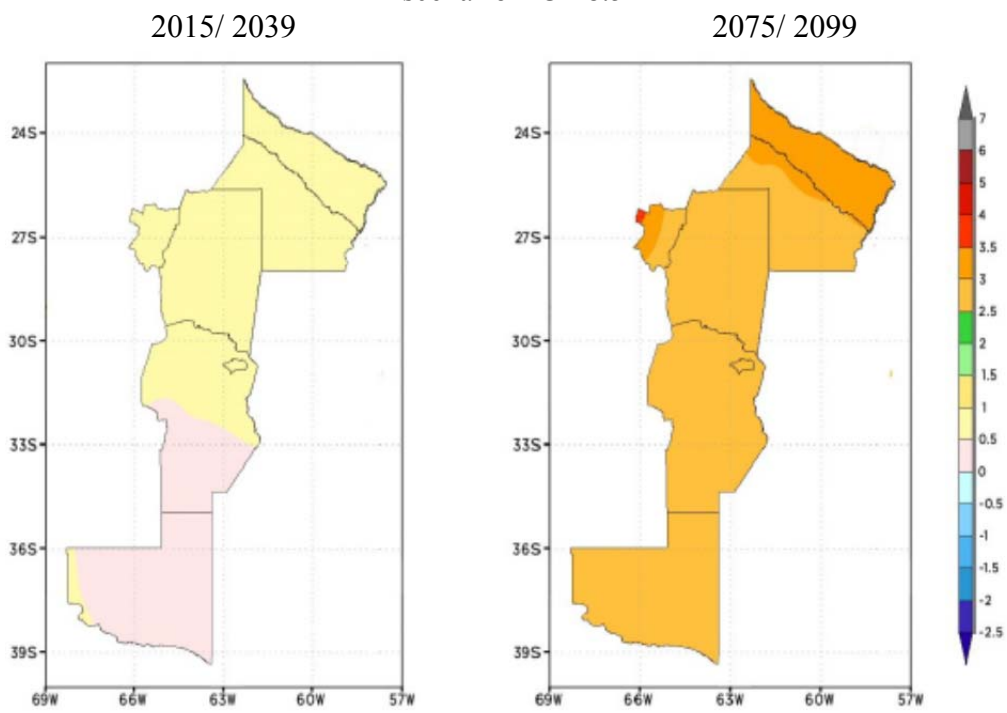


Figura 27. Cambio de la Temperatura Media Anual con respecto al período 1986 – 2005
Fuente: (CIMA, 2015)

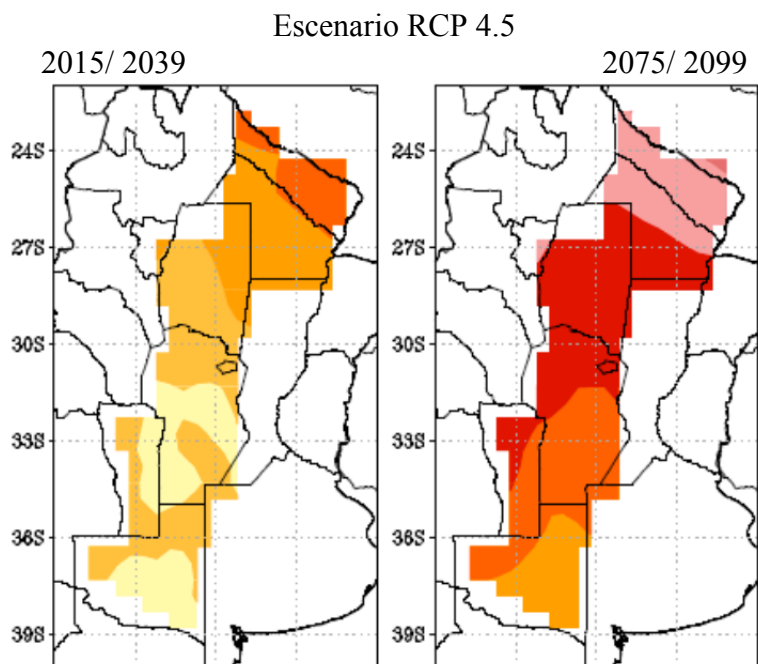


Figura 28. Cambios del número de días de olas de calor con respecto al período 1986 – 2005.
Fuente: (CIMA, 2015)

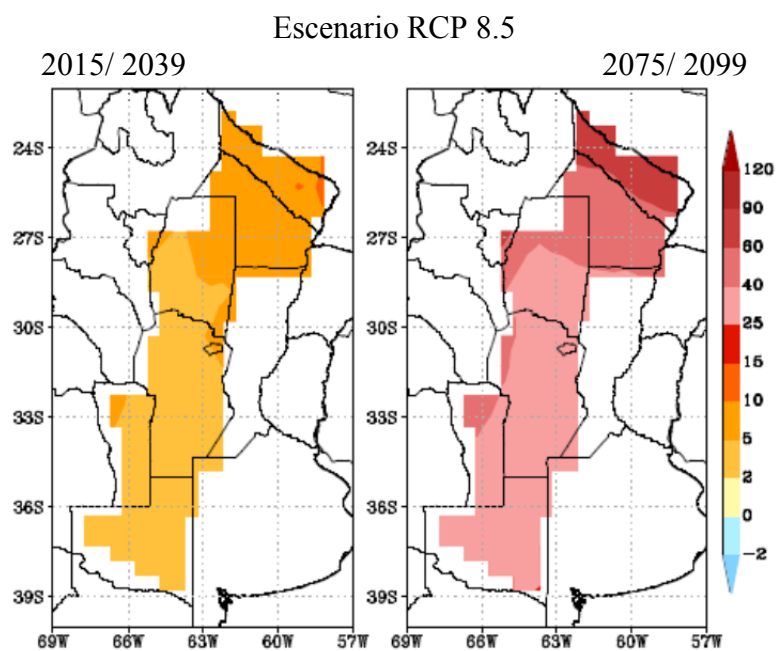


Figura 29. Cambios del número de días de olas de calor con respecto al período 1986 – 2005
Fuente: (CIMA, 2015)

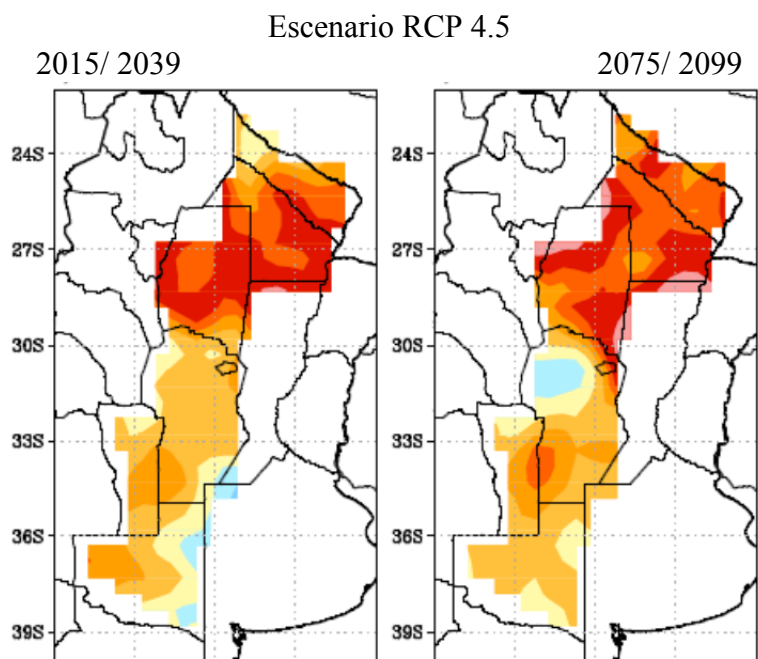


Figura 30. Cambios de la precipitación diaria máxima del año (en mm) con respecto al período 1986 – 2005
Fuente: CIMA, 2015

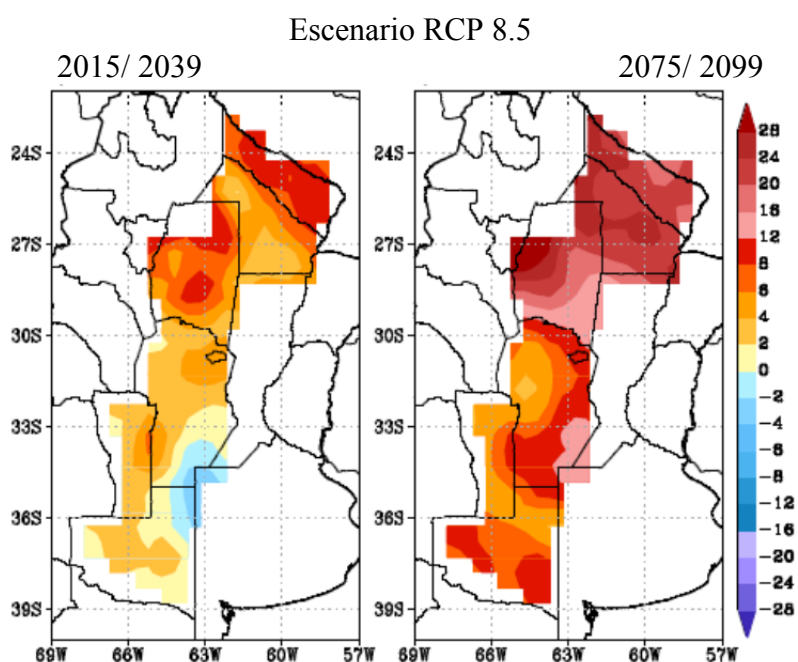


Figura 31. Cambios de la precipitación diaria máxima del año (en mm) con respecto al período 1986 – 2005.
Fuente: CIMA, 2015

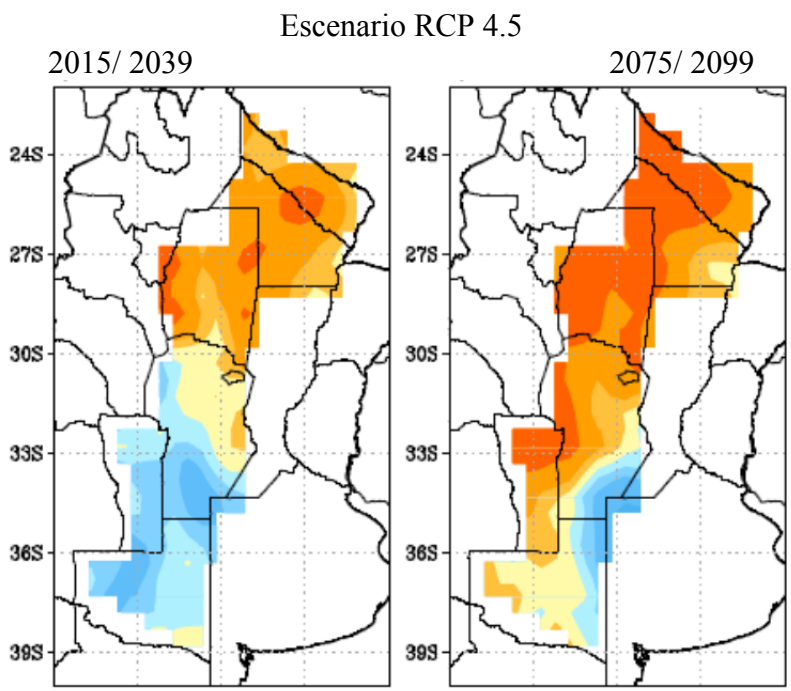


Figura 32. Cambios en el número máximo anual de días secos consecutivos en relación al período 1986 – 2005
Fuente: (CIMA, 2015)

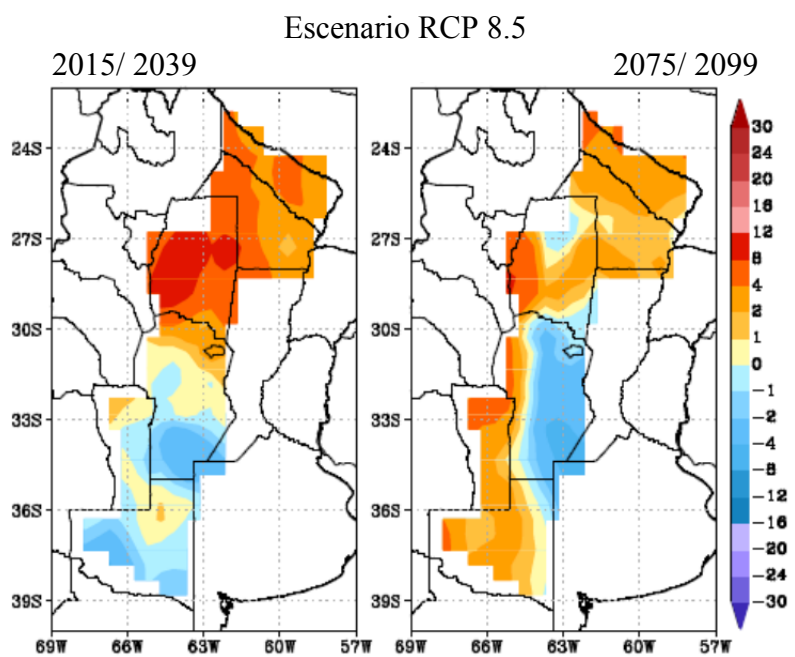


Figura 33. Cambios en el número máximo anual de días secos consecutivos en relación al período 1986 – 2005
Fuente: (CIMA, 2015)

La información gráfica seleccionada ofrece para el CIMA las siguientes conclusiones:

“En los dos escenarios RCP, tanto para el futuro cercano como lejano, la región presenta calentamientos que van de 0 y 1°C en el futuro cercano hasta 2,5 a 3,5°C en el norte de la región en el futuro lejano. En todos los casos el calentamiento sería mayor en el norte que en el centro y sur de la región. Por otra parte, los aumentos de las temperaturas en esta región son menores que las de las regiones con las que limita al este y oeste (Húmeda y Andes). Este patrón geográfico continua lo observado en el periodo 1960-2010 (Confianza media).

Las proyecciones de las precipitaciones indican que no habrá mayores cambios en la precipitación en el futuro cercano (confianza alta), aunque la magnitud de los cambios presenta gran dispersión en el futuro lejano y no se podría descartar una tendencia a algunos aumentos moderados en Córdoba, San Luis y La Pampa (confianza baja). Las proyecciones de los índices de precipitaciones extremas para el siglo XXI presentan un patrón regional medio de predominante aumento, aunque con variaciones regionales, así como con el horizonte temporal y con el escenario de emisiones (Confianza media).” (CIMA, 2015)

En cuanto a la influencia sobre el ciclo hidrológico de la subregión en estudio, ubicada en el extremo norte de la región centro se pueden deducir los siguientes

CONDICIONANTES A LA SOSTENIBILIDAD DEL CICLO URBANO DEL AGUA:

- Dentro del panorama climático futuro en la Argentina, el sector norte de la región centro será uno de los de mayor aumento promedio de temperatura. Una manifestación extrema de ello será el aumento de los días de “olas de calor” con temperaturas extremas persistentes. Esto incidirá directamente sobre la demanda de agua, dada la asociación del consumo de agua con respecto a los grados de temperatura ambiente, pudiendo generar picos de demanda sostenidos durante lapsos prolongados de tiempo.
- Si bien como lo menciona el Informe del CIMA, no se tienen previstos cambios significativos en cuanto al promedio anual de lluvia caída en ninguno de los escenarios, es en la distribución de las mismas donde residirán las principales dificultades e incidencia sobre el Ciclo Hidrológico. Pueden deducirse impactos relevantes al aumentar los períodos de sequía y también incidir sobre los períodos de recarga de acuíferos y cursos superficiales, lo cual para el caso de referencia, puede incidir sobre captaciones de agua alternativas a aquella provenientes del Río Paraná.
- Otro efecto relevante sobre la demanda de agua potable es el que incide sobre los sistemas de riego frutihortícola, plantas ornamentales y jardines familiares. Al no disponer de fuentes naturales de extracción (cuencas interiores, esteros y lagunas que rodean las áreas cultivadas) sumarán presión sobre la demanda de agua potable de red.

- Las precipitaciones concentradas en poco lapso de tiempo también acarrearán serias dificultades en cuanto a las posibilidades ciertas de generar inundaciones, especialmente en los sectores urbanizados en cotas desfavorables. Inundaciones de magnitud, persistentes y repetitivas en lapsos de tiempo relativamente cortos, pasarán a ser parte de las condicionantes de los servicios de agua, dados los trastornos que también traen para la provisión de agua potable a la población afectada.

Es importante destacar que estas condicionantes presentadas son de carácter directo sobre el área de referencia. No hay que perder de vista aquellas de características sistémicas asociadas ya sea al cambio climático en la región en estudio o en otras latitudes cuyas consecuencias pueden afectar a toda la región. Sin ir mas lejos, y siendo la fuente principal de agua dulce de consumo urbano, el Río Paraná, como otros grandes ríos de la Cuenca del Plata, tiene sus nacientes en Brasil. La evolución de temperaturas y precipitaciones en la Región del Matto Grosso y cuencas subsidiarias, y los fenómenos asociados a los mismos traerán efectos directos en el comportamiento de los caudales de dichos ríos. Ya se mencionó más arriba los efectos nefastos de las grandes inundaciones de la década del '80 en todo el Litoral argentino, y acontecimientos de picos de crecidas similares en períodos de tiempo cada vez más cortos.

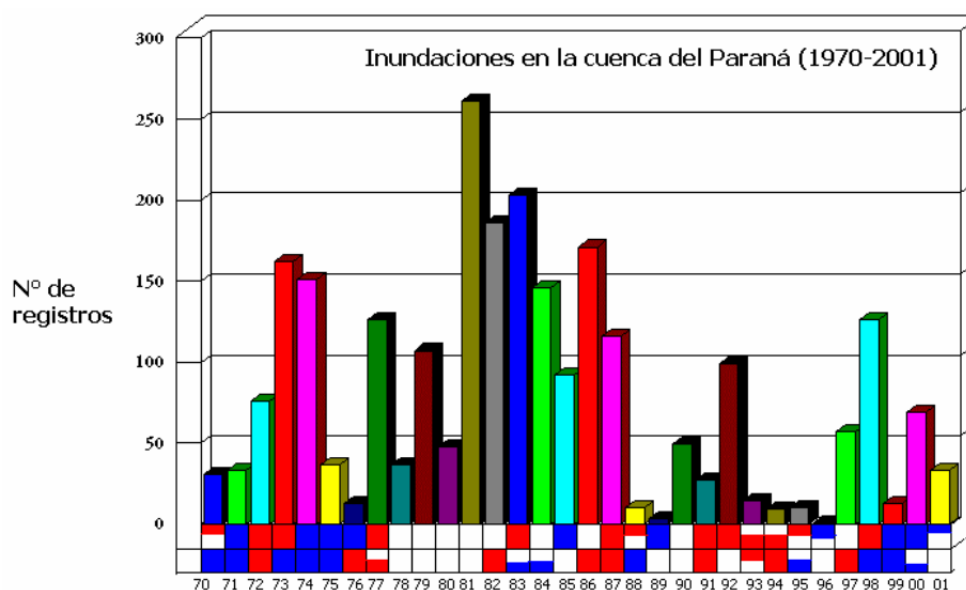


Figura 34. Número de Registro de inundaciones en la Cuenca del Plata - Período 1970 / 2001.

Fuente: (Herzer, H. et.al, 2004)

También han acontecido bajantes denominadas “históricas”, llegando incluso a realizar aportes mínimos en el río Iguazú y sus cataratas, en la Provincia de Misiones, en la frontera con Brasil y Paraguay, acusando en esos casos bajantes muy pronunciadas en el Río Paraná. Aun así los abastecimientos de agua no se vieron afectados en sus volúmenes de extracción, pero si en la calidad del agua cruda, incidiendo negativamente en el proceso de potabilización.



Figura 35. Cataratas del Iguazú, sin agua en el año 2012. Un fenómeno que se ha repetido también en el año 2009

Fuente: <http://climaticocambio.com/las-cataratas-de-iguazu-secas/> Imagen Capturada en 05/2015

Existen estudios que han puesto su foco en el comportamiento a futuro que pueden adquirir los principales aportantes a la Cuenca del Plata: los ríos Paraná, Uruguay, Iguazú y Paraguay. Las conclusiones alcanzadas indican en forma preliminar que el escenario futuro para los caudales de estos ríos estaría más próximo al de un incremento de caudales que a una disminución de estos, en porcentajes sobre los caudales previos al estudio que varían según el río aportante, el escenario de cambio climático estudiado y el período de tiempo tenido en cuenta en la prospectiva.

Para ello se tuvo en cuenta el trabajo de R. Saurral, del CIMA del año 2010 quién utilizó para la determinación de temperaturas y precipitaciones estimadas los modelos utilizados por el IPCC (MCGs)¹⁹, introduciéndole una serie de correcciones que permitieron un ajuste al comportamiento de la región donde estos principales ríos tienen sus nacientes, considerando estaciones de medición ya establecidas para su estudio de caudales. También, como se adelantó más arriba, se utilizaron los escenarios establecidos por el IPCC para los niveles de concentración de CO₂ atmosférico. Los resultados, expresados en % (en más o en menos, indicando un crecimiento o decrecimiento de los caudales promedios de dichos ríos) figuran en las siguientes tablas, donde en la primera se explica en detalle la forma en que debe ser leída dicha información:

¹⁹ MCGS: Modelos Generales de Circulación.



Figura 36. Ubicación de los Ríos Paraná, Paraguay, Iguazú y Uruguay en la zona de estudio.

Fuente (Saurral, R. 2010)

	2030			2070		
	A1B	A2	B1	A1B	A2	B1
CNRM	-29	-26	-37	-25	-5	-25
	-4	1	1	-5	3	5
	-9	-4	-14	0	-2	10
ECHAM	-10	-10	3	0	17	6
	-14	-9	-4	9	16	-12
	-4	-8	1	5	20	-3
GFDL2.0	-58	-21	-6	-46	-44	-48
	-35	-25	-21	-33	-9	-26
	-24	-3	14	-33	-12	-27
CGCM	22	55	8	20	156	55
	30	73	15	14	66	15
	35	99	14	21	114	30
GISS	102	—	109	152	—	103
	51	—	31	10	—	16
	74	—	64	74	—	46
Mean	6	0	15	20	31	18
	6	10	4	-1	19	-1
	14	21	16	13	30	11

Tabla 5. Diferencia relativa (%) en el caudal para las futuras décadas (2030 and 2070)

Fuente: (Saurral, R., 2010)

Diferencia con respecto al promedio 1990 -99 de los escenarios A1B, A2 y B1 y por cada uno de los cinco MCGs en Jupia en el Río Paraná. Para cada modelo y escenario, el número en la parte superior corresponde a la variación en el caudal de verano (DEF), el número en el medio a la variación en el invierno (JJA), y el número al final al caudal anual. El conjunto de promedios de los cinco modelos es desplegado al final de la tabla

	2030			2070		
	A1B	A2	B1	A1B	A2	B1
CNRM	173	188	184	203	220	217
	49	47	56	48	72	34
	136	153	149	147	167	159
ECHAM	49	87	71	61	74	52
	17	77	35	46	118	37
	45	91	69	66	125	65
GFDL2.0	201	211	151	196	246	176
	-14	0	3	40	11	-16
	74	75	64	90	111	62
CGCM	45	41	23	29	48	15
	74	104	27	35	95	33
	41	55	21	27	60	16
GISS	36	—	40	40	—	33
	39	—	59	60	—	63
	27	—	46	38	—	44
Mean	101	132	94	106	147	99
	32	57	36	46	74	30
	65	94	70	74	116	69

Tabla 6. Como la Tabla anterior, pero para la Estación Salto Caixas en el Río Iguazú
Fuente: (Saurral, R., 2010)

	2030			2070		
	A1B	A2	B1	A1B	A2	B1
CNRM	17	24	-4	41	10	33
	-16	23	4	2	19	31
	-11	6	-12	2	-2	6
ECHAM	-26	-24	-30	63	6	-23
	49	76	41	29	76	78
	10	24	8	39	46	32
GFDL2.0	111	8	67	-40	35	-20
	-39	-18	-31	-56	-59	-16
	0	-6	-1	-45	-21	-25
CGCM	20	13	0	24	-2	10
	142	221	150	191	178	125
	88	110	49	111	124	82
GISS	28	—	34	7	—	4
	16	—	56	54	—	38
	67	—	76	88	—	68
Mean	30	5	13	19	12	1
	30	75	44	44	53	51
	31	33	24	39	37	33

Tabla 7. Como la Tabla anterior, pero para la Estación Ladario en el Río Paraguay.
Fuente: (Saurral, R., 2010)

Se transcribieron las tablas-resumen de los resultados obtenidos de porcentajes de crecimiento de caudales en los puntos pertenecientes al Río Paraná y a los dos primeros aportantes del mismo el Iguazú y el Paraguay. Tomando esta prospectiva como referencia, el escenario extremo futuro que más impactará en la región en estudio es la de las inundaciones. Un crecimiento de caudal del río Iguazú, quien marca directamente el ritmo de crecidas del Paraná en el Litoral argentino, de un tenor superior al 100% sobre los promedios de caudales del 99/90 para el año 2030, generará un impacto de inundaciones que afectará a toda esta vasta área, que cuenta con un sistema de asentamientos que comprende a las principales ciudades del Litoral. Si bien el Paraná en el punto estudiado tiene una prospectiva de crecimiento entorno al 15%, el Iguazú y el Paraguay (este último con un crecimiento de caudal en el orden del 30%) influirán decisivamente sobre el comportamiento de estas aguas debajo de sus aportes. Pero, a la hora de considerar la validez de la información aportada, es pertinente el juicio experto del autor entorno a la validez de estos datos:

“Estos resultados deben ser tomados con precaución, ya que los MCGs (Modelos de Circulación General) se encuentran aún lejos de ser precisos al representar el clima actual y existe también cierto grado de incertidumbre relacionado con los cambios en el uso de la tierra por las próximas décadas, lo cual determinaría caudales muy diferentes a los simulados en este artículo” (Saurral, R., 2010)

2.7 Adaptación: hacia trayectorias resilientes

La adaptación a las consecuencias del Cambio Climático, invoca un concepto que es importante destacar: resiliencia. Es la capacidad que tienen los sistemas de reponerse a situaciones de extremas exigencias e implica robustez y flexibilidad. En el caso en estudio, a un clima hostil y a las consecuencias eco-sistémicas que estos cambios acarrearán en todos los niveles y puntos del planeta. Para comprender las características de los atributos de lo que el IPCC denomina “trayectorias resilientes” se presenta a nivel de títulos más importantes, su caracterización. Por una parte puede verse como el enfoque adaptativo implica una valoración de los riesgos según los niveles de concentración de GEI, los avances en las medidas adaptativas y la vulnerabilidad de la población afectada y por otra, una serie de atributos que las medidas tanto de mitigación de la contaminación atmosférica como de modificación de procesos, sistemas e infraestructuras, deberán incorporar para que respondan a las pautas de resiliencia a los impactos del Cambio Climático. Por lo tanto, el gráfico inicial sobre el enfoque de riesgo presentado más arriba queda completado de la siguiente manera:

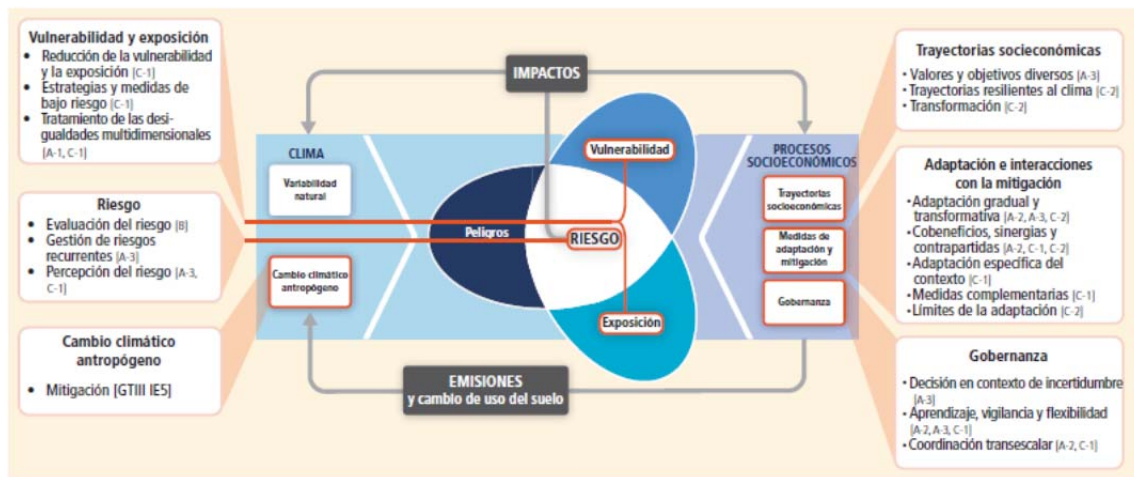


Figura 37. Espacio de Soluciones en el Enfoque de Riesgo de Cambio Climático
Fuente (IPCC, 2014)

Los principales componentes de una Adaptación Eficaz y los fundamentos de una Trayectoria Resiliente al clima son los siguientes:

- “La adaptación es específica del lugar y el contexto, y no existe ningún método único para reducir los riesgos que resulte adecuado para todas las situaciones (nivel de confianza alto)
- La planificación y realización de la adaptación se puede mejorar mediante medidas complementarias a todos los niveles, desde el personal al gubernamental (nivel de confianza alto).
- Una primera medida de adaptación al cambio climático futuro consiste en reducir la vulnerabilidad y exposición a la variabilidad climática actual (nivel de confianza alto). Las estrategias comprenden medidas junto a cobeneficios para otros objetivos.
- La planificación y realización de la adaptación a todos los niveles de gobernanza depende de los valores sociales, los objetivos y las percepciones del riesgo (nivel de confianza alto). El reconocimiento de los diversos intereses, circunstancias, contextos socioculturales y expectativas puede favorecer los procesos de toma de decisiones.
- El apoyo de las decisiones es más eficaz cuando es sensible al contexto y la diversidad de los tipos de decisiones, los procesos de su adopción y sus defensores (evidencia sólida, nivel de acuerdo alto). Las organizaciones que hacen de puente entre la ciencia y la toma de decisiones, en particular los servicios climáticos, desempeñan un importante papel en la comunicación, transferencia y evolución de los conocimientos climáticos, incluyendo la traducción, la colaboración y el intercambio de conocimientos (evidencia media, nivel de acuerdo alto).
- Los instrumentos económicos existentes y los que se van creando pueden fomentar la adaptación al ofrecer incentivos a la anticipación y amortiguación de los impactos (nivel de confianza medio).

- Las limitaciones pueden interactuar para obstaculizar la planificación y realización de la adaptación (nivel de confianza alto). Las limitaciones comunes a la realización se derivan de los siguientes factores: escasos recursos financieros y humanos; limitada integración o coordinación de la gobernanza; incertidumbres acerca de los impactos proyectados; diferentes percepciones de los riesgos; valores en competencia; ausencia de líderes y defensores clave de la adaptación; y herramientas limitadas de control de la eficacia de la adaptación. Otra limitación es la insuficiente investigación, vigilancia y observación y la insuficiente financiación para su mantenimiento.
- Una pobre planificación, un excesivo hincapié en la obtención de resultados a corto plazo o una insuficiente anticipación de las consecuencias podrían dar lugar a una adaptación incorrecta (evidencia media, nivel de acuerdo alto).
- Una evidencia limitada indica que existe una brecha entre las necesidades globales de adaptación y los fondos disponibles para la adaptación (nivel de confianza medio).
- Existen importantes co-beneficios, sinergias y contrapartidas entre la mitigación y la adaptación y entre las distintas respuestas de adaptación; ocurren interacciones tanto dentro de las regiones como entre ellas (nivel de confianza muy alto). Los crecientes esfuerzos desplegados en pro de la mitigación del cambio climático y la adaptación a él van aparejados a una creciente complejidad de las interacciones, especialmente en las intersecciones entre los sectores del agua, la energía, el uso del suelo y la biodiversidad, pero aún siguen siendo reducidas las herramientas disponibles para comprender y manejar tales interacciones.
- Las perspectivas de trayectorias de desarrollo sostenibles resilientes al clima están fundamentalmente relacionadas con los logros mundiales en la mitigación del cambio climático (nivel de confianza alto).
- A mayor tasa y magnitud del cambio climático, mayor es la probabilidad de sobrepasar los límites a la adaptación (nivel de confianza alto). La adaptación llega a su límite cuando no son posibles o en ese momento no son accesibles medidas de adaptación destinadas a evitar riesgos intolerables para los objetivos de un agente o las necesidades de un sistema.
- Las transformaciones en las decisiones y medidas de orden económico, social, tecnológico y político pueden posibilitar las trayectorias resilientes al clima (nivel de confianza alto)²⁰.

²⁰IPCC, “CAMBIO CLIMÁTICO 2014, Impactos, Adaptación y Vulnerabilidad”. Extracto de los principios y recomendaciones presentadas en dicha publicación. Pgs.25 a 28.

2.8 Respuesta esperada del Modelo objeto de estudio y desarrollo a las demandas de un enfoque adaptativo del Sistema Local de Agua y Saneamiento

- Contribución de Información a la gobernanza a nivel local y regional. El aporte de conocimiento experto con un enfoque sistémico, aporta un entorno calificado para la toma de decisiones y contribuye a enlazar acciones de distintos niveles (usuarios, profesionales, mercado local inmobiliario y de la construcción, normativas, operación y mantenimiento del sistema, sistema de ciencia, tecnología e innovación).
- La simulación en el campo que se ocupa el trabajo ayuda a disponer de un entorno confiable y flexible a la hora de evaluar los impactos del cambio climático y las modificaciones del ciclo hidrológico sobre la población servida y contribuye a la evaluación de Proyectos y Programas de carácter estratégico, generales o por sectores urbanos, a la hora de contribuir a la sostenibilidad del Ciclo Urbano del agua.
- Las orientaciones precedentes del planteo de una Trayectoria Resiliente, aplicada a los abastecimientos de agua de regiones en vías de desarrollo, servirán de recomendaciones en el uso y aplicación del modelo que nos ocupa a la hora de buscar soluciones que contribuyan a la adaptación a un escenario en cambio como el presentado hasta ahora.

2.9 Pesimismo frente al enfoque adaptativo, y toma de posición del autor

En virtud de la instrumentación pasada de medidas para el control de emisiones, los climatólogos son pesimistas, no solo en la capacidad real que se tenga para mantener la temperatura global entorno a +2°C, sino que también lo son en relación al enfoque adaptativo. Existen dos variables sobre las que apoya dicho pesimismo: una es el tiempo, pues la capacidad de adaptación no es la misma según los recursos, los conocimientos... podríamos seguir encontrando elementos que inciden sobre ella, pero sobre ellos, la decisión política sostenida a lo largo del tiempo de darle continuidad y contundencia a dicha adaptación, tal cual quedó expresado en el punto anterior. Y la otra es la incertidumbre manifiesta entorno a los valores y el tiempo en los que la concentración de CO₂ global alcanzará su máximo y la magnitud y el momento de los eventos previstos. Respecto al impacto de esto último sobre el proceso adaptativo, puede resumirse en un ejemplo del litoral argentino: una gran inversión se realizó para la construcción de defensas de las principales ciudades sobre las costas de ríos de la Cuenca del Plata en los años '90, sobre la base de las máximas alturas alcanzadas. Por ejemplo las alturas hidrométricas alcanzadas de once (11) metros por el Río Paraguay en el puerto de Formosa. Ahora bien, según lo planteado precedentemente, nada impediría que dichos máximos sean superados en una situación de eventos extremos de precipitaciones (sin necesidad de sumar eventos concomitantes probables), con lo cual todo el esfuerzo adaptativo de décadas se vería malogrado. Hamilton lo plantea de esta forma:

“Sin embargo, si nuestra creencia en nuestra habilidad para estabilizar el clima terrestre está mal encaminada, lo mismo sucede con la creencia en nuestra capacidad para adaptarnos fácilmente al cambio climático. Si en lugar de una transición sin sobresaltos a un clima nuevo y menos agradable, el calentamiento dispara un proceso galopante, la adaptación va a convertirse en una tarea sin término. Si el calentamiento sube por encima de 3 ó 4°C las perspectivas de cambio severo y abrupto se tornan elevadas. Una sequía dura y prolongada puede devastar la producción de alimentos de toda una región. Las llanuras fértiles pueden convertirse en zonas desérticas. Una semana de temperaturas por encima de 40°C puede matar decenas de miles de personas” (Hamilton, C., 2010)

Sin embargo, el presente trabajo está sustentando un enfoque de la sostenibilidad del ciclo del agua a nivel urbano asociado a uno de carácter adaptativo, donde los principales factores intervinientes puedan interactuar en un marco cambiante, considerando escenarios donde el Cambio Climático se tiene previsto influirá sobre el Ciclo Hidrológico, de manera verificable y con intervenciones ajustables a lo largo del tiempo. Sin dudas es también la manera de expresar la esperanza (no como ingenuo buen deseo, sino como potencia interior de todo ser humano, para “plantarle cara”²¹ a la adversidad y a las dificultades, inclusive las aparentemente insalvables) de que la Ciencia y la Tecnología, que ha ayudado a comprender los fenómenos presentados, podrá aportar su cuota en el campo tratado en la tesis, en la creación de oportunidades en consonancia con los principales actores sociales, especialmente para los sectores de la sociedad más relegados y vulnerables.

²¹Argentinismo, que indica una voluntad férrea asociada a la creencia de que se pueden superar las barreras o escollos más difíciles.

Parte 2

2.10 Marco Teórico particular: Sostenibilidad del Ciclo Urbano del Agua

El entorno temporal seleccionado para el planteo de estas definiciones ha sido próximo al de la Cumbre de Medioambiente de Río de Janeiro de 1992.

El concepto que define la cualidad del objeto del presente trabajo es el de Sostenibilidad. Con su definición se estructurará el marco conceptual de la investigación.

Es obligada la referencia al Informe que impulsó dicho concepto asociado al de Desarrollo:

“El Desarrollo Sostenible es aquel que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades”

(Comisión Mundial sobre el Medioambiente y el Desarrollo de las Naciones Unidas, 1987).

Una primera lectura y desde una visión macro de la definición nos lleva a reconocer:

- El concepto de necesidad. “El Desarrollo Sostenible requiere la satisfacción de las necesidades básicas de todos y extiende a todos la oportunidad de satisfacer sus aspiraciones a una vida mejor” (Comisión Mundial sobre el Medioambiente y el Desarrollo de las Naciones Unidas, 1987) , priorizando la de aquellos sectores sociales más desfavorecidos primero y principal por razones éticas, pero además “por su asociación con el deterioro del medioambiente, dando lugar a la explotación de los recursos naturales en la búsqueda de soluciones de corto plazo a la satisfacción de dichas necesidades” (Mokate, 2001).

- La participación de los recursos naturales como bienes limitados “la mayoría de los recursos naturales renovables forman parte de un sistema complejo e interconectado, y es preciso definir el máximo rendimiento sostenible después de haber considerado los efectos que la explotación tendrá sobre el conjunto del sistema” (Comisión Mundial sobre el Medioambiente y el Desarrollo de las Naciones Unidas, 1987).
- La dimensión temporal, en alusión a la satisfacción de necesidades de las generaciones presentes y también futuras, donde el “criterio de sostenibilidad requiere que las condiciones necesarias para acceso igualitario a la base de recursos sean cumplidas para cada generación” (Pearce, 1995)

El concepto de sostenibilidad es fundamentalmente antropocéntrico. “No cabe duda de que nuestra sociedad se desenvuelve en un ambiente natural; sin embargo, buscamos la sostenibilidad de la sociedad en la medida que depende de los sistemas naturales, con los que está estrechamente vinculada” (Lyon Dahl, 1996).

La relación con la satisfacción de las necesidades de la población en su conjunto, centra la atención en lo que es el objeto de la economía, de la producción de las sociedades humanas, donde “en un sistema dinámico como el de las sociedades, la sostenibilidad es fundamentalmente una cuestión de equilibrio, mantenido durante cierto tiempo” (Lyon Dahl, 1996). Este equilibrio puede quedar expresado en forma simplificada por las dos reglas de gestión de recursos y del medioambiente dentro de una economía sustentable, presentadas por Pearce y Turner :

- 1) “Usar los recursos renovables de tal modo que el ritmo de extracción (ritmo de uso) no sea mayor que el ritmo de regeneración natural.
- 2) Mantener siempre flujos de residuos al medioambiente al mismo nivel, o por debajo, de su capacidad de asimilación” (Pearce, 1995) Pueden identificarse tres aspectos de la sostenibilidad:

La Social, en la búsqueda de que el conjunto de la humanidad vea satisfechas principalmente sus necesidades más elementales.

La Económica, mediación de la organización social entre los recursos naturales existentes y las necesidades de las personas.

La Ambiental, donde los ecosistemas disponen de leyes propias y de una capacidad limitada para proveer los elementos básicos para satisfacer las necesidades de la población.

A los mismos hay que agregarles la dimensión temporal ya fundamentada. Esto nos pone en situación frente a la complejidad intrínseca de la sostenibilidad , entendida la misma a partir de la confluencia de múltiples factores, “si bien algunos de estos factores podrían controlarse dentro del sistema, otros están condicionados a presiones externas. Dado que la mayoría de los sistemas son complejos y no suelen comprenderse cabalmente, no siempre resultan evidentes las relaciones entre las causas y los efectos” (Lyon Dahl, 1996).

Por esta razón, un planteo de sostenibilidad, nos remite al manejo de la complejidad y la incertidumbre.

Dentro de la línea de complejidad planteada precedentemente, hay que destacar como las situaciones particulares incorporan nuevos elementos al enfoque de sostenibilidad. Este es el caso (como el que ocupa a los objetivos del trabajo) a los países de Latinoamérica: “La Organización Mundial de la Salud considera que las diferentes amenazas ambientales pueden dividirse en “peligros tradicionales” ligados a la ausencia de desarrollo, como son la falta de acceso al agua potable, saneamiento insuficiente, contaminación de alimentos por microorganismos patógenos (...) y “peligros modernos” derivados del desarrollo no sustentable, como son la contaminación del agua por núcleos de población, la industria, contaminación del aire urbano ...”(CEPIS, 1996) . La significación del concepto “sostenibilidad” en países donde las situaciones de extrema pobreza conviven con las un elevado nivel de desarrollo, tendrá connotaciones particulares.

2.11 Sostenibilidad y Ciclo Urbano del agua

La forma en que el concepto de sostenibilidad es entendido con relación a la problemática del agua, puede quedar comprendido a partir de la lectura del Capítulo 18 del Programa 21 (o Agenda 21), que vio la luz en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio ambiente y el Desarrollo de 1993, en Río de Janeiro (Brasil)¹.

Se repasará entonces dicho Capítulo, a la luz de los grandes componentes del concepto de Sostenibilidad presentados más arriba.

2.11.1 Necesidad

Cuando se habla del Ciclo del agua a nivel urbano ¿A qué necesidades se hace referencia? “El objetivo general es velar que se mantenga un suministro suficiente de agua de buena calidad para toda la población del planeta y preservar al mismo tiempo las funciones hidrológicas, biológicas y químicas de los ecosistemas, adaptando las actividades humanas a los límites de la capacidad de la naturaleza y combatiendo los vectores de las enfermedades relacionadas con el agua” (Programa 21, 1992).

Así, se pueden distinguir entonces:

Con respecto a la población

- Necesidades de consumo (cantidad de agua)
- Necesidades de calidad (orientada especialmente a la salud de la población)
- Necesidad de un ambiente saludable (Vectores portadores de enfermedades relacionadas con el agua).

¹ Las citas harán referencia a dicha Conferencia como “Programa 21” , el punto correspondiente del Capítulo 18 y al año de su elaboración

Con respecto a los ecosistemas:

- Necesidad de mantener la calidad de vida de los ecosistemas vinculados a los cursos de agua.
- Necesidad de mantener la capacidad de asimilación de dichos ecosistemas. Queda en evidencia la doble dimensión del agua como satisfactor de necesidades: bien económico y bien social. “El agua es un bien económico y un bien social que debe distribuirse en primer lugar para satisfacer necesidades humanas básicas. Muchas consideran que el acceso al agua potable y al saneamiento constituye un derecho humano. No hay nada que pueda sustituir el agua: sin ella perecen los seres humanos y otros organismos vivos, los agricultores no pueden cultivar los alimentos, las empresas no pueden funcionar. La seguridad del abastecimiento de agua es un aspecto clave de la reducción de la pobreza” (Conferencia Internacional sobre Agua Dulce, 2001).

Es importante notar que entre uno y otro conjunto de necesidades existe la función de regulación, de adaptación de las actividades de la población a los límites de las capacidades propias de cada entorno natural, de cada ciclo particular de agua.

2.11.2 Recursos Naturales como bienes limitados

Centrados en el Ciclo del agua, la comprensión de los límites de dichos recursos ocupa un lugar relevante dentro de los términos de sostenibilidad. ¿Cuáles son ellos?

- Capacidad de reposición cíclica del agua (en cuencas fluviales y acuíferos).
- Capacidad de asimilación de las aguas receptoras de descargas contaminantes

En la línea del respeto por dichos límites, como objetivos de acción de la Agenda 21 figura la “Protección de los recursos hídricos contra el agotamiento la contaminación y la degradación” y en otro punto “Proteger las cuencas fluviales del agotamiento y degradación de su cubierta forestal y de actividades perjudiciales aguas arriba” (Programa 21, 1992).

Si el mantenimiento de la cantidad de agua y calidad de las aguas es importante para que las actividades de consumo y producción no se vean negativamente afectadas, también ocupa el mismo rango la interacciones directas posibles entre el agua y el medioambiente habitado: “En forma más general, la vivienda inadecuada(incluidos los servicios conexos) abarca factores adversos para la salud, que incluyen niveles elevados de exposición a agentes patógenos y vectores biológicos y físico-químicos, una protección inadecuada frente al clima, riesgos para la seguridad y una variedad de situaciones de estrés psico-social” (Conferencia Panamericana sobre Salud y Ambiente en el Desarrollo Humano sostenible, 1995). La relación directa del Ciclo Urbano del Agua y las situaciones desfavorables de salud ambiental de la población son, entre otras:

- Situaciones de inundabilidad de áreas residenciales
- Situaciones de contaminación de aguas en espacios recreativos, destinadas a baño.
- Situaciones de contaminación directa por falta de drenajes adecuado de aguas pluvio-cloacales.
- Focos de reproducción de vectores de origen hídrico, portadores de enfermedades.
- Focos de contaminación visual de sectores paisajísticos degradados.

En consecuencia, los límites de los recursos también estarán dados por el conocimiento del comportamiento cíclico de los cursos de agua y los ecosistemas adyacentes, inclusive el de los límites visuales, cuando estos pasan a constituir puntos de atracción paisajística.

2.11.3 Dimensión Temporal

Pasar de la concienciación que supone el conocer que las acciones que se emprendan (o dejen de emprender) tendrá consecuencias no solo para las generaciones presentes, sino también en las futuras, a incorporar la variable temporal para la comprensión de la sostenibilidad de un sistema complejo como el que nos ocupa, supone como menos, un arduo esfuerzo. Es que el espectro temporal es más que amplio: “Si bien los planificadores y los políticos, suelen limitarse a plazos de cinco años (y consideran como largo plazo un período de 20 años), en el contexto de sistemas y recursos mundiales sería prudencial considerar la sostenibilidad como un proceso que se prolonga en un futuro indefinido, de, por ejemplo, hasta medio millón de años, como un lapso más allá del cual nuestras actividades no limiten a la sociedad futura. Así se suprimiría quizás la tendencia a quitarle importancia al futuro a largo plazo, y podría darse la dimensión adecuada a los procesos fundamentales, aunque graduales, de equilibrio y cambio mundiales” (Lyon Dhal, 1996).

Dentro de este arco temporal, y en relación directa con aspectos relevantes del Ciclo Urbano del Agua, será interesante enumerar los “tiempos” implicados en el mismo:

- El tiempo político de renovación de autoridades (del Ayuntamiento, de la Cooperativa de agua, etc.)
- El tiempo de vida útil de las instalaciones domiciliarias de agua y saneamiento
- El tiempo de vida útil de las instalaciones de provisión de servicios.
- El tiempo de crecimiento vegetativo de la población.
- El tiempo de los movimientos migratorios de la población.
- El tiempo de degradación y/o recomposición (resiliencia) del medio natural acuático.
- El tiempo de evolución de las condiciones de precipitación y crecidas de los cursos de agua.
- El tiempo de los ciclos económicos locales, regionales, nacionales (alternancias entre recesión y crecimiento).

Con respecto a los tiempos de renovación de autoridades, Cabrera nos muestra en un ilustrativo artículo como reside en las autoridades buena parte de la responsabilidad en las toma de decisiones sustentables, y como estas, muchas veces a contrapelo de los intereses del electorado, se ven sometidas al imperio de la renovación de mandatos, cayendo lo sostenible en pura retórica (Cabrera, 2002).

Los tiempos de reposición de las instalaciones de provisión de servicios de agua y saneamiento y su incidencia en las tarifas, orientadas a reflejar los precios reales de operación, mantenimiento y costo medioambiental, forman parte del actual del debate europeo sobre la sostenibilidad. Barraqué, en una compilación sobre la eficiencia del agua en las ciudades nos muestra los diferentes horizontes de eficiencia y necesidad de reposición según los diferentes tramos de servicio (tratamiento, distribución, bombeo, alcantarillado, plantas de depuración, etc.), planteando cada una a partir de su vida útil, el espacio temporal de sostenibilidad del servicio (Barraqué, 2000)

Pero en contextos como el latinoamericano, donde las ciudades en las últimas décadas han tenido un crecimiento explosivo, es el tiempo del crecimiento poblacional el que incide dramáticamente sobre las condiciones de sostenibilidad. Pearce sostiene que “un determinado nivel de vida puede ser soportable con menos “inputs” de recursos a lo largo del tiempo, pero si la población crece rápidamente, el efecto de la demanda incrementada de recursos puede “volatilizar” muy rápidamente tales mejoras de eficiencia” (Pearce, 1995)

Por último, en lo que atañe a los aspectos ambientales, cada entorno natural tiene sus ciclos, que en el caso del agua y en función de la satisfacción de las necesidades humanas, se los reduce a inundaciones y sequías. Teniendo en cuenta que las mismas forman parte de la escala de cuenca, la Conferencia de Bonn sobre agua dulce la incorpora bajo el concepto de gestión de riesgo: “Los mecanismos de decisión en situaciones de incertidumbre deben permitir una flexibilidad para reaccionar tanto a los desastres de aparición repentina, como a las variaciones a largo plazo de los recursos hídricos. La Gestión de riesgo debe ser parte integrante de la gestión de los recursos hídricos” (Conferencia Internacional sobre Agua Dulce, 2001).

Bien resume Asit Biswas esta verdadera usina de conflictos, donde se manifiesta la tensión entre el “Corto Plazo”, lugar donde fundamentalmente los agentes económicos dirimen sus principales cuestiones, y el “Largo Plazo”, espacio de preocupación de los gobiernos que asumen la responsabilidad de encauzar la sociedad y las comunidades hacia el bien común que incluye a la población y el medioambiente donde vive . Tensión solo encauzada cuando todas las partes se ven implicadas en procesos de consensos. (Bender, M., et. al., 1997)

2.12 Premisas consecuentes

En consonancia con los objetivos del trabajo (presentados en el capítulo anterior) de conformar un soporte para la toma de decisiones locales, y con la intención con que nace el concepto sostenibilidad, concebido más “como acción que como concepto teórico” (Mitchell, 1997), se fijarán un conjunto de premisas que definan la Sostenibilidad del Ciclo Urbano del Agua. Las mismas podrán dividirse en dos grandes grupos:

➤ Cumplimiento de objetivos de preservación

Para poder ubicarse frente a las magnitudes que entrañan la premisas de este grupo las mismas comprenden tanto la escala de la cuenca donde está enclavado el asentamiento como el la totalidad del asentamiento.

Los objetivos de preservación responderán a la pauta general de “seguridad de abastecimiento” (Conferencia Internacional sobre Agua Dulce, 2001).

1) Consumo dentro de los límites de los ciclos locales del agua.

En esa línea el Programa 21 proponía la necesidad de “formular y aplicar estrategias que permitan un suministro continuado de agua a un precio asequible para las necesidades presentes y futuras, así como invertir las tendencias actuales a la degradación y el agotamiento de los recursos” (Programa 21,1992). Será básico el conocimiento de los límites de explotación de aguas superficiales y subterráneas buscando “conciliar la planificación del desarrollo urbano con la disponibilidad y sostenibilidad de los recursos hídricos”(Programa 21,1992).

Que el conjunto de la población tenga que consumir agua dentro de ciertos límites lleva implícita la necesidad de un uso y una asignación eficiente del recurso, dentro del abanico de opciones posibles: usos en agricultura, en la industria , paisajísticos, para consumo en los asentamientos humanos.

La noción de consumo responsable hace alusión que, a nivel de usuarios, el agua esté afectada a las necesidades cotidianas dentro de un margen racional. Acciones en este campo quedan expresadas en objetivos como “Establecer programas de utilización racional del agua y asegurar su explotación y mantenimiento” (Programa 21,1992).

Los objetivos de uso racional del agua, necesariamente deben estar acompañados con el de una distribución urbana eficiente, evitando fugas y siguiendo la premisa de “gestionar el agua allí donde se encuentre” (Chocat, 2002).

Ambas líneas responden a lo que se ha denominado la “Gestión de la Demanda”, por la cual se pretende “Aumentar la eficiencia con la cual las necesidades corrientes son satisfechas y aumentar la eficiencia en la asignación del agua en los diferentes usos” (Gleick, 2000).

En los casos donde los diferentes usos pongan en juego los volúmenes mínimos de las cuencas de superficie (ecológicos) o subterráneas (casos de intrusión marina), estos deben considerar un volumen de explotación que no altere la calidad de vida natural que depende de dichas fuentes superficiales de agua, y la calidad de las aguas subterráneas en el caso de los acuíferos.

2) Emisión de aguas residuales dentro de los límites de asimilación de los ecosistemas receptores

Siguiendo la lógica de la prevención donde “suele ser más económica que la recuperación de las aguas contaminadas. Hay que proteger los caudales de agua contra la contaminación desde sus fuentes hasta que llegan al consumidor” (Conferencia Internacional sobre Agua Dulce, 2001). Para ello será prioritario el conocimiento de las fronteras que imponen los ecosistemas circundantes, pues franqueadas las mismas se pueden producir degradaciones irreversibles que afecten el uso y goce de las generaciones futuras de dicho recurso natural “Cualquier irreversibilidad actual significa la eliminación de una opción para generaciones futuras –éstas no pueden asegurarse el acceso al recurso si éste se ha hecho extinguir” (Pearce, 1995). Dichas barreras podrán quedar expresadas (por lo general a nivel de cuenca) en “objetivos ambientales”, a partir de los usos previstos para dichas cuencas receptoras. “Los objetivos de calidad del agua tienen como propósito mantener y proteger los usos designados del agua fresca para abastecimiento público, ganadería, riego, pesca, recreación u otros fines, a la vez que sostienen la vida y el funcionamiento de los ecosistemas acuáticos” (Helmer y Espanhol, 1999).

Para ello existen términos económicos que contribuyen a la prevención del franqueo de dichas barreras “En este contexto debe aplicarse el principio de hacer pagar al que contamina a fin de estimular a quienes contaminan a aplicar la mejor tecnología disponible para prevenir la contaminación” (Conferencia Internacional sobre Agua Dulce, 2001).

3) Gestión integrada de los recursos hídricos

Este objetivo trasciende lo urbano (ubicándonos en la escala de cuenca junto al conjunto de asentamientos que dependen de ella) razón por la cual quedará fuera del objeto de estudio. “La ordenación integrada de los recursos hídricos, incluida la integración de los aspectos relativos a las tierras y a las aguas, tendría que hacerse a nivel de cuenca o subcuenca de captación.” (Programa 21, 1992).

Pero es conveniente dejar abierta su pertinencia a un enfoque de sostenibilidad urbana del agua por las relaciones paramétricas que el mismo impondrá a la gestión urbana del agua: Esta gestión supone la existencia de organismos regionales e inclusive internacionales (en los casos de cuencas trans-fronterizas) que generen , apliquen y monitoreen políticas de gestión del agua y prevención de la contaminación coherentes con las características físicas y socioeconómicas del área de acción, y que, según las regiones o países que se trate, fijarán límites de consumo y emisión a los asentamientos que usufructúan los recursos hídricos de la cuenca o sub-cuenca.

➤ Cumplimiento de Objetivos de Servicio

1) Distribución del agua, en calidad y cantidad, y posibilidades de eliminación segura de aguas residuales, en todos los puntos del asentamiento

Este objetivo da por supuesto que no en todos los puntos del asentamiento existe suficiente agua en calidad y cantidad, para satisfacer la demanda de los habitantes, realidad del gran número de asentamientos humanos en regiones en vías de desarrollo. Esta situación se verá con más detalle cuando se vean las implicancias del concepto “sostenibilidad” en estas regiones.

Ya el Informe Brundtland ponía la atención en este tipo de ciudades cuando caracterizaba los asentamientos humanos en estas latitudes “(...) carecen de infraestructura y servicios o, cuando existen, son inadecuados - incluidas las cañerías de agua, los desagües u otros medios de eliminación higiénica de residuos humanos” (Comisión Mundial sobre el Medioambiente y el Desarrollo de las Naciones Unidas, 1987).

Por su parte la Agenda 21 precisa bases de abastecimiento por persona “Procurar que para el año 2000 se haya logrado que todos los residentes en zonas urbanas tengan acceso por lo menos a 40 litros por habitante y día de agua potable...” (Programa 21, 18.58 , 1992). Pero es evidente que dicha distribución de agua en todos los puntos del asentamiento debe también estar acompañada además por posibilidades seguras de drenar las aguas residuales, como forma de preservación de las fuentes de agua y de los riesgos de salud ambiental. Dicho acompañamiento, siendo tan lógico, no siempre ha sido así como lo relata un documento de la Organización Panamericana de la Salud “la trascendencia que se le dio al aumento del abastecimiento de agua hizo que los problemas relacionados con la calidad de la misma pasaran a tener una importancia secundaria. El tratamiento inadecuado de las aguas residuales, incluso en los casos en los que se toman medidas a título nominal, ha atraído aparejada la crecimiento contaminación de las fuentes de agua” (Conferencia Panamericana sobre salud y Ambiente en el Desarrollo Humano sostenible, 1995).

Garantizadas las fuentes y cuencas receptoras y fijados los límites dentro de los cuales brindar los servicios, es innegable que los responsables de brindar y coordinar la provisión de los servicios deben cumplir pautas de fiabilidad y eficiencia en el uso de los recursos, tanto hídricos como económicos (llámense estos Empresa o cooperativa de agua, Ayuntamiento, Junta de aguas, inclusive cuando la gestión implica directamente la participación del usuario).

Repasando los aportes de Cabrera en cuanto a la gestión profesional de un abastecimiento, se puede mencionar la necesidad del conocimiento del agua inyectada y consumida en la red (para ejercer una acción eficaz de las fugas), el control del índice de roturas de las cañerías, el control de la calidad del agua y de los fallos de suministro, entre otros (Cabrera, 2000), a los que debería sumarse una acción de monitoreo permanente de las condiciones de descarga de aguas tratadas a las cuencas adyacentes.

Pero por otra parte, la eficiencia deberá plantearse también en el plano administrativo de los recursos, donde la distribución ejercida dentro de ciertos estándares de calidad, se efectúe a un costo acorde para la totalidad de los habitantes del asentamiento. Aspecto que se planteará en el próximo punto.

2) Acceso al agua potable y al saneamiento eficaz, de todos los habitantes del asentamiento
Es un hecho de que la distribución de agua y drenaje seguro de aguas residuales en todos los puntos no garantiza que toda la población acceda a los mismos. El acceso de la población a los mismos es una prioridad desde Río de Janeiro a Bonn.

La Conferencia de Río consagró los acuerdos alcanzados en la Declaración de Nueva Delhi (Evaluación del Decenio del Agua y el Saneamiento, 1990) donde 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, haciendo hincapié en el principio algo para todos y no mucho para unos pocos” (Programa 21, 1992).

Mientras que en Bonn, figura como primer punto de lo que se dio en llamar Medidas de Buen Gobierno “La responsabilidad pública entraña la tarea de establecer y hacer cumplir una normativa estable y transparente que permita a todos los usuarios del agua tener un acceso equitativo a ese recurso y utilizarlo” (Conferencia Internacional sobre Agua Dulce, 2001).

El acceso al agua trae aparejados dos costos fundamentales, especialmente (como se verá más adelante) en los países en vías de desarrollo: los costos que supone para el usuario el absorber los gastos en tarifas por el servicio y/o los de una instalación domiciliar que garanticen la calidad y eficiencia en el consumo de agua y la eliminación de las aguas residuales sin riesgo para la salud. Para algunos sectores de la población esto supone, aún tratándose de tarifas o instalaciones mínimas, una barrera infranqueable para el acceso al agua y al saneamiento. “Así pues una estrategia realista para hacer frente a las necesidades actuales y futuras consiste en establecer servicios menos costosos que puedan facilitar y mantenerse en el plano comunitario.” (Programa 21, 1992). Dos elementos pueden destacarse de esta estrategia de la Agenda 21: costos acordes a la totalidad de los habitantes y servicios que incluyan un aporte comunitario para su gestión.

Por último, con respecto a las tarifas que marcan el acceso al servicio (especialmente en los sistemas centralizados) frente a un mismo objetivo de sostenibilidad, es importante visualizar las diferencias de si se está en una región desarrollada o en vías en desarrollo en lo que respecta a la transparencia de los costos reales en la Tarifa vs. Tarifa subsidiada.

3) Mantenimiento de las condiciones de uso y servicio

La dimensión temporal de la sostenibilidad planteada más arriba, nos lleva a incorporar al mantenimiento como objetivo básico de servicio dentro del enfoque de sostenibilidad del ciclo urbano del agua. Es lógico que de nada sirve proveer de acceso al agua y al saneamiento si en poco tiempo las condiciones de disponibilidad o de acceso se ven amenazadas: las repercusiones en la población más vulnerable y en el medioambiente no se harán esperar: “Las estrechas relaciones que unen a la pobreza, la mala salud y el deterioro ambiental son algo que los estudios epidemiológicos de salud pública y otros estudios sectoriales han dejado perfectamente establecido. Dichas relaciones son recíprocas y se refuerzan entre sí, en el sentido de que cada factor es a la vez causa y efecto de los otros, y puede intensificarlos. La lucha por sobrevivir con escasos ingresos y un apoyo social insuficiente no les deja a muchos pobres más remedio que utilizar los recursos básicos en forma excesiva e indebida y aceptar el verse expuestos a situaciones riesgosas para la salud ...” (Conferencia Panamericana sobre salud y Ambiente en el Desarrollo Humano sostenible, 1995).

Preservando esta visión antropocéntrica es que el mantenimiento cobra una importante dimensión. Su incorporación a la toma de decisiones en las intervenciones en agua y saneamiento a escala mundial fue el camino recorrido por los organismos internacionales promotores de intervención en este campo “Sería necesario que los sistemas de agua y saneamiento fueran más autosuficientes desde el punto de vista financiero, incluso los que prestaban servicios a comunidades de bajos ingresos. En síntesis la sostenibilidad exigía que la población – incluso los pobres- aportara alguna contribución financiera, por lo menos al mantenimiento. La recuperación de costos se convirtió en la nueva consigna, que equiparaba la sostenibilidad y el funcionamiento y mantenimiento a nivel del poblado con el ahorro” (Black,1998).

El mantenimiento abarcaría los siguientes aspectos:

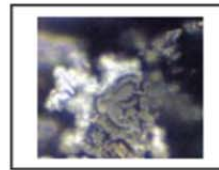
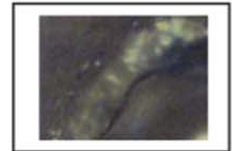
>En sistemas centralizados:

- La reposición de cañerías e instalaciones que hayan cumplido su vida útil.
- La reparación de roturas y fugas
- El funcionamiento óptimo de los procesos de depuración
- Mantenimiento de las condiciones control y calidad del agua

>En sistemas descentralizados e instalaciones domiciliarias

- La reparación y reposición de artefactos y fugas
- La eliminación de barros en fosas sépticas
- Asumir en forma constante los costos de consumo de agua y energía
- El mantenimiento de cisternas y tanques de almacenamiento

Este tema también será retomado por el planteo de sostenibilidad en regiones en vías de desarrollo, puesto que la sostenibilidad de los abastecimientos en países desarrollados centran su atención en los aspectos de reposición de una infraestructura que abarca hace muchos años el 100% de la población y el notable envejecimiento de importantes sectores de ella hace priorizar este punto y su impacto sobre las tarifas (Barraqué, 1999). Mientras que en núcleos urbanos de Latinoamérica, a este problema (en las urbes que cuentan con instalaciones de agua desde principios del siglo 20, se le suma la necesidades de importantes sectores de población de escasos recursos económicos.



Capítulo 3

REVISIÓN DE ANTECEDENTES



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

3. Revisión de Antecedentes

3.1 Modelos vinculados al agua urbana y a su gestión

En esta sección se contó con el invaluable aporte de la tesis doctoral (University of Birmingham, 2010) de Ewan Last denominada “City Water Balance” quien abordó una temática afín a este trabajo y por ende, una revisión bibliográfica compatible con la que se presenta a continuación. Obviamente, la discusión en torno a la producción de modelos no ofrece mayores divergencias en cuanto a la utilización de uno u otro indicador para comprender la sostenibilidad del ciclo urbano del agua, sino más bien en dos puntos clave para el enfoque brindado en el Marco Teórico:

- 1) “Capturar” la heterogeneidad de situaciones urbanas que ofrecen los asentamientos humanos en las regiones en vías de desarrollo.
- 2) La orientación que tienen los modelos según los objetivos que persiguen y a que “usuarios” están dirigidos, esto es, a que decisores beneficiará su uso.

Por lo tanto, primero se presentarán los principales antecedentes recopilados, brindando una noción de sus objetivos, escalas, estrategias para abordar el amplio abanico de lo sostenible, apuntando además la opinión particular sobre los aspectos relevantes y limitaciones que, desde la perspectiva de los objetivos de este trabajo fueron observados. Finalmente, se destacarán los principales aportes a la temática que esta investigación aspira a establecer.

Los modelos para la gestión urbana del agua, pueden ser utilizados como herramientas de apoyo a las decisiones generando indicadores de salida, permitiendo la comparación cuantitativa de las estrategias de gestión para el suministro convencional y no convencional de agua, aguas residuales y aguas pluviales en un entorno urbano. La utilización de modelos de agua urbana, con producciones de indicadores de sostenibilidad, proporcionan estructura al proceso de evaluación de sostenibilidad, permiten el examen de sus componentes y sus interacciones y aumentan la comunicación de las partes interesadas (incluidos los investigadores) (Jakeman et al., 2006). En esta sección se examinan tres tipos de modelos gestión urbana del agua: detallado, nivel de cuenca y ámbito urbano. Son particularmente convenientes para su utilización como herramientas de soporte de decisiones para la gestión integral del agua urbana (IUWM) los modelos que incluyen todos los procesos importantes dentro del ciclo urbano del agua.

Hay un número de modelos establecidos que se ocupan sólo de las secciones del ciclo del agua en detalle y no proporcionan la información necesaria acerca de otras partes del sistema de agua necesaria para la toma de decisiones de (IUWM). Por ejemplo, Infoworks (Wallingford Software, n.d.), desarrollado por HR Wallingford (una empresa especializada en software de gestión de agua), es ampliamente utilizado por la industria del agua. Este consta de tres modelos: Infoworks RS, Infoworks CS y Infoworks WS. Estos modelos detallados cubren respectivamente el sistema del río, el sistema de drenaje urbano y el abastecimiento y distribución de agua.

Para hacer frente a la necesidad de la integración de diversos modelos detallados, que cubren diferentes aspectos del ciclo urbano del agua, se han desarrollado varios paquetes de software de enlace. Sin embargo, la mayoría no son lo suficientemente amplios para incluir el conjunto del ciclo urbano del agua. Por ejemplo, los modelos de escurrimiento y flujo de calidad de las EPA BASINS de Estados Unidos que unen HSPF, QUAL2E y TOXIROUTE (Whittemore et al., 2000), y existen varios otros ejemplos de escurrimientos de agua urbanas. Problemas respecto a las diferencias en la escala de tiempo y tipo de datos, y la escasa exactitud del modelo son típicos cuando enlazan a varios modelos de subsistema (Schmitt, et al., 2005), y la investigación ahora se centra en el desarrollo de una mejor "integración" de los módulos para mejorar los vínculos (Maheepala et al., 2005). Además, el requisito para el uso de varios modelos, aunque relacionados, para obtener la imagen completa del sistema urbano pueden ser "datos-intensivos" e implican una curva de aprendizaje extra para el usuario, pues deben aprender cómo utilizar varios modelos diferentes.

A continuación se revisan varios "paquetes" de modelos afines a los objetivos del trabajo, a saber:

SMURF (gestión sostenible de ríos urbanos y llanuras aluviales) fue un proyecto de tres años de la Unión Europea que se completó en 2005. El objetivo principal del proyecto fue "desarrollar y difundir una nueva metodología para la mejora de la planificación del uso de la tierra y la gestión del agua en entornos fuertemente urbanizadas y degradados" (*EU Life Programme, 2005*). Este fue probado en la cuenca del río Manso (Gran Bretaña) y utiliza una combinación de tres modelos establecidos: *SIMCAT*, *Infoworks RS* y *CS Infoworks*. Los resultados de salida del software SMURF para escenarios hipotéticos en formato GIS para facilitar su interpretación. Sin embargo, SMURF fue diseñado para modelar cuencas superficiales, mientras que otros aspectos del ciclo urbano del agua tales como el uso del agua y aguas residuales están fuera de su alcance.

Hydro Planner es un modelo australiano de sistemas en desarrollo por CSIRO (Maheepala et al., 2005). El propósito del programa es vincular los modelos existentes de agua para dar a los planificadores de agua urbana una mejor comprensión de las interacciones entre los sistemas de agua, aguas residuales y pluviales y con los sistemas naturales, en términos de flujos de agua y contaminantes, en la ciudad y a escala regional. El mismo consta de siete módulos:

1) Módulo de captación – apoya la vinculación de los modelos que pueden simular la generación y escurrimiento de contaminantes de las cuencas de suministro.

2) Módulo de suministro de Agua apoya la vinculación de modelos que simulan el comportamiento del sistema de abastecimiento de agua (la asignación de recursos del modelo (REALM) – representa el sistema de abastecimiento como nodos (centros de demanda y fuentes de suministro) y enlaces (red troncal, ríos y vías navegables). Está diseñada para operar en rangos mensuales de tiempo. Los requisitos de datos son series mensuales de flujo de entrada, las precipitaciones y la evaporación en nodos de origen, series mensuales de la demanda en los nodos de demanda, capacidades de enlaces y normas de funcionamiento como datos de entrada).

3) Módulo de Consumo - apoya la vinculación de modelos que pueden simular el consumo de agua urbana (Asociación de Servicios de Agua Modelo de Uso Final, EUM). A Hydro Planner se le suministra una serie temporal mensual de consumo de agua de los EUM para un área específica.

4) Módulo de Aguas Pluviales - apoya la vinculación de modelos que pueden simular las aguas pluviales y generación de contaminantes asociados y sus procesos de difusión.

5) Módulo de Aguas Residuales - apoya la vinculación de modelos que pueden simular las aguas residuales y generación de contaminantes asociados y sus procesos de difusión.

6) Módulo de recepción de agua - soporta vinculación de modelos que pueden simular el flujo y difusión de contaminantes a través de una red de flujos.

7) Módulo de Integración - apoya la traducción y cálculo de datos de entrada / salida entre los módulos e Interfaz gráfica de usuario (GUI).

La fortaleza de este software es su amplia cobertura del volumen de agua en zonas urbanas y flujo de contaminantes. Las debilidades son que requiere un gran número de datos de entrada, que no es adecuado para un modelo donde se busquen tendencias más genéricas. Otro aspecto es que la energía y el costo no se evalúan.

El Centro de Investigación Cooperativa eWater (EWater, 2009) es una iniciativa de desarrollo de tecnología australiana financiado por órganos de gestión de los recursos hídricos y el sector de investigación. La investigación actual en los sistemas urbanos de agua implica el desarrollo de una herramienta de apoyo a la toma de decisiones que, integran el uso de herramientas de eWater, Water Cast, y River Manager, que tienen como objetivo simular:

- tecnologías de agua urbana centralizadas y descentralizadas que evolucionaron a través del tiempo.
- riesgos, incertidumbre, optimización y multi- criterio de análisis para el agua urbana y rural.

Las ventajas del enfoque eWater incluyen: una evaluación rigurosa de la dinámica a diferentes escalas espaciales dentro del sistema urbano del agua, incluyendo los sistemas naturales; un sofisticado módulo de demanda; riesgo e incertidumbre; y una interfaz con herramientas de modelación de recepción de agua. Las limitaciones del enfoque eWater incluyen la falta de cuantificación del consumo de energía.

El propósito del Programa de Gestión Sostenible y Urbana del Agua (SUWM) de Suecia, que terminó en 2005, fue evaluar futuras opciones de gestión del agua urbana para agua potable y aguas residuales. Fue un proyecto de seis años a cargo de la Fundación Sueca para la Investigación Ambiental Estratégica (MISTRA). Dicho Programa produjo una “caja de herramientas” de evaluación de la sostenibilidad que incluye: URWARE: modelo de planta de tratamiento de aguas residuales (Jeppsson et al., 2005), SEWSYS: modelo de sistema de alcantarillado (Ahlman et al, 2005), una herramienta de estimación de costos, y la evaluación de riesgos microbiológicos y químicos. Los “puntos fuertes” de los modelos de programas SUWM incluyen la consideración de todo el sistema de agua urbana, la inclusión de residuos domésticos orgánicos, análisis de riesgos, la energía y la cuantificación de exergía. Exergía es el máximo trabajo útil posible durante un proceso que trae al sistema al equilibrio con un depósito de calor y es a menudo considerablemente menor que la energía disponible como resultado de las ineficiencias en el proceso (Yantoviski, 2004). Sin embargo, a pesar de que las metodologías se proporcionan para la integración de los resultados de los diferentes modelos en SUWM, se requiere trabajo adicional y una comprensión detallada del proceso para ponerlas en práctica.

La reseña anterior ha puesto de relieve la naturaleza enfocada al tema de muchas de las herramientas de desarrollo vinculadas y sus limitaciones. La mayoría no se extienden lo suficiente para incluir la totalidad ciclo urbano del agua y hay problemas con las diferencias en la escala de tiempo y el tipo de datos, y la poca precisión del modelo. Además, el requisito para el uso de varios modelos es ser “datos-intensivos” e implican una empinada curva de aprendizaje para el usuario, porque él/ella debe aprender a utilizar varios modelos diferentes.

En los últimos años se han desarrollado una serie de modelos de alcance urbano de agua, cada uno con un enfoque ligeramente diferente y en consecuencia, también sus fortalezas y debilidades. Los factores claves en la evaluación del valor del alcance de un modelo de agua urbana son: facilidad de uso, la complejidad de los requisitos de datos de entrada, la dificultad en el acceso a los datos de entrada, el programa en tiempo de ejecución, la precisión de los resultados, y el alcance de los resultados. El modelo de alcance ideal sería: ser recto en su uso, tener relativamente bajos requisitos de datos de entrada con datos de fácil acceso, tener un ordenador en tiempo de ejecución rápida, resultados que son lo suficientemente precisos para informar las decisiones para el modelado más detallado y la producción de una amplia gama de indicadores de sostenibilidad. Varios ejemplos de modelos autónomos de alcance urbano de agua se revisan a continuación.

El Modelo Trust (Transition to the urban water services of tomorrow) forma parte de una iniciativa europea dentro del Séptimo Programa Marco, cuyos centros firmantes de las principales publicaciones consultadas son KWR Watercycle Research Institute de Holanda y el Center for Management Studies de la Universidad Técnica de Lisboa, Portugal (Cunha Marques y Van Leeuwen, 2012). Si bien el modelo cuenta con soporte de programas de índole geográfico, su principal objetivo es de carácter evaluativo, dirigido fundamentalmente a empresas proveedoras de agua y saneamiento. Dicho diagnóstico está basado en un gráfico multidimensional (Water footprint) compuesto por veinticuatro indicadores, que permiten visualizar las condiciones de sostenibilidad del ciclo urbano del agua en forma agregada para toda una localidad. Partiendo de la lectura del mismo se avanzan en protocolos que definen planes de mejora que busquen avanzar en las dimensiones menos favorables detectadas. Si bien pueden determinarse dichas condiciones agregadas de sostenibilidad según un corte histórico, el modelo no proporciona una visión dinámica e interactiva entre los principales componentes de dichas condiciones de sostenibilidad.

UWOT (Herramienta de “Optioneering” de Agua Urbana) es un modelo de intervalos diarios que se desarrolló bajo el Proyecto Gestión del Ciclo del Agua para Nuevos Desarrollos (WaND) (Makropoulos et al., 2008) financiado conjuntamente por el Consejo de Investigaciones de Ingeniería y Ciencias Físicas (EPSRC) y la industria. Esta herramienta genera varios indicadores de sostenibilidad para las áreas residenciales urbanas, lo que permite la exploración de opciones de eficiencia de agua de interiores y la opción de un sistema genérico sostenible de drenaje urbano (SUDS). El modelo se basa en el uso de planillas Excel y alimentado por MATLAB/ Simulink. Los principales puntos fuertes del modelo son su simplicidad y el rango de resultados de indicadores que incluyen el costo, la energía, el uso del agua, los flujos de aguas residuales y aguas pluviales. Las principales debilidades son que se limita al uso del suelo residencial, es limitado en la amplitud de opciones de gestión del agua extra-domiciliarias y se encuentran fuera de sus límites los sistemas naturales (depósitos a nivel de suelo, aguas subterráneas y superficie de flujo).

UrbanCycle (Hardy et al, 2003) es un modelo australiano IUWM que incluye los principales aspectos del ciclo urbano: el abastecimiento de agua, aguas residuales y aguas pluviales. Fue desarrollado como respuesta a la necesidad de revisar las herramientas de gestión de IUWM a la luz del avance de la tecnología y el aumento de la capacidad computacional. Usando una descripción jerárquica del paisaje urbano, permite a los usuarios explorar diferentes estrategias alternativas de gestión del agua (captación de aguas pluviales y reciclaje de aguas residuales) y compararlos con los sistemas centralizados tradicionales a gran escala. UrbanCycle, utiliza simulación de precipitaciones a intervalos de 6 minutos y consumo de agua diurna. Los puntos fuertes de UrbanCycle son su descripción del paisaje urbano y la capacidad de simular los flujos máximos. Las principales debilidades son que sólo se ocupa del flujo de agua, tiene un número limitado de opciones de gestión del agua, y un intervalo de tiempo corto, lo cual es bueno para simular los picos, pero es menos apropiado para su aplicación en áreas grandes durante períodos de tiempo más largos.

El programa australiano de balance hídrico Aquacycle (Mitchell et al., 2001) está disponible gratuitamente desde <www.toolkit.net.au/tools>. Este realiza un balance diario de agua con opciones diferentes de reciclaje de agua disponibles para probar su efecto en los indicadores primarios - agua corriente utilizada, la escorrentía de las aguas pluviales y las emisiones de aguas residuales. Las estrategias alternativas son aljibes, sistemas de aguas pluviales en racimo, sistemas de captación de aguas pluviales, riego subsuperficial directo de aguas grises, almacenamiento del acuífero y reciclaje de aguas residuales en la unidad, grupo y el nivel de captación. El modelo básico funciona de manera similar a UrbanCycle. Dentro del modelo de captación hay varias áreas más pequeñas llamadas grupos cuyos límites se eligen basándose en el uso del suelo y la red de alcantarillado. Cada grupo consiste de un número de bloques de unidades idénticas con un perfil de la demanda de agua y el porcentaje de espacio permeable. El sucesor de Aquacycle , UVQ (Volumen Urbano y Calidad) (Mitchell y Diaper, 2010) añade un equilibrio contaminante para el equilibrio del agua, así como la mejora de la interfaz de

usuario y la adición de la capacidad de modelado de nieve. Los principales puntos fuertes de Aquacycle / UVQ son su simplicidad, el tiempo de ejecución rápida y la descripción del paisaje urbano. Las principales debilidades son que su objetivo principal es el uso del suelo residencial, el estrecho rango de indicadores de salida, el número limitado de opciones de gestión del agua y una consideración limitada de los sistemas naturales.

Urban Developer “Desarrollador Urbano” (eWater, 2009) es un modelo de alcance urbano del agua, actualmente en desarrollo, que utiliza una representación jerárquica del paisaje urbano como Aquacycle pero ofrece un módulo de la demanda más sofisticada. Como se trata de una herramienta comercial, en su fase de desarrollo, más detalles no están disponibles.

NEST (Neighborhood Evaluation for Sustainable Territories) una herramienta de evaluación cuantitativa de impactos medioambientales del proyecto urbano, utilizable desde la fase esquicio (fase inicial de un diseño de desarrollo u ordenamiento urbano) . Esta herramienta se apoya en la técnica del análisis de ciclo de vida (ACV) para evaluar los impactos del barrio en toda objetividad (es un cálculo y no un análisis cualitativo únicamente) y permite también una comparación de escenarios (Yépez-Salmon, Fillit, Salmon, 2013).

NEST calcula sobre la información del proyecto urbano ocho indicadores medioambientales (transformación del territorio, consumo energético, consumo y gestión del agua, calidad del aire, producción de desechos y cambio climático emisiones CO₂) un indicador social , el índice de satisfacción del usuario y un indicador económico. Los resultados están reportados a escala de usuario del barrio para mostrar la importancia del impacto del habitante.

Como un objeto, el barrio está compuesto de elementos complejos que son simplificados en la fase AVP (Avant-Projet) o esquicio del proyecto urbano. En esta fase hablamos del sitio de implantación, de espacios a construir, de edificios simples, de espacios verdes, de vías y de estacionamientos. El análisis de ciclo de vida (ACV o LCA) de estos elementos se basa en la agregación (ponderada) de los ACV de sus diferentes componentes y subcomponentes.

Si bien la herramienta fue concebida como instrumento de evaluación “ex ante” de propuestas de desarrollo urbano y solo contempla la fase inicial del ciclo del agua como ser la demanda de agua potable y emisión de agua residual, sin interactuar con los componentes físicos de infraestructura del Ciclo Urbano del Agua ni con los aspectos físicos ambientales del territorio. Tampoco plantea una interacción dinámica entre variables del mismo sistema. Pero es destacable de la herramienta dos puntos: puede capturar la diferenciación en condiciones de acceso al sistema en cuanto a sistemas intra-domiciliarios de agua y saneamiento, y a su vez puede incorporar alternativas que incidirían en una modificación de condiciones de demanda de agua (por ejemplo, aprovechamiento de agua de lluvia y reutilización de aguas residuales).

El modelo australiano WaterCress (Cresswell et al., 2002) está disponible gratuitamente en <http://www.watersselect.com.au/watercress/watercress.html>. Está diseñado principalmente para evaluar la viabilidad de una gama de opciones de suministro convencional y no convencional. Funciona con principios muy similares a Aquacycle pero está destinado a ser utilizado a escala de las cuencas hidrográficas y no sólo como un modelo urbano. Esto le da al modelo la flexibilidad necesaria para mirar el ciclo del agua en una escala más amplia. Con la inclusión de toda la cuenca, las condiciones limítrofes de la ciudad serán mejor limitadas y los sistemas naturales son incluidos. Sin embargo, si el enfoque del usuario es el agua urbana, a continuación la complejidad adicional en la descripción de la cuenca de captación puede ser prohibitiva. Los principales indicadores son la fiabilidad del suministro de agua, calidad del agua y el costo promedio. No hay ninguna consideración de uso de la energía.

Fagan et al. (2007), con base en la Universidad de Melbourne, han desarrollado un modelo de determinación del alcance del agua urbana, impulsado por MATLAB / Simulink (Mathworks Inc., 2007), que utiliza una combinación de equilibrio de material/energía y cinética para comparar estrategias alternativas de gestión del agua con una serie de indicadores de sostenibilidad:

- Volumen de agua
- Calidad del agua
- Otros materiales (reactivos, materiales de infraestructura, gases de efecto invernadero, lodo)
 - Consumo de energía (por ejemplo, solar, electricidad, energía incorporada en infraestructura)
 - Costo económico (capital y trabajo)
 - Impacto ambiental (por ejemplo, los gases de efecto invernadero, efluentes, materiales para infraestructura)

Los límites de sistema del modelo incluyen el suministro de agua, el consumo de agua (residencial, comercial e industrial), la escorrentía y tratamiento de aguas pluviales, alcantarillado y tratamiento/reciclado de aguas residuales. Como estudio de caso, el modelo fue aplicado a Aurora, un innovador desarrollo de Melbourne que consta de 8.500 viviendas, una planta local de tratamiento de aguas residuales y una planta de tratamiento de agua reciclada, con doble mallado, uno para agua potable y otro para reciclada, y el tratamiento de aguas pluviales en el lugar. La gama de indicadores incluidos en este modelo es muy amplia. Sin embargo, hay una falta de consideración de los sistemas naturales: ríos, lagos, canales y aguas subterráneas. Un ejemplo de la importancia de incluir los sistemas naturales en el marco de un modelo urbano del agua es la ubicación de Sistemas de Drenaje Urbano Sostenible (SDUS), que requiere el conocimiento del nivel de las aguas subterráneas.

Jia et al. (2002) desarrollaron un modelo distribuido espacialmente que calcula el agua y balance de energía, usando un intervalo de una hora, para captaciones que incluyen el uso del suelo urbano. El objetivo principal del modelo es el componente de escorrentía de lluvia a expensas de los componentes antropogénicos. El uso de intervalos de una hora permite un análisis más detallado de los flujos máximos de aguas pluviales que un intervalo diario, pero todavía se hace exigente en la memoria del ordenador para series temporales mayores. El balance de energía se basa en los procesos naturales y no se utiliza como un indicador de sostenibilidad para las opciones alternativas de gestión del agua.

Liwatool es un Modelo desarrollado por el Institut für Automation und Kommunikation de Magdeburgo, Alemania (Robleto, Schütze y Alex, 2009) dentro del marco de un programa de cooperación técnica entre organismos alemanes y peruanos denominado Liwa (Lima – Water). Si bien no se cuentan con detalles más precisos de dicho Modelo, el mismo ofrece una serie de aspectos relevantes afines a los del presente trabajo. Es evidente que, debido a la complejidad y la heterogeneidad del sistema "Lima Metropolitana", se necesitan soluciones adaptadas e individuales. Aunque el desarrollo de los conceptos no se basa únicamente en la parte de modelado, la aplicación de modelos constituye un instrumento fuerte para la evaluación de los conceptos y sus impactos en el sistema. En este contexto, investigación también lleva a cabo sobre la adaptabilidad de las tecnologías de tratamiento para las condiciones de Perú y el desarrollo de "propiedad" de los conceptos de saneamiento. Además, adaptación a gran escala y las pruebas de las diversas tecnologías de tratamiento de aguas residuales está previsto para la fase principal del proyecto.

Liwatool puede modelar sistemas conceptuales, introduciendo ecuaciones lineales, no lineales y algoritmos dentro de un entorno de modelos de redes de procesos y recursos (MFA), siguiendo la lógica de "árboles de decisiones", pudiéndose construir escenarios y determinar estrategias a partir de la modificación de variables internas del sistema, a nivel de macro-modelo, sin distinción de condiciones territoriales más específicas. Esta herramienta permitió avanzar en la integración de los principales componentes del ciclo del agua en Lima, y a su vez, servir de soporte interactivo con actores sociales responsables del mismo, para simular situaciones de conflicto y consensuar medidas de las cuales se podía obtener resultados aportados por el modelo y ajustar los acuerdos en virtud de óptimos acordados por las partes intervinientes en dinámicas grupales diseñadas al efecto.

Hay modelos que utilizan un enfoque de a nivel de cuenca como WaterStrategyMan (Assimacopoulos, 2004), Aquatool (Solera, n.d) y Systems Modelling Rio Grande (Pasell et al., 2002). Estos por lo general tratan a los centros urbanos de una manera muy simplificada como nodos de demanda y por lo tanto no son adecuados para su aplicación a escala urbana.

WaterStrategyMan es un sistema de apoyo a las decisiones (DSS) (Assimacopoulos, 2004) diseñado para evaluar los diferentes planes de gestión del agua para regiones con escasez de agua. Genera indicadores de uso de costos, ambiental, eficiencia y recursos. La estructura básica del programa consta de nodos y enlaces. Los nodos son alimentación (superficiales, subterráneas y almacenamiento), la demanda (consuntivo y no consuntivo) y transbordo (cruces y plantas de tratamiento) y los enlaces son artificiales o conductos naturales. Los enlaces introducen dos restricciones - capacidad máxima de flujo y caudales mensuales enlace medidos. El programa opera en un paso de tiempo mensual que encuentra una solución para las diferentes prioridades de gestión:

- Minimiza el almacenamiento
- Restricciones de demanda
- Limitaciones del suministro
- Restricciones de conservación de flujo
- Limitaciones de capacidad

El programa ha sido desarrollado en Visual Basic y utiliza ArcGIS como su software de visualización. Los bajos requerimientos de datos, lo cual es la principal fortaleza de este modelo de alcance para el análisis de captación, significa que no proporciona un análisis suficiente a escala urbana.

Aquatool (Aquatool, 2015) desarrollado por la Universidad Politécnica de Valencia, España, es un GIS basado en DSS para la planificación de los recursos hídricos y la gestión operativa a escala de cuencas. Es utilizado por varios Organismos Españoles de gestión de Cuencas Hidrográficas. El modelo consta de nodos con capacidad de almacenamiento (lagos, embalses), desvío y uniones, canales naturales, acuíferos, precipitación, evaporación y pérdidas de infiltración. También cubre los usos del agua, como el riego, suministro municipal e industrial y las plantas hidroeléctricas. El módulo, SIMGES, simula el sistema en un intervalo mensual. OPTIGES, el módulo de optimización, minimiza los déficits de demanda de la suma ponderada de agua y los caudales mínimos utilizando conservación de la masa. También hay una herramienta para la evaluación de la calidad del agua en cada nodo y corriente en la cuenca. Los puntos fuertes de este modelo son la inclusión de los sistemas naturales, requerimientos relativamente ligeros de datos y el módulo de optimización. Sin embargo, no hay consideración de la energía y el costo.

Systems Modelling Rio Grande (Pasell et al., 2002) es un modelo de dinámica de sistemas basado en el balance de masa de flujos a escala de cuenca fluvial (incluidas las aguas subterráneas). Su objetivo es evaluar las estrategias alternativas de gestión del agua en términos de costo y volumen de agua en la cuenca del Río Grande, Nuevo México. Operando en un intervalo de tiempo anual, los flujos modelados incluyen precipitación, evaporación, flujo superficial, flujos de retorno de aguas residuales (el equivalente asumido al uso total del agua en interiores para uso residencial, comercial e industrial), fuga, flujo entre cuencas de agua subterránea y recarga. La demanda municipal se basa en la demanda per cápita de cuatro categorías de uso del suelo: residencial, comercial, industrial e institucional. Estos se dividen más a fondo en la demanda interior y exterior. También se tienen en cuenta las fugas asumida como el 10% de la demanda total. Se utiliza un algoritmo de crecimiento anual simple de la población. La fortaleza del modelo es la consideración de la cuenca y la reducción de requerimiento de datos, ya que opera con un intervalo de tiempo anual. También da una importante cuenta de los diferentes aspectos del paisaje urbano de muchos modelos de captación los cuales solo lo tratan como un nodo de demanda. Sin embargo, mediante el modelado de la cuenca, el nivel de descripción del área urbana aún no está lo suficientemente detallada para las necesidades de un modelo de alcance del agua urbana. El intervalo anual es demasiado extenso como para evaluar los patrones estacionales y no hay consideración del uso de energía o flujos contaminantes.

El Programa MULINO (Giupponi, Mysiak, Fasio y Cogan, 2004) toma como unidad de análisis las cuencas y sub-cuencas, partiendo como variable objetivo el nivel de captación de agua y el conjunto de variables del nivel físico-ambiental que inciden sobre la cantidad y calidad de agua. Pero dicha variable objetivo a su vez está vinculada por medio de las principales relaciones “Causa-Efecto” a un modelo socio-económico de base geográfica que incide sobre las demandas de agua. Por último, otro de los módulos del programa es una matriz de decisiones, con los respectivos pesos atribuidos a las mismas, en correspondencia interactiva con las variables de carácter socioeconómico. En virtud de las decisiones hipotéticas que se tomen, y considerando los escenarios posibles, se reflejarán las mismas en el grado de presión sobre las cuencas. Estas decisiones pueden abarcar, por ejemplo el impacto que puede causar decisiones entorno al riego para agricultura sobre los stocks de agua disponible para consumo humano o la presión que se puede ejercer sobre los estratos subterráneos y el consecuente aumento de los costos de bombeo. De esta forma se plantea la información para ser introducida a un proceso decisional que permita medir el impacto sobre la sostenibilidad de las distintas decisiones posibles, las cuales tendrán un peso relativo sobre la modificación de los estados posibles de los recursos.

De esta forma se pueden diseñar estrategias de implantación de sistemas para el uso eficiente del agua en la agricultura, re-uso de aguas servidas o reorientación de instrumentos financieros para modificar los sistemas o tipos de cultivos que tengan menor impacto sobre las demandas de agua para riego.

Un aspecto importante es la incorporación de un módulo que incorpora los fenómenos de las decisiones basados en la Ciencia de la toma de decisiones, por lo cual se puede bucear en las posibles estrategias y alternativas, simulando los procesos que las instituciones o decisores políticos realizan en los campos respectivos.

Mulino, pasa a buscar respuesta en cuanto a la incidencia del comportamiento de la demanda sobre las fuentes de captación (superficial o subterránea). Su limitación frente a los objetivos del trabajo es que lo hace en forma agregada, considerando a la totalidad de una localidad como un dato de consumo urbano. No considera el efecto sobre el medio ambiente de los tipos de vertidos emitidos. Es un programa más bien apto para soporte de decisiones (cuenta incluso con herramientas que facilitarían la búsqueda de consenso entre las partes) pero a nivel de gestión de cuencas y no a nivel urbano.

Se ha demostrado que las principales limitaciones de los modelos detallados son su limitado alcance y el requerimiento de abundantes datos. Los modelos detallados y vinculados tienen un alcance más amplio, pero pueden sufrir de problemas de integración que surgen de las diferencias en la escala de tiempo y tipo de datos y la poca precisión del modelo.

Los modelos de escala de cuenca tienen la ventaja de un amplio sistema de límites, pero no proporcionan el suficiente análisis del sistema de agua urbana a escala de asentamiento. Los programas de ámbito urbano del agua establecen un equilibrio mediante el modelado de la dinámica de la ciudad a escala que incluyen todos los procesos importantes dentro del ciclo urbano del agua, pero con menos detalle que los modelos más específicos. Esto los hace particularmente adecuados para su uso como herramientas de evaluación de la sostenibilidad de alto nivel. Las áreas clave identificadas para la mejora de los modelos de alcance de ámbito urbano de agua existentes son:

- Una mejor representación y explotación sostenible de los sistemas naturales.
- Una gama más amplia de opciones de gestión alternativa del agua, incluidos los sistemas de drenaje urbano sostenible (SUDS).
- Cálculo del consumo de energía de ciclo de vida y el costo total de vida.

3.2 Conclusión de la Revisión de antecedentes

Sin dudas los últimos diez años han sido prolíficos en cuanto a los avances de modelos que aborden la sostenibilidad del ciclo urbano del agua. Existen importantes aportes en cuanto a la identificación de indicadores, aspecto altamente relevante a la hora de precisar de qué se habla cuando se refiere a la “sostenibilidad del ciclo urbano del agua”. Los modelos presentados muestran avances importantes a la hora de generar herramientas que muestren este ciclo, ya sea como “fotografía”, en los modelos del tipo “Trust” donde se puede apreciar la multi-dimensionalidad de la sostenibilidad y fijar áreas de intervención desde los actores más relevantes con capacidad de acción en el ciclo del agua urbana.

Puede advertirse además que varios de los modelos presentados muestran avances relevantes según el “tramo” del ciclo del agua que se trate: comportamiento de las fuentes de provisión (niveles de cuenca), potabilización, distribución, redes de saneamiento, centros de tratamiento e inclusive, el plano del monitoreo y comportamiento de la calidad del agua en los cauces receptores, con establecimiento de parámetros de contaminación de los mismos.

Pero la observación de antecedentes, también lleva a una conclusión respecto a la producción de modelos: la gran mayoría de ellos hacen hincapié en aspectos de eficiencia en cuanto al flujo de agua de entrada y salida de la localidad que se trate, y no ponen el mismo énfasis en la interacción entre el sub-sistema “usuarios-barrio” del sistema. Desde la autoría de este trabajo, se formuló una hipótesis que podría verificarse con cierta facilidad: la totalidad de los modelos fueron generados en países desarrollados.

Esta nota no es un tema menor. Por una parte la incorporación de modelos en la toma de decisiones, si bien a nivel de campo seguramente no resultará masivamente incorporado, sobre todo en abastecimientos de agua de escalas urbanas menores, no deja de ser un entorno cultural y social más receptivo de este tipo de instrumentos a la hora de ser incorporados en las “cadenas de decisiones” del sector del agua y el saneamiento en esa geografía. En los países desarrollados, la incidencia de un ordenamiento urbano-territorial fuertemente planificado (puede hablarse de los últimos treinta o cuarenta años), donde antes de “habitar” se planifica y ejecuta una infraestructura de base, introducen una racionalidad particular a la hora luego de gestionar el ciclo del agua. Otro punto fundamental, tanto a nivel de usuarios como de responsables de la provisión del servicio, el agua no resulta un problema ni social ni económico que sea prioritario, pues la infraestructura necesaria ya está ejecutada y el crecimiento de las localidades está pautado según las reglas establecidas. Por lo tanto, tiene lógica que el acento de los modelos pongan su acento en optimizar el flujo de entrada y salida. De esta forma, se puede también validar una tesis del desarrollo tecnológico muy difundida en Latinoamérica: las tecnologías responden a las finalidades de las sociedades que las han generado.

Es interesante ver como en el último documento del papa Francisco sobre el cuidado del la “casa común”, nuestro planeta, hace mención explícita a esta cuestión:

“Lo que está ocurriendo nos pone ante la urgencia de avanzar en una valiente revolución cultural. La ciencia y la tecnología no son neutrales, sino que pueden implicar desde el comienzo hasta el final de un proceso diversas intenciones o posibilidades, y pueden configurarse de distintas maneras”. (Francisco, 2015)

Por lo tanto, el cometido de este trabajo de desarrollar un modelo de la sostenibilidad del ciclo del agua, que refleje la particularidades salientes de los abastecimientos de agua de regiones en vías de desarrollo, es un aporte de por sí válido y una originalidad necesaria para dar una respuesta confiable a la necesidad de tomar decisiones en un marco altamente heterogéneo y contradictorio.

Cuando el crecimiento de las localidades de los últimos treinta a cuarenta años se realizó bajo la presión de la lógica de “primero habito”, fruto de la presión migratoria del campo a la ciudad, la configuración de equipamientos, infraestructura y servicios genera un impacto propio para la región. Este “habitar primero” han desencadenado el resto de medidas, muchas veces provisorias y coyunturales, para mejorar la vida de familias carentes de todo tipo de servicio de infraestructura, entre ellas la del agua y el saneamiento.

El modelo que se desarrolla busca presentar primero la lógica desigual bajo la cual se brinda un servicio con estándares diversos según el punto del término municipal donde uno se ubique. También se aspira a presentar que dadas condiciones particulares socio-económicas, no todos los sectores sociales están en condiciones de permanecer en el sistema de manera ventajosa, donde la equidad, como componente de la sostenibilidad, corre sus riesgos.

Para un planteo de estas características inciden no solo aspectos vinculados a la dinámica poblacional como único exponente de las condiciones de demanda, sino la introducción de los aspectos socio-económicos que inciden sobre ella y sobre las posibilidades reales de mantenerse en un sistema sostenible.

Es indispensable por lo tanto, una visión interactiva de las principales variables de los subsistemas sociales y económicos que incidirán tanto en la instalaciones y artefactos como en la capacidad de absorber una tarifa que lo mantenga dentro del servicio.

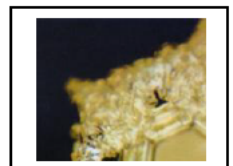
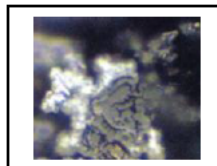
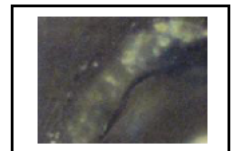
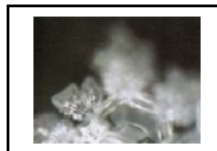
Esta dinámica por lo tanto incidirá también sobre las posibilidades reales de establecer sistemas centralizados o mixtos de tratamiento que permitan una incidencia progresivamente menos agresiva para las condiciones del medioambiente receptor.

¿Esto significa invalidar todos los otros modelos presentados previamente?. La pregunta admite dos respuestas:

Si. Siempre que se tome el modelo como “paquete llave en mano”. En ese caso se tendrá un modelo que no refleja la realidad que se busca comprender, y por lo tanto no apto (parcial o totalmente) a representar dicha realidad.

No. Si se toman aspectos de los modelos presentados que resuelvan en forma satisfactorias aspectos del ciclo urbano del agua, compatibles o equivalentes a estas regiones en desarrollo y que permitan integrarse a modelos “locales”. Estaríamos en presencia entonces en “modelos para armar”.

En la sintonía de esta segunda opción, vale la pena destacar el ejemplo presentado de Liwa, donde el modelo formó parte de un proceso de cooperación más amplia, con interacción entre los expertos locales con los cooperantes extranjeros para establecer reglas de modelado lo más aproximadas a las realidades locales y la incorporación de dicha herramienta resultante a un proceso de toma de decisiones compartido. En la misma línea pero dentro de la dinámica de la gestión de la cuenca del Río Grande, se encuentra el trabajo de Passel et. al.



Capítulo 4

ASPECTOS METODOLÓGICOS



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

4. Aspectos Metodológicos

4. Introducción al Capítulo

Basados en las definiciones conceptuales que limitaron el objeto de estudio con precisión, es hora de presentar los principales pasos metodológicos que serán necesarios establecer para cumplir con el objetivo general de esta Tesis. Vale entonces definir el producto que se espera arribar al final de dicho proceso, a modo de una “iteración” que permita una correspondencia ajustada entre “proceso y producto”.

- Se tienen definido el “Ciclo Urbano del Agua Sostenible” a partir de los Objetivos de Preservación y Servicio enunciados en el anterior capítulo.
 - Se pretende desarrollar un Modelo, o sea, una abstracción de dicho “Ciclo Sostenible”.
 - Dicho Modelo tendrá como “Variable Objetivo” la identificación de Áreas Urbanas donde el Ciclo del Agua se presente como Sostenible en diversos grados según el grado de cumplimiento de los objetivos de preservación y servicio mencionados.
 - El Modelo deberá abarcar una unidad territorial que permita identificar en un término (ejido en Argentina) municipal la diversidad de situaciones existentes, desde las Áreas Sostenibles hasta las Insostenibles.
 - Dicho Modelo será concebido como una herramienta, un soporte para la toma de decisiones locales que permita abordar la planificación del sector del agua y el saneamiento con un enfoque de sostenibilidad.
 - Por el punto anterior, será de gran utilidad distinguir las principales variables que operan en dicho Modelo y de qué manera influyen sobre la sostenibilidad del Ciclo Urbano del Agua, a los efectos de operar con estrategias pertinentes sobre los sectores “insostenibles” ante las probables condiciones de escenarios futuros que puedan registrarse a nivel local.
-
- Por último, y en consonancia con el enfoque humanista explicitado en el Marco Teórico, el Modelo será una herramienta perfectible y al servicio de los principales actores intervinientes en el sector del agua, buscando establecer

condiciones equitativas de servicio, según lo expresa la definición misma de sostenibilidad.

4.1 Teoría General de Sistemas, Complejidad y Sistemas Vivientes centrados en el uso común.

El trabajo realiza una opción por la Teoría General de Sistemas (TGS) como enfoque pertinente del objeto de estudio. A continuación se presentan los principales “signos de identidad” de la TGS y su pertinencia para abordar la complejidad.

Para ello, se creyó conveniente, basarse en los conceptos que definen la TGS en boca de uno de sus fundadores, el biólogo y filósofo Ludwig von Bertalanffy (1901-1972), quien se remonta al Aristóteles para destacar como síntesis de la TGS la reconocida expresión “el todo es más que la suma de las partes”: “El dictum aristotélico “el todo es más que la suma de las partes”, es una definición aún válida, del problema sistémico fundamental. Aunque la teleología aristotélica fue eliminada en el desarrollo ulterior de la ciencia occidental, los problemas que implicaba, como el del orden y directividad según metas de los sistemas vivos, fueron negados o dejados a un lado, pero no resueltos, de modo que siguen todavía en pie”. (Von Bertalanffy, 1992)

Si bien desde la Antigüedad se reconoce a Aristóteles como precursor de la necesidad de abordar las partes y sus interrelaciones como forma apropiada de conocer la realidad, la Ciencia descartó desde el principio este camino: “La ciencia, empero, no estaba preparada para tratar este problema. La máxima segunda del Discurso de la Méthode cartesiano era “descomponer cada cuestión en tantos elementos simples como fuera posible”. Esto también formulado por Galileo como el método “resolutivo” ha sido el “paradigma” conceptual de la ciencia desde sus orígenes hasta el trabajo experimental que se realiza en los laboratorios actualmente: resolver y reducir los fenómenos complejos en procesos y partes elementales.” (Von Bertalanffy, 1992)

Sin embargo, es bueno destacar que von Bertalanffy reconoce esferas donde el método cartesiano logró avances sorprendentes, pero su contribución sistémica más destacada aparece para el abordaje de lo que más adelante se denominaran “problemas complejos”.

“Este paradigma funcionó admirablemente mientras los eventos observados se dejaban descomponer en cadenas causales aisladas, o sea, en relaciones entre dos o pocas variables. Así fue posible el éxito enorme de la física y de la tecnología a la que aquella dio lugar. Pero quedaban sin resolver los problemas que implicaban muchas variables. Tal era el caso del problema de los tres cuerpos en mecánica, y no digamos ya de la organización del organismo vivo o del átomo, fuera del elementalísimo sistema protón-electrón del hidrógeno”. (Von Bertalanffy, 1992) (138).

Sin dudas la problemática que aportan los organismos vivos muestra desde la biología una evidencia que abarca sin dudas al hombre como parte de los ecosistemas, objeto directamente relacionado con el que nos ocupa en este trabajo:

“El dictum aristotélico de que el todo es más que sus partes, que fue ignorado por la concepción mecanicista y condujo a la demonología del vitalismo, tiene una respuesta sencilla e incluso trivial; aunque trivial solo en principio, porque su elaboración plantea inúmeros problemas: Las propiedades y modos de acción de los niveles superiores no

pueden explicarse por la suma de las propiedades y modos de acción que corresponden a sus componentes considerados aisladamente. No obstante, es posible llegar a los niveles más elevados partiendo de los componentes, si se conoce el conjunto de componentes y las relaciones que existen entre los mismos (Problems of life, 1952)". (Von Bertalanffy, 1992)

La consideración de tomar las partes y sus interrelaciones como un todo para su estudio, nos dirige a la noción de complejidad. Edgar Morin resalta lo "complejo" como aquello que es imprescindible abordar para reconocer el tejido de la realidad. La define de la siguiente manera:

¿Qué es la complejidad? A primera vista la complejidad es un tejido (complexus: lo que está tejido en conjunto) de constituyentes heterogéneos inseparablemente asociados: presenta la paradoja de lo uno y lo múltiple. Al mirar con más atención, la complejidad es efectivamente, el tejido de eventos, acciones, interacciones, retroacciones, determinaciones, azares que constituyen nuestro mundo fenoménico (Morin, 1998).

Justamente en su visión crítica del conocimiento científico de corte mecanicista, Morin expresa un duro juicio de valor: ceguera: "Así es que la complejidad se presenta con los rasgos inquietantes de lo enredado, de lo inextricable, del desorden, la ambigüedad, la incertidumbre... De allí la necesidad, para el conocimiento, de poner orden en los fenómenos rechazando el desorden, de descartar lo incierto, es decir, de seleccionar los elementos de orden y de certidumbre, de quitar ambigüedad, clarificar, distinguir, jerarquizar.. Pero tales operaciones, necesarias para la inteligibilidad, corren el riesgo de producir ceguera si eliminan a los otros caracteres de lo complejo; y, efectivamente, como ya lo he indicado, nos ha vuelto ciegos". (Morin, 1998)

Se creyó apropiado destacar como Morin, dentro de diversos enfoques que bucean formas de abordar la complejidad, destaca a la TGS como pertinente para abordarla:

"La virtud sistémica es:

- a) haber puesto en el centro de la teoría, con la noción de sistema, no una unidad elemental discreta, sino una unidad compleja, un "todo" que no se reduce a la "suma" de sus partes constitutivas;
- b) haber concebido la noción de sistema, no como una noción "real", ni como una noción puramente formal, sino como una noción ambigua o fantasma.
- c) Situarse en un nivel trans-disciplinario que permite concebir, al mismo tiempo, tanto la unidad como la diferenciación de las ciencias, no solamente según la naturaleza material de su objeto, sino también según los tipos y las complejidades de los fenómenos de asociación/ organización." (Morin, 1998)

Justamente es destacable el último punto en virtud del objeto de estudio que interesa abordar. No se trata solo de verificar las condiciones hidráulicas de comportamiento de una determinada red. Se busca avanzar en las interrelaciones de todo el Ciclo del Agua según el sentido planteado de sostenibilidad, abarcando aspectos de índole social, constructivo, ambiental, económico, que en la medida que puedan identificarse experimentalmente sólidas interrelaciones, podrán definir las condiciones de sostenibilidad buscadas. Si bien, es interesante atender a ciertas desviaciones de la TGS que observa Morin:

“Podríamos decir, de la Teoría de Sistemas, que ofrece un aspecto incierto para el observador exterior y, para aquel que penetra en ella, revela al menos tres facetas, tres direcciones contradictorias. Hay un sistemismo fecundo que lleva en sí un principio de complejidad; hay un sistemismo vago y plano, fundado sobre la repetición de algunas verdades asépticas primeras (“holísticas”) que nunca llegarán a ser operativas, está, finalmente el “system analysis”, que es equivalente sistémico del engineering cibernético, pero mucho menos fiable, y que transforma el sistemismo en su contrario, es decir, como el término analysis indica, en operaciones reduccionistas.” (Morin, 1998)

Poniendo atención al último aspecto, esperar que el sistema identificado represente la única verdad objetiva representante de la realidad, es sin dudas una desviación, no solo que puede alcanzar a quienes consagran sus esfuerzos en el desarrollo de “modelos sistémicos”, sino también a quienes los demandan y utilizan como instrumentos para su toma de decisiones. Ante esta “deformación”, el mismo Morin plantea pistas de cómo, según su visión, deberían asumirse los avances en el conocimiento desde el punto de vista sistémico: “La patología de la razón es la racionalización, que encierra a lo real en un sistema de ideas coherentes, pero parcial y unilateral, y que no sabe que una parte de lo real es “irracionalizable”, ni que la racionalidad tiene por misión dialogar con la irracionalizable. (Morin, 1998)

En los términos de este trabajo, un sistema como abstracción de una realidad compuesta por componentes (factores, variables) y sus interrelaciones, es un avance en el conocimiento de lo complejo que, en forma provisional, debe entrar en diálogo con la realidad que lo abarca y que lo vuelven perfectible. Esta condición es coincidente con los conceptos de participación vertidos en el Marco teórico, donde dicho “diálogo” inclusive abarca a factores externos al conocimiento experto.

Esta idea de “construcción de un sistema que exprese cada vez más transparencia” de las características de la realidad que se busca representar, es compatible con lo que sostenían científicos sistémicos de la primera hora. Milsom habla de especialización y cooperación de los sistemas vivientes, que inclusive, serviría de antecedente al esquema presentado en pagina (). “Al nivel de las especies, la especialización tiene lugar en el contexto del relleno, según la manera más eficaz de unos nichos ecológicos particulares. El proceso de especialización llega incluso a optar por cualquier complejidad que proporcione un mejor funcionamiento. Como tal, la cooperación incluye también las distintas adecuaciones simbióticas por las que distintos organismos obtienen un beneficio mutuo”. (Von Bertalanffy, Ross, Ashby, Weinberg et.al., 1987)

Ahora bien, el concepto volcado por Milsum no solo es aplicable a aspectos vinculados a la cooperación y especialización para lograr que una determinada especie pueda sobrevivir y reproducirse, sino también a la utilización de la tecnología como forma de respuesta a problemas que surgen de las condiciones de vida de la sociedad humana y sus siempre nuevos desafíos. Hay un ejemplo de carácter muy gráfico al respecto:

“Es interesante resaltar que este proceso de especialización y complejidad crecientes tiene un paralelo en la ingeniería. Así la capacidad de diseño inicial suele ampliarse, o “estirarse”, a medida que pasa el tiempo, y esta mejora se obtiene casi siempre por refinamientos sucesivos, que de hecho complican el sistema. Así el turborreactor para la propulsión de aviones se hizo más complicado añadiendo refinamientos tales como controles automáticos, post-combustión, partes rotativas múltiples y de distintas velocidades, “inyección” de algún flujo de gas, inversión del empuje y equipos de reducción de sonidos” (Von Bertalanffy et. al, 1987)

Este proceso de diálogo, especialización y cooperación para que se dé lugar, tiene que contar como punto de partida con un sistema inicial confiable sobre el cual poder basar dicho proceso: “La viabilidad del sistema más complejo depende de un modo característico de la fiabilidad del diseño básico, que tiene que ser excelente, antes de que se hagan los añadidos sucesivos, necesiéndose una comprobación de fiabilidad del sistema a cada paso.” (Von Bertalanffy et. al, 1987)

El sistema que ocupa este trabajo tiene una característica distintiva: está centrado en un recurso del cual depende que el “subsistema viviente”, dentro del cual obviamente se encuentra la sociedad humana, es de “uso común”. El planteo de Milsum, utilizando la expresión de Hardin “la tragedia de los comunes”, es por demás aplicable a la condición de entorno de cambio climático a que se ve sujeto el Ciclo Hidrológico y su introducción a una etapa de cambios que amenazan con la estabilidad propia que dio lugar a la vida sobre la Tierra:

“En esta situación los bienes comunes representan un recurso aprovechado en común por unos individuos. Cada uno puede disponer de este recurso, y no surge ningún problema hasta que se hace “escaso”. Si cada individuo continúa actuando como una unidad, su mejor estrategia es aspirar a una mayor parte del recurso. Sin embargo, esto se aplica a todos, y por tanto la cantidad o calidad del recurso común desciende rápidamente a cero, para la ruina mutua de todos los concernidos. Así de nuevo, como en la teoría de juegos, hay que hacer cumplir unas restricciones en los subsistemas, para que se pueda realizar el bien común.” (Von Bertalanffy et. al, 1987)

Por lo tanto, a los aspectos de especialización y cooperación vertidos precedentemente, el sistema en estudio deberá considerar la necesidad de introducir parámetros de control que impliquen restricciones que mantenga un acceso de todos al recurso. Sin dudas que parámetros y ejercicio del control son atributos que deben ser ejercitados por entes jerárquicos que puedan hacer cumplir con las restricciones y el acceso de todos.

”Cuando una sociedad civilizada ha sido satisfactoria, ha regulado también los juegos intra-sociales para poder obtener así los resultados deseado para el provecho mutuo de sus miembros, en vez de enfrentarse a las condiciones en donde “todos pierden” de la guerra y el caos.” (Von Bertalanffy et. al, 1987)

Por último, Milsum aporta un esquema sistémico de retroalimentación que sintetiza este esfuerzo conceptual de plantear el objeto de estudio dentro del campo de la TGS. Este esquema es muy afín al ya planteado inicialmente por el IPCC como base de las políticas adaptativas ya mencionadas:

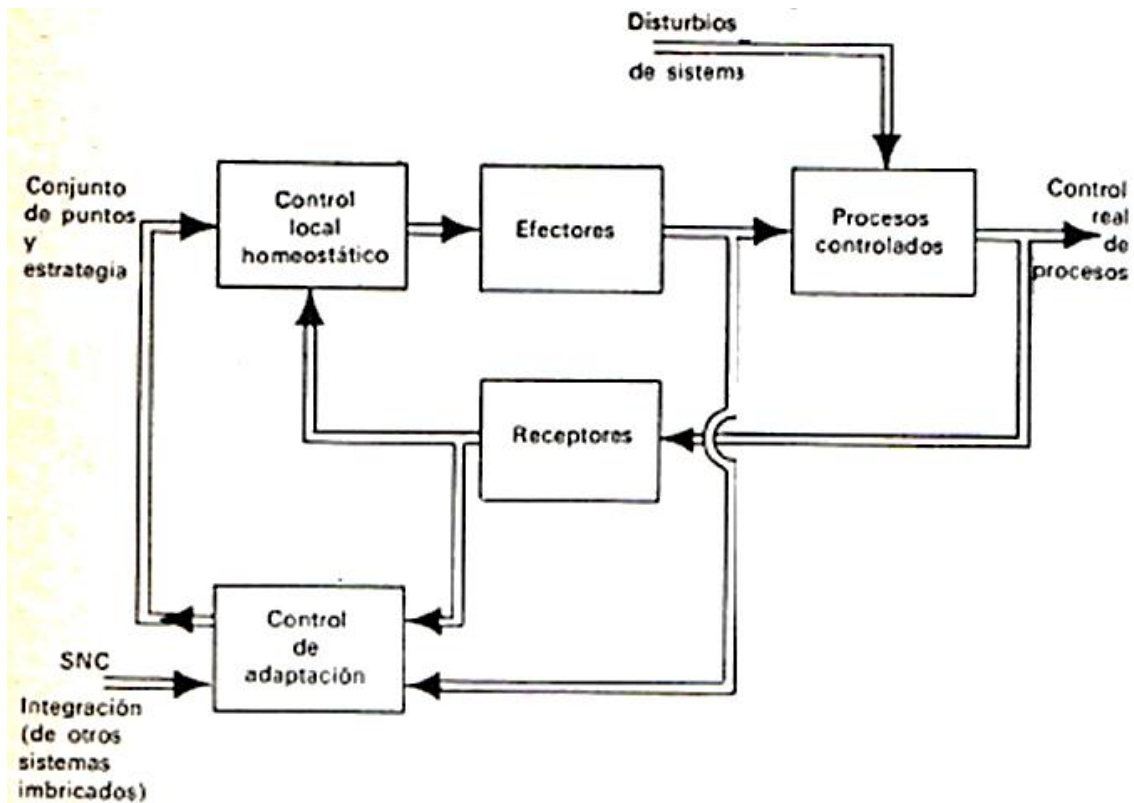


Figura 1. Sistema Homeostático de retroalimentación negativa, con control adaptativo (Von Bertalanffy et. al, 1987)

“La figura 1 muestra en su lazo superior de retroalimentación la complejidad mínima necesaria para un control homeostático (...) En general existen múltiples variables y componentes por lo que hay que entender cada línea de flujo de información como un vector. (...) Es esta naturaleza multivariable del control la que da lugar a la posibilidad de que alguna estrategia particular de control, entre el conjunto disponible, sea óptima.” (Von Bertalanffy et. Al, 1987)

Como se verá en el Capítulo 7, el énfasis puesto en este trabajo en definir el SubSistema “Consumo de Agua”, parte del hecho de conocer la naturaleza particular de la misma que permitiese construir estrategias de control, ante la obvia imposibilidad de modificar a voluntad las variables climáticas que antaño mantuvieron estable el Ciclo Hidrológico. Lo que Milsum denomina “control óptimo”, para este trabajo, queda expresado en los términos de sostenibilidad.

4.2 Metodología General para el desarrollo de Modelos de Simulación según la TGS

4.2.1 Algunas definiciones de interés aplicables al trabajo

Estas definiciones son una recopilación realizada por Sanz García, M. y Caselles Moncho, A. (2014) que reflejan sintéticamente un muy útil “glosario sistémico” que orientarán al lector a la hora de comprender los principales componentes y procedimientos del trabajo.

La metodología de la Teoría de Sistemas sigue los pasos del método científico (Arnold et al., 1998):

- observación dentro del ambiente del comportamiento de un sistema real,
- identificación de los componentes y procesos fundamentales del mismo,
- identificación de las estructuras de retroalimentación que permiten explicar su comportamiento,
- construcción de un modelo formalizado sobre la base de la cuantificación de los atributos y sus relaciones,
- introducción del modelo en un computador,
- trabajo del modelo como modelo de simulación.

La aplicación de la Teoría General de Sistemas al campo de la construcción de modelos de simulación por ordenador, implica el manejo de ciertos conceptos básicos, a saber:

Ambiente (Arnold et al., 1998)

Se refiere al área de sucesos y condiciones que influyen sobre el comportamiento de un sistema siendo externos a él. Cuando se da esta situación el sistema se califica de “abierto”, y en caso contrario de “cerrado”. La única posibilidad de relación entre un sistema y su ambiente implica que el primero debe absorber selectivamente aspectos de éste y/o influir selectivamente sobre otros aspectos de este (en caso contrario no se distinguiría del mismo). Sin embargo, esta estrategia tiene la desventaja de especializar la selectividad del sistema respecto a su ambiente, lo que disminuye su capacidad de reacción frente a los cambios externos y puede conducir a su desaparición o provocar su aparición.

Tipos de sistemas (Caselles, 2008):

- Sistemas físicos: Se trata de sistemas compuestos por maquinaria, objetos y cosas reales.
- Sistemas abstractos: Se trata de sistemas compuestos por conceptos, planes, hipótesis e ideas.
- Sistemas abiertos: Se trata de sistemas que importan y procesan elementos de sus ambientes y esta es una característica propia de todos los sistemas vivos. Que un sistema sea abierto significa que establece intercambios permanentes con su ambiente, intercambios (también llamados flujos) que determinan su equilibrio, capacidad reproductiva o continuidad.

- Subsistema: Se entiende por subsistemas los conjuntos de elementos y relaciones que responden a estructuras y funciones especializadas dentro de un sistema mayor que los incluye. En términos generales, los subsistemas tienen las propiedades de los sistemas (son sistemas) y su delimitación es relativa a la posición o conveniencia del observador. Así, se puede hablar de subsistemas, sistemas o supra-sistemas, en tanto éstos posean las características sistémicas.

Componentes de los Sistemas

- Frontera, es el límite físico del sistema dentro del resto del universo.
- Elementos (Arnold et al., 1998), son las partes o componentes que constituyen el sistema. Estas pueden referirse a objetos o procesos.
- Input (entradas), son recursos del ambiente que se requieren para dar inicio a las actividades del sistema.
- Output (salidas), son aportaciones del sistema a su ambiente. Los outputs pueden diferenciarse según su destino en servicios y retroinputs.

Procesos

- Alcance, es la capacidad de alcanzar o cubrir un objetivo determinado.
- Energía, (Arnold et al., 1998) La energía que se incorpora a los sistemas se comporta según la ley de la conservación de la energía, lo que quiere decir que la cantidad de energía que permanece en un sistema es igual a la suma de la energía importada menos la suma de la energía exportada.
- Estructura, (Arnold et al., 1998) Las interrelaciones más o menos estables entre las partes o componentes de un sistema, que pueden ser verificadas (identificadas) en un momento dado, constituyen la estructura del sistema. Según (Buckley, 1973) las clases particulares de interrelaciones más o menos estables entre los componentes que se verifican en un momento dado constituyen la estructura particular del sistema en ese momento, alcanzando de tal modo una suerte de "totalidad" dotada de cierto grado de continuidad y de limitación. En algunos casos es preferible distinguir entre una estructura primaria (referida a las relaciones internas) y una hiper-estructura (referida a las relaciones externas).

Modelo

Un modelo es un constructo (físico y/o lógico-matemático y/o informático) realizado por un observador externo, desde una perspectiva concreta o con un objetivo concreto, que trata de representar o reproducir la estructura y/o comportamiento de un sistema real de manera simplificada, para facilitarle la realización de pruebas o experimentos que realizados sobre el sistema real podrían ser difíciles, costosos, lentos o peligrosos.

Simulación

Es la reproducción con y en un modelo del comportamiento que se espera tenga el sistema real correspondiente bajo ciertas condiciones determinadas por el observador.

Normalmente la simulación es la finalidad que persigue la modelización. Bien conocidos son como ejemplo los simuladores de vuelo o de coches de carreras para entrenamiento de pilotos y los simuladores de empresa para entrenamiento de ejecutivos o gerentes. En este último caso posiblemente no incluirían parte mecánica alguna, quedando materializados únicamente como programas de ordenador o aplicaciones informáticas.

Relación

Las relaciones entre los elementos de un sistema y su ambiente son de vital importancia para la comprensión del comportamiento de sistemas vivos. Las relaciones pueden ser recíprocas o unidireccionales.

4.2.2 Etapas generales para la Construcción de Modelos de Simulación

Estas etapas son las identificadas, aplicadas y transmitidas por el Dr. Antonio Caselles Moncho y el Grupo de Sistemas Generales de la Universidad de Valencia en el Departamento de Matemáticas Aplicadas de la Facultad de Matemáticas (Créditos de Libre opción realizados por el autor durante su formación doctoral) . Actualmente se imparte en el Master en Gestión de la Complejidad y Ciencias de Sistemas de la Universidad de Valencia.

El paso inicial es el de la descripción del problema real, identificando los principales factores intervinientes, describiendo comportamientos, y visualizando “cuellos de botella” o situaciones de conflicto que ameriten un desarrollo particular. De allí se irá definiendo también los objetivos que perseguirá el modelo que se busca desarrollar.

Etapas 1. Se trata de la elección de variables. Al estudiar el problema seleccionado debemos observar detenidamente cuáles son los elementos que intervienen en el mismo y así listarlos. La forma elegida en nuestra metodología es la siguiente:

AAAA Definición de la variable [unidades] (tipo de variable) las primeras cuatro letras mayúsculas serán siglas que nos permitirán identificar de forma rápida y clara a cualquier variable, tras ellas se define, entre corchetes, su unidad de medida y por último, entre paréntesis se indicará el tipo de variable. Los tipos los explicaremos en la Etapa 2 de esta construcción del modelo conceptual.

A continuación se identifican los tipos del resto de las variables al tiempo que las relaciones de dependencia o influencia entre las mismas. Para ello es de gran ayuda el diagrama hidrodinámico o diagrama de Forrester. Sin duda que la primera lista que se elabore será incompleta y con variables equivocadas pero esto se corregirá en las etapas sucesivas del proceso de modelización.

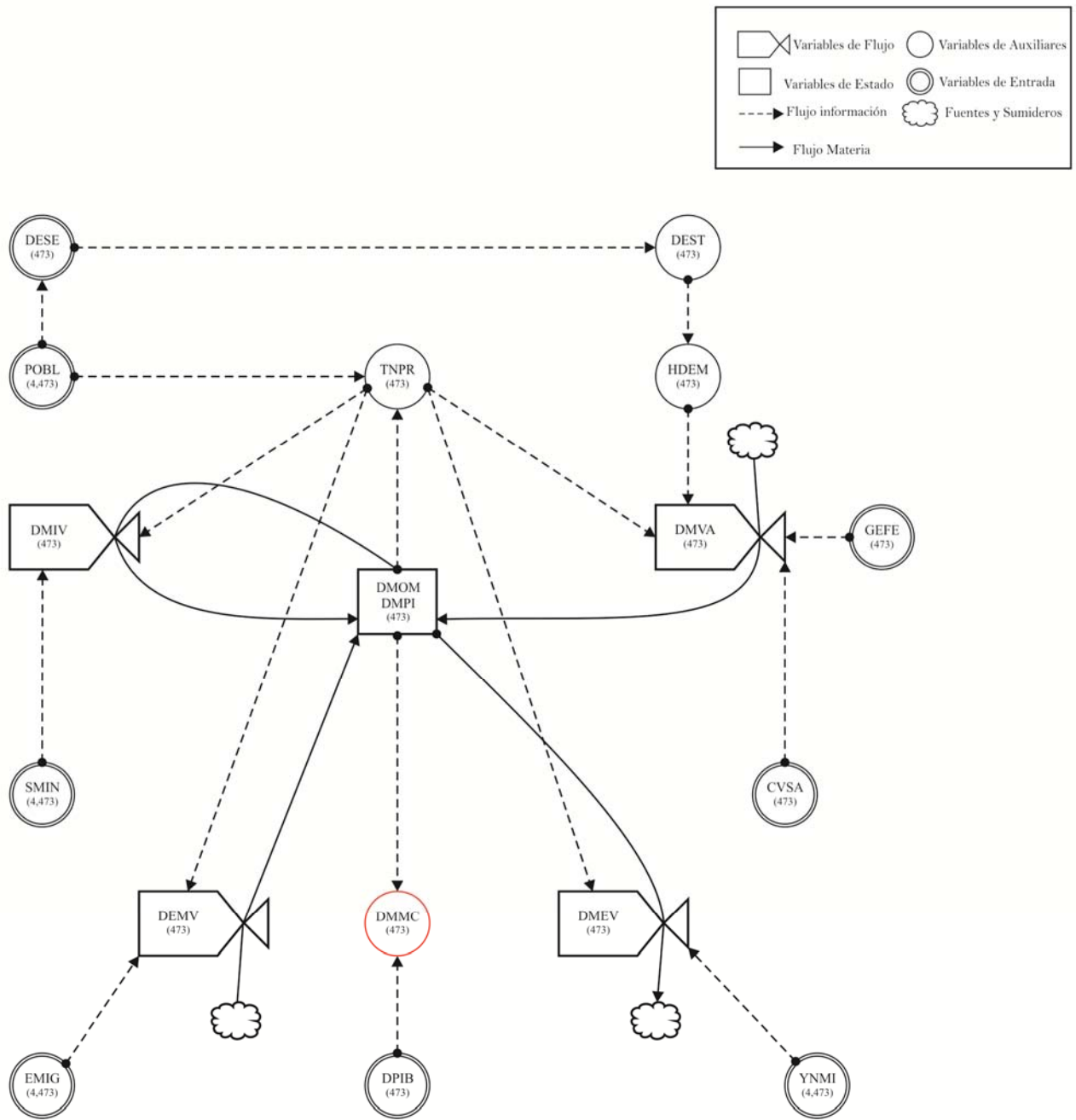


Figura 2. Ejemplo de un Diagrama de Forrester de Estudio
Fuente: Elaboración Propia

Etapa 2. Consiste en identificar las relaciones causa-efecto entre las variables definidas. Para ello se hace uso del diagrama hidrodinámico, también llamado Diagrama de Forrester. Es el diagrama característico de la Dinámica de Sistemas. Sirve para tener una idea visual de las relaciones entre las variables involucradas en el modelo.

El conjunto de variables y tipos de flujos tienen una representación gráfica que en su conjunto conforman el Diagrama de Forrester. El mismo queda presentado en la siguiente tabla:

		Modelos generales	Modelos SD	
			Denominación	Representación
Elementos	Variables	Endógenas o dependientes	Nivel	
			Flujo	
			Variable auxiliar	
		Exógenas o independientes	Variable exógena	
			Fuente o sumidero	
	Parámetro	Tasa o parámetro		
	Redes de comunicación	Sistema	Canal de material	
Canal de información				
Retardo	Retardo			
Bucles de realimentación	Bucles de realimentación			
Diagrama causal o de influencias	Diagrama de Forrester			
Ecuaciones	Ecuaciones	$A = A + DT(C);$ $C = F(A, B);$ $B = G(A, M)$		

Tabla 1. Correspondencia entre elementos y símbolos en el diagrama de Forrester (López Díaz-Delgado y Martínez Vicente, 2000)

Quede claro que igual que a la lista de variables definitiva no se llega al primer intento al diagrama de Forrester tampoco. También es normal que aparezcan nuevas variables que habrá que añadir a la lista elaborada en la Etapa I.

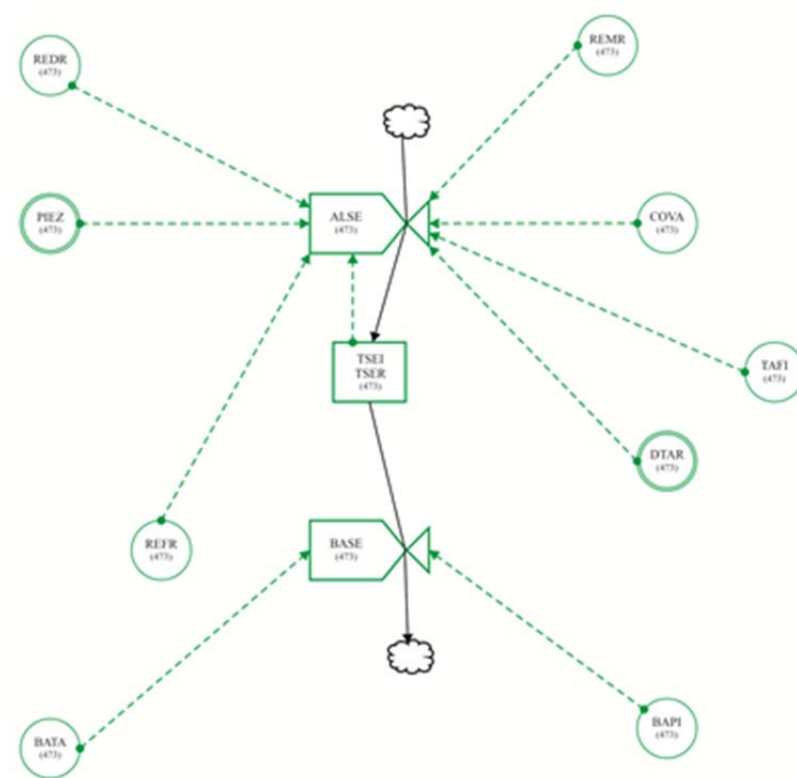


Figura 3. Ejemplo de un Diagrama de Forrester
Fuente: Elaboración propia

Etapa 3. En esta etapa se trata de buscar datos históricos de las variables de entrada del modelo, porque con estos datos son con los que se iniciará la verificación y validación del modelo y también la simulación de situaciones futuras. Además se deberán intentar encontrar datos históricos de algunas variables auxiliares o de salida del modelo; datos estos necesarios para la verificación y validación.

Etapa 4. En esta etapa se trata de encontrar las relaciones lógico-matemáticas entre las variables del modelo.

Variables implicadas
COFI Costo Financiado de Instalaciones por Semestre
TIIN Tipo de Interés vigente para financiar Mejoras de Instalaciones
PLAC Plazo de extensión del Crédito
YNVE Inversión necesaria en instalaciones
Dimensiones
NMAN Numero de manzanas (473)
NUCO Numero de componentes de las Tipologías de Instalaciones para el Acceso al Agua (5)
TIIN y PLAC: sin dimensión
Ecuación que define a COFI
$COFI(i1, i2) = (YNVE(i1, i2) * TIIN) / PLAC$

Tabla 2. Ejemplo de determinación de ecuaciones.

Fuente: Elaboración Propia

4.3 Aplicación de la Metodología al Objeto de Estudio

El paso inicial es el de la descripción del problema real, tema que ocupó en este trabajo el Capítulo 2. A los efectos de traerlo a la memoria del lector, el Problema Real queda definido por el concepto de sostenibilidad aplicado al Ciclo Urbano del Agua (CUA), expresado por condiciones de Preservación y Servicio que debe cumplir el CUA para que en todo el término municipal pueda verificarse su cumplimiento total, parcial o nulo. Además, dichas condiciones serán verificadas según las características particulares de un Municipio de Referencia de una región en vías de desarrollo.

Un aspecto destacable en este punto ha sido el siguiente: ha resultado altamente demandante el esfuerzo de búsqueda de información en el primer tramo de ejecución del programa de trabajo. Se produjo, como genéricamente ya se expuso, un proceso de iteración entre la información capturada y el diseño del modelo. Para tener una idea de lo abarcativa que resultó esta búsqueda de información se diseñó una tabla, que contiene información sinóptica de los temas que a priori comprenden las áreas de búsqueda de información. A los efectos de concentrar al lector en el eje fundamental del trabajo, se decidió solo incorporar información imprescindible para comprender el Modelo finalmente obtenido. Dicha tabla figura en el punto siguiente.

En cuanto al aporte de Información secundaria, fue fundamental el aporte realizado por la Cooperativa de Agua y Saneamiento de Fontana, brindando información básica sobre el historial de consumos registrado con micro-mediciones en buena parte del territorio municipal.

Por otra parte, se detectó una importante carencia en lo que constituyó el conocimiento a nivel de usuarios residenciales de los servicios de agua y saneamiento de las condiciones de consumo de agua potable y emisión de agua residual en todo el término municipal. Por lo tanto el proceso de Relevamiento de información primaria con su Base de Datos relacional resultante constituyó un importante esfuerzo organizativo y ejecutivo, lo cual implicó inclusive el diseño, gestión y rendición de un Proyecto de Cooperación que financió oportunamente el Centro de Cooperación al Desarrollo de la UPV (CCD), con el cual se sufragaron los gastos que implicó la ejecución de la encuesta y el diseño de la base de datos.

Como podrá verificarse, una vez ajustado el Modelo, se utilizaron un conjunto de aplicación y programas informáticos para alcanzar el producto final perseguido. De cada uno se mencionan solo los aspectos relevantes que hace a las operaciones ejecutadas durante la ejecución del Plan de Trabajo.

También se contó con el aporte de personal experto en estadísticas, quienes participaron puntualmente en la resolución de aspectos específicos y cuya intervención está debidamente documentada en las etapas correspondientes.

4.3.1 Relevamiento de Información Secundaria

A continuación se presenta una tabla que identifica los factores que, a partir del marco teórico fueron identificados como implicados en el objeto de estudio y que por lo tanto, pasarían a conformar parte de la búsqueda de información vinculada a cada punto. A partir de este amplio abanico se organizó punto por punto la búsqueda de antecedentes en los organismos identificados en la última columna como responsables o vinculados a cada factor interviniente en el Ciclo Urbano del Agua.

COMPONENTE	ASPECTOS	FACTORES	ACTOR SOCIAL DE CONTROL
1. CONSUMO EFECTIVO DEL AGUA M3/Hab. / Unidad de tiempo Cantidad de Agua necesaria de ser consumida por UCE	1.1 TIPO DE PROVISIÓN DE AGUA POTABLE Categorías de Servicio según fuente y/o formas de provisión: * Conexión domiciliaria * Canilla pública * Cisterna Pública * Agua de Lluvia (domic) * Agua de acuífero * Compra de agua	1.1.1 Existencia de Servicio de Agua Potable en el sector (¿Costo oportunidad?)	Responsable del Servicio (Empresa /Cooperativa)
		1.1.2 Tarifa del Servicio	Responsable del Servicio (Empresa /Cooperativa) Ente regulador (o entidad afín)
		1.1.3 Costo de conexión	Responsable del Servicio (Empresa /Cooperativa)
		1.1.4 Recursos económicos estimados de la UCE	Unidad de Consumo y Emisión
		1.1.5 Costo de las soluciones domiciliarias	Mercado local de la construcción
		1.1.6 Costo del agua de consumo comercial	Mercado Formal- Informal del agua (potable/mineral) y el saneamiento
		1.1.7 Distancia de la parcela al lugar de provisión	Unidad de Consumo y Emisión
		1.1.8 Existencia de Acuíferos para consumo humano	Condiciones naturales
		1.1.9 Caudal de los cursos de agua	Condiciones naturales
		1.1.10 Precipitaciones locales	Condiciones naturales
		1.1.11 Legislación vigente	Municipio
		1.1.12 Control de las soluciones domiciliarias (Grado de exclusividad de las soluciones)	Municipio

Tabla 3. Aspectos y factores que influyen en los consumos y emisión de aguas residuales a nivel de usuario (UCE) – Objetos de Estudio con Información Secundaria

Fuente: Elaboración Propia

COMPONENTE	ASPECTOS	FACTORES	ACTOR SOCIAL DE CONTROL
1. CONSUMO NECESARIO DE AGUA M3/Hab. / Unidad de tiempo Cantidad de Agua necesaria de ser consumida por UCE	1.2 TIPO DE INSTALACIÓN DOMICILIARIA Categorías según su capacidad de consumo: * Consumo Elevado * Consumo Medio * Consumo Bajo	1.2.1 N° de Artefactos	Unidad de Consumo y Emisión
		1.2.2 Funciones de los Artefactos	Unidad de Consumo y Emisión
		1.2.3 Consumo de los artefactos	Mercado Local de la Construcción
		1.2.4 Calidad de los artefactos	Mercado Local de la Construcción
		1.2.5 Costos (Materiales y mano de obra)	Mercado Local de la Construcción
		1.2.6 Conocimientos técnicos	Programas sociales
		1.2.7 Financiación	Mercado Local de la Construcción
			Programas sociales
		1.2.8 Forma de cobro del consumo de agua	Responsable del Servicio (Empresa /Cooperativa)
		1.2.9 Hábitos Sanitarios y de Higiene (Definición de funciones de los artefactos)	Unidad de Consumo y Emisión
		1.2.10 Recursos económicos estimados de la UCE	Unidad de Consumo y Emisión
		1.2.11 Legislación vigente	Municipio
	1.2.12 Control de las instalaciones domiciliarias	Municipio	
	1.3 CAPACIDAD DE MANTENIMIENTO DE LA INSTALACION DOMICILIARIA Elevada / Moderada Baja	1.3.1 Conocimientos técnicos	Unidad de Consumo y Emisión
		1.3.2 Costo Mantenimiento	Mercado Local de la Construcción
		1.3.3 Ingresos	Unidad de Consumo y Emisión
		1.3.4 Forma de cobro del consumo de agua	Responsable del Servicio (Empresa /Cooperativa)
	1.4 CANTIDAD DE PERSONAS POR UCE	1.4.1 Condicionamientos culturales	Unidad de Consumo y Emisión
			Sistema Educativo Local
		Municipio	
		1.4.2 Edad de los integrantes	Unidad de Consumo y Emisión
		1.4.3 Tamaño de la vivienda / parcela	Unidad de Consumo y Emisión
			Municipio
		Programas Sociales	
		1.4.5 Ingresos	Unidad de Consumo y Emisión
		1.4.6 Presión migratoria	Municipio
	1.4.7 N° Inicial de integrantes	Unidad de Consumo y Emisión	
1.4.8 Grado de Instrucción	Sistema Educativo Local		
1.4.9 Planificación familiar	Sistema de Salud Local		

Tabla . . Aspectos y factores que influyen en los consumos y emisión de aguas residuales a nivel de usuario (UCE) – Objetos de Estudio con Información Secundaria

Fuente: Elaboración Propia

COMPONENTE	ASPECTOS	FACTORES	ACTOR SOCIAL DE CONTROL
1. CONSUMO NECESARIO DE AGUA	1.5 CLIMA	1.5.1 Variación anual de la temperatura	Condiciones naturales
	1.6 ACTIVIDADES CON CONSUMO DE AGUA	1.6.1 Hábitos y costumbres	Unidad de Consumo y Emisión Sistema Educativo Municipio
		1.6.2 Oficio / Actividad productiva	Unidad de Consumo y Emisión
		1.6.3 Ingresos UCE	Unidad de Consumo y Emisión
2. EMISIÓN DE AGUAS RESIDUALES Calidad y Cantidad de Contaminantes emitidos por UCE	2.1 TIPO DE PROVISIÓN DE AGUA POTABLE	Idem puntos 1.1.1 a 1.1.12	Ver Actores sociales correspondientes a los puntos 1.1.1 a 1.1.12
	2.2 TIPO DE SERVICIO DE EVACUACIÓN DE AGUAS RESIDUALES Categoría de Instalaciones Domiciliarias: * Red de Alcantarillado público * Red de cuneta a cielo abierto * Suelo absorbente * Sº Camión atmosférico	2.2.1 Existencia de la Red de alcantarillado (¿Costo de Oportunidad?)	Responsable del Servicio (Empresa /Cooperativa)
		2.2.2 Costo de la conexión	Responsable del Servicio (Empresa /Cooperativa)
		2.2.3 Tarifa del Servicio de alcantarillado	Responsable del Servicio (Empresa /Cooperativa)
			Ente regulador (o entidad afín)
		2.2.4 Ingresos UCE	Unidad de Consumo y Emisión
		2.2.5 Costo de Instalaciones domiciliarias sanitarias	Mercado local de la construcción
		2.2.6 Costo de Soluciones sanitarias "In situ"	Mercado local de la construcción
2.2.7 Conocimientos técnicos sobre soluciones sanitarias domiciliarias	Programas sociales		

Tabla 5. Aspectos y factores que influyen en los consumos y emisión de aguas residuales a nivel de usuario (UCE) – Objetos de Estudio con Información Secundaria

Fuente: Elaboración propia

COMPONENTES	ASPECTOS	FACTORES	ACTOR SOCIAL DE CONTROL
2. EMISIÓN DE AGUAS RESIDUALES Calidad y Cantidad de Contaminantes emitidos por UCE	2.2 TIPO DE SERVICIO DE EVACUACIÓN DE AGUAS RESIDUALES	2.2.8 Legislación vigente	Municipio
		2.2.9 Capacidad de control de las instalaciones domiciliarias sanitarias.	Municipio
		2.2.10 Tamaño de la parcela	Municipio
			Unidad de Consumo y Emisión
		Programas Sociales	
		2.2.11 Aptitudes del terreno para la infiltración	Condiciones naturales
	2.2.12 Desniveles del terreno	Condiciones naturales	
	2.3 TIPO DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Categorías de Tratamiento según Capacidad y calidad de tratamiento de Aguas Residuales	2.3.1 Costo de oportunidad para instalar una depuradora	Responsable del Servicio (Empresa /Cooperativa)
		2.3.2 Legislación ambiental vigente	Municipio (u organismo de aplicación competente)
		2.3.3 Control de emisiones por parte del Organismo competente	Municipio (u organismo de aplicación competente)
		2.3.4 Aptitud de tratamiento en relación a las emisiones	Responsable del Servicio (Empresa /Cooperativa)
		2.3.5 Mantenimiento del Proceso de depuración y las Instalaciones	Responsable del Servicio (Empresa /Cooperativa)
		2.3.6 Costo Mantenimiento de las soluciones domiciliarias	Mercado Formal- Informal del agua (potable/mineral) y el saneamiento
			Municipio
		2.3.7 Aptitud para el mantenimiento domiciliario	Mercado Formal- Informal del agua (potable/mineral) y el saneamiento
		2.3.8 Punto de recepción de la emisiones por recolección domiciliaria	Mercado Formal- Informal del agua (potable/mineral) y el saneamiento
			Municipio
		2.3.9 Aptitudes del tratamiento en relación a la salud pública.	Sistema de Salud Pública
	2.3.10 Aplicaciones de los subproductos del tratamiento de aguas residuales	Mercado Formal- Informal del agua (potable/mineral) y el saneamiento	
	2.3.11 Ingresos UCE	Unidad de Consumo y Emisión	
	2.4 CANTIDAD DE PERSONAS POR UCE	Idem puntos 1.4.1 a 1.4.9	Ver Actores sociales correspondientes a los puntos 1.1.1 a 1.1.12
	2.5 ACTIVIDADES CON EMISIÓN DE AGUA RESIDUAL	Idem puntos 1.6.1 a 1.6.3	Ver Actores sociales correspondientes a los puntos 1.6.1 a 1.6.3

Tabla 6. Aspectos y factores que influyen en los consumos y emisión de aguas residuales a nivel de usuario (UCE) – Objetos de Estudio con Información Secundaria

Fuente: Elaboración propia

Bajo la dirección ofrecida por cada uno de los factores presentados en las tablas precedentes, se organizó la recogida de información secundaria. Una vez evaluada la misma, y sumando aquellos factores que a priori se identificó como inherentes a cada usuario residencial (“Unidad de Consumo y Emisión”) se diseñó el Trabajo de campo para el registro de información primaria explicado a continuación.

4.3.2 Relevamiento de Información Primaria

Para la ejecución del Trabajo de Campo se asumieron una serie de definiciones que garantizaran la representatividad y confiabilidad de la información que se obtendría.

Los siguientes han sido los aspectos más relevantes de dicho Trabajo.

4.3.2.1 Formulario

El objetivo de la Encuesta fue

“Conocer las condiciones de Consumo y Emisión de las unidades residenciales del término municipal de la Ciudad de Fontana (Chaco-Argentina)”. Se priorizó el conocimiento del Sector residencial en virtud de que para el Caso de referencia, este constituye el conjunto de usuarios más significativos del Ciclo Urbano del Agua.

Para ello diseñó un Formulario que fue ejecutado como Encuesta asistida por Encuestadores que visitaron las Unidades de Consumo / Emisión (UCE) identificadas como Unidad de estudio, ubicada cada una en una unidad territorial denominada “Parcela”. La estructura del General del Formulario contempló las siguientes secciones:

- 1) Datos Identificatorios de la Encuesta – Definición del “ID” para su georeferenciarían.
- 2) Datos de ubicación domiciliaria
- 3) Constitución familiar
- 4) Relación predio/familia
- 5) Fuente de provisión de agua
- 6) Disposición final de aguas residuales
- 7) Actividades domiciliarias de consumo de agua
- 8) Tipo y estado de las Instalaciones Sanitarias Domiciliarias: Provisión de Agua y Saneamiento.
- 9) Ejecución y Mantenimiento de Instalaciones
- 10) Conciencia Ambiental
- 11) Voluntad de Pago

El formulario completo puede consultarse en el Anexo 1.

4.3.2.2 Determinación de la muestra.

Dada la influencia determinante de la información distribuida en el territorio (información social asociada a información sobre condiciones físicas y de infraestructura) la determinación de la muestra se realizó según el concepto de Muestra Aleatoria por Clusters.

Los clusters quedaron definidos a partir de los tres tipos predominantes de resolución habitacional en el Municipio de Fontana, a saber

- Manzanas Tipo A: Viviendas Auto-construidas con Materiales de buena calidad
- Manzanas Tipo B: Viviendas Sociales construidas por Planes de carácter público
- Manzanas Tipo C: Viviendas Auto-construidas con Materiales de baja calidad.

A continuación se presenta una planimetría de Fontana con la composición de dichos clusters.

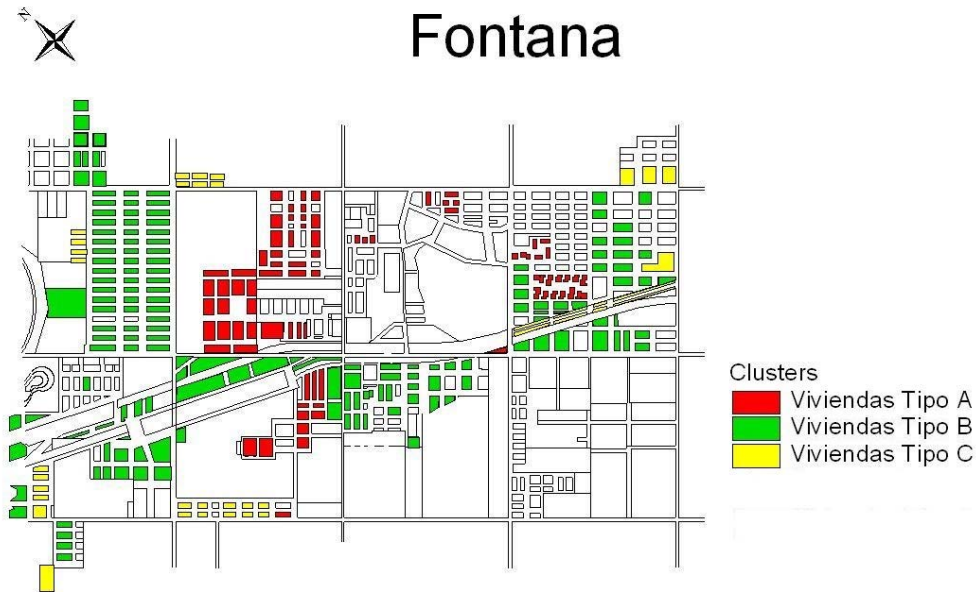


Figura 4. Composición de los Clusters según Calidad de Vivienda

Fuente: Elaboración Propia

Para el cálculo de la muestra representativa se utilizó la ecuación que responde a la *Estimación de una proporción para población finita*

$$N = \frac{N_1 \cdot Z_{\alpha}^2 \cdot p \cdot (1 - p)}{d^2 \cdot (N_1 - 1) + Z_{\alpha}^2 \cdot p \cdot (1 - p)}$$

(Sanz García y Caselles Moncho, 2014)

Donde:

N_1 = N° total de Parcelas Habitadas en el Ejido Municipal = 4040

Z_{α} = Nivel de Confianza del 95% = 1,96

p = Valor estimado del parámetro a estudiar = 0.45

d = Amplitud del Intervalo de confianza = 0.034

N = Tamaño resultante de la Muestra \approx 684

A los fines operativos y contando con la capacidad ejecutiva garantizada por la financiación otorgada por la CCD para le ejecución del trabajo de campo, a los efectos de no perder representatividad en caso de pérdida de información y poder abarcar todo el territorio geográfico del término municipal, se determinó:

N = Número adoptado de Encuestas: $949 > 684$

4.3.2.3 Selección aleatoria de la muestra

La distribución del total de encuestas que componen la muestra fue distribuida proporcionalmente a la cantidad de manzanas que componen cada cluster a saber:

Manzanas Tipo C	Total Manzanas: 37	Número Proporcional de Encuestas: 115
Manzanas Tipo A	Total Manzanas: 88	Número Proporcional de Encuestas: 251
Manzanas Tipo B	Total Manzanas: 188	Número Proporcional de Encuestas: 583
Número de Encuestas por Manzana: 3		

Tabla . . Distribución del Número de Encuestas que componen la muestra por Cluster

Fuente: Elaboración propia

La selección de cada una de las tres parcelas que fueron encuestada tres encuestas se realizó en forma aleatoria. En caso de que no se hubiese encontrado una persona apropiada para contestar el formulario, se instruyó a los encuestadores para que intentasen en la parcela siguiente, siguiendo el sentido de las agujas del reloj. Estos conceptos está reflejados gráficamente en el siguiente esquema:

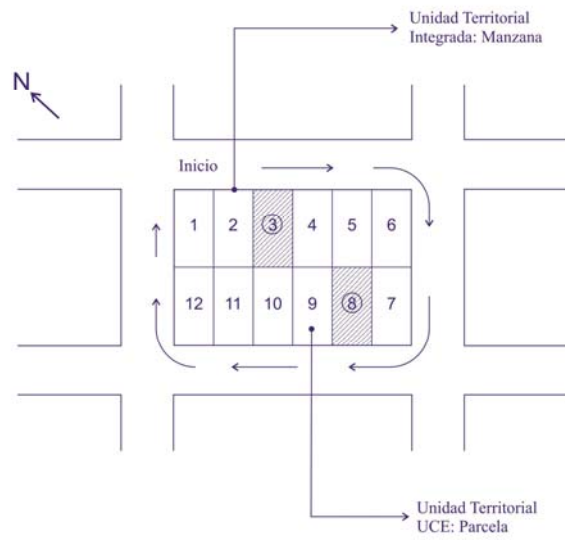


Figura 5. Selección aleatoria de parcelas para la realización de la encuesta
Fuente: Elaboración Propia

4.3.3 Procesamiento de Información

Con la encuesta ejecutada, se procedió a su carga según un formulario de Base de Datos Relacional diseñado al efecto (Programa Microsoft Acces ®). A lo efectos de tener una idea de la estructura de dicha base de datos, se presentan a continuación dos gráficos de pantalla ilustrativos:

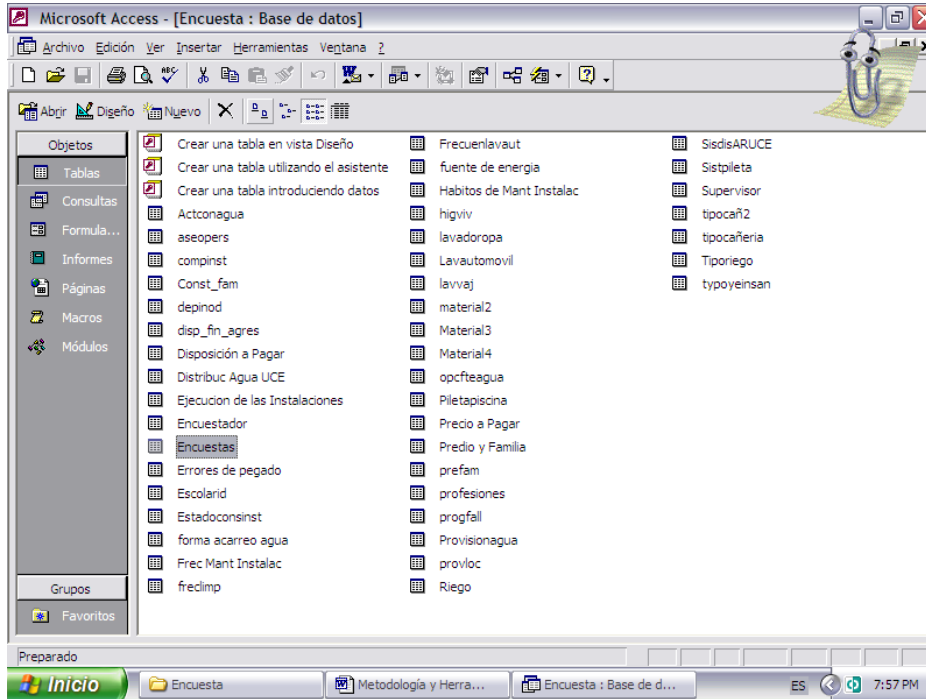


Figura 6. Estructura base de datos conteniendo registros de la encuesta
Fuente: Elaboración Propia

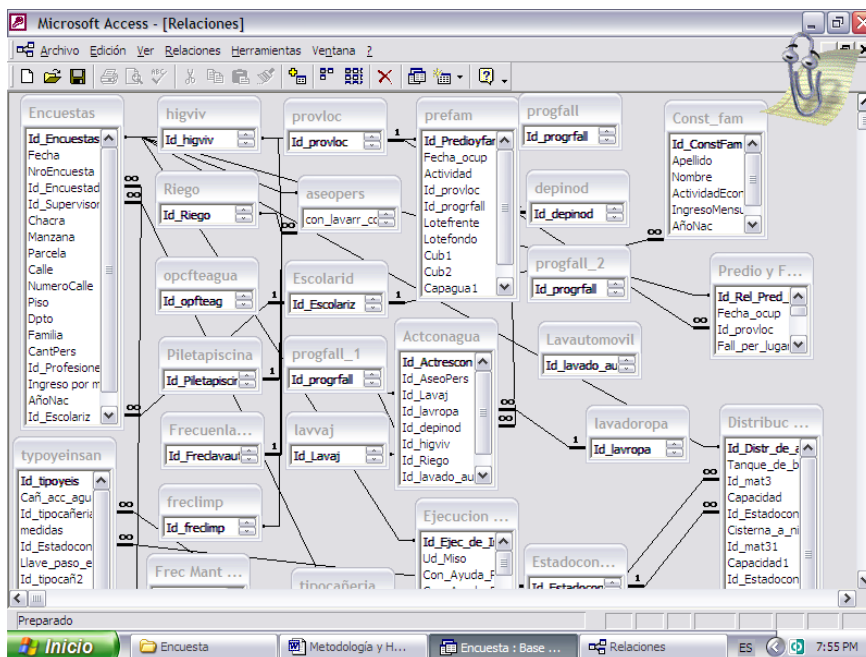


Figura 7. Estructura relacional de la base de datos.
Fuente: Elaboración Propia

4.3.4 Análisis de Información I, Totalidad de la información

En el proceso iterativo de búsqueda de información y definición del modelo, el hecho de haber obtenido la información primaria a nivel de pobladores gracias a la encuesta, y de los consumos históricos de agua de los usuarios del servicio de agua, permitió definir el primer subsistema en estudio dentro del Modelo de Sostenibilidad del CUA: el que se refiere a la demanda de agua.

Esto permitió obtener las primeras tablas para realizar los primeros análisis multivariantes utilizando el Programa REGINT © (cuyo procedimiento de utilización se verá más adelante). Las tablas diseñadas para el análisis abarcaban un subconjunto de estas características:



Figura 8. Subconjunto diseñado para el análisis multivariante inicial

Fuente: Elaboración propia

El principal resultado parcial obtenido con estos primeros análisis fue que no se obtuvieron resultados significativos en cuanto a la correlación entre las variables independientes incorporadas, como explicativas de la variabilidad del consumo.

Por ello se decidió consultar a un experto en estadística para que pudiese orientar la búsqueda de las principales explicaciones a la demanda de agua en la localidad de referencia. Tomando como referencia la totalidad de la información disponible a nivel de usuario, se construyó una tabla de información de las siguientes características:

Microsoft Excel - Tabla Completa, Manuel 1.xls

Archivo Edición Ver Insertar Formato Herramientas Datos Ventana ?

AB2

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	
1	OHM2	conumarZem	conumarZem	manlutAqes	manlutSanoz	majaraidmR	majaraidmAyS	InasPozritMz	EdeS	PozritMz	SupPozMz	SupCuzMz	SupLitMz
2	415	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	7	105	35	7r
3	3256	NA	NA	24875	2705F07	2705F07	13.75	NA	100	28.743589743589	208.75	85.5	123.25
4	3259	NA	NA	20	20	18	18	113.461523841523	27.961523841523	5	198	57	14
5	3260	NA	NA	15.714285714285	16.428571428571	12.142857142857	14.285714285714	131.666666666666	28.866666666666	3.5714285714285	207.14285714285	60.571428571428	146.57142857142
6	3260	NA	NA	16.25	16.25	13.75	13.75	55.263157894736	25.157894736842	04F05F07	242.5	121.5	131
7	3290	6.666666666666	9.416666666666	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
8	3500	30	22.033333333333	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
9	3737	NA	NA	20	20	20	20	50	19.888888888888	04F05F07	225	150	75
10	3744	3	2	15	15	15	15	15	49.220714285714	23.846153846153	4.666666666666	236.6666666666	100.6666666666
11	3745	NA	NA	10	10	10	10	10	133.333333333333	84.666666666666	2	200	72
12	3740	NA	NA	8.333333333333	8.333333333333	6.666666666666	6.666666666666	8.333333333333	20	25F02F07	3.333333333333	201.6666666666	93.333333333333
13	3761	NA	NA	10	10	10	10	10	41.666666666666	14.833333333333	6	375	168
14	3762	6	3.833333333333	8	8	8	8	8	15	22.45	03F02F07	219.6	96
15	3763	NA	NA	11	11	11	11	10	9	57.142857142857	27.714285714285	5	199.2
16	3764	6.166666666666	6.055555555555	10	16	9	15	129.31034402758	25.068965517241	04F04F07	236.6	55.8	180.8
17	3800	12.963963963964	11.040404040405	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
18	3801	9	9	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
19	3802	11.291666666666	9.25	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
20	3803	9.852389952389	9.26190474190474	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
21	3804	09/05F07	08/05F07	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
22	3805	21.75	18.916666666667	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
23	3806	12/05F07	13.166666666667	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
24	3900	16.595238995238	5.166666666666	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
25	4000	14.518888888888	12.050724637412	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
26	4005	11.833333333333	12.958333333333	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
27	4008	05/05F07	4.333333333333	12/05F07	12/05F07	12	11/05F07	111.538461538462	27.153846153846	4.333333333333	283.333333333333	91.333333333333	191.5
28	4010	14.8125	14.8125	5	5	5	5	44.220714285714	26.794285714285	04F05F07	250	49.666666666666	200.333333333333
29	4011	0.111111111111	9.222222222222	5.833333333333	5.833333333333	5.833333333333	5.833333333333	157.142857142857	30.619047419047	3.166666666666	275.833333333333	56.666666666666	219.166666666666
30	4015	NA	NA	20	20	20	20	20	NA	NA	NA	NA	NA
31	4100	20.944444444444	13	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
32	4101	10.833333333333	8.666666666666	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
33	4102	1.333333333333	02/05F07	13.75	13.75	13.75	13.75	107.142857142857	24.852389952389	01/03F75	285.75	165	90.75
34	4103	9875	01/08F75	5	5	5	5	5	176.47058223529	25.41176470582	2.666666666666	391.666666666666	95.666666666666
35	4104	10.916666666666	12.916666666667	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
36	4105	7.333333333333	7.866666666666	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
37	4106	NA	NA	6.666666666666	6.666666666666	11.666666666666	11.666666666666	215.324615238461	31.324615238461	4.666666666666	200	36	16
38	4107	11.222222222222	10.555555555555	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
39	4108	NA	NA	5	5	9.166666666666	9.166666666666	126.0899582173	20.565217391204	05/05F07	254	106.75	147.25
40	4109	0.111111111111	13.055555555555	11.666666666666	11.666666666666	12	12	105.434782608696	27.391304347826	3.833333333333	256.666666666666	106.666666666666	156
41	4110	9	9	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
42	4111	8.888888888888	7.222222222222	8	8	8	8	65.454545454545	NA	26	06/02F07	207.8	142
43	4112	15.333333333333	9.444444444444	20	20	10	10	87.5	NA	3	300	200	108
44	4115	07/05F07	07/05F07	01/11F25	01/11F25	13.75	13.75	135.0	23	7	187	112	75
45	4116	6.666666666666	7.083333333333	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
46	4117	10.063333333333	8.833333333333	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
47	4118	8.333333333333	4.833333333333	21.666666666666	26.333333333333	16.75	13.333333333333	92	24F02F07	01/03F75	152.75	46.25	106.5
48	4119	4.444444444444	8.333333333333	01/03F75	01/03F75	01/03F75	01/03F75	74	444444444444	E	251.0	25	280.75

Hoja1/

Inicio | Capítulos | Metodolog... | Microsoft ... | Conjuntos... | Adobe Re... | ES | 9:48 AM

Figura 9. Tabla parcial de información a nivel de usuario

Fuente: Elaboración propia

Para su análisis se utilizaron los siguientes Programas y sus consecuentes estrategias de análisis a saber:

- Análisis de Componentes principales (PCA)
- Modelos de Regresión Lineal y mínimos cuadrados
- Modelos lineales de efectos mixtos (LME)
- Redes neuronales artificiales (ANN)

Esta “batería” de programas de análisis estadístico arrojó la siguiente conclusión:

El consumo de agua en la localidad de referencia, tiene como principal explicación a su posición geográfica en el término municipal. O lo que es lo mismo decir: los pobladores “consumen agua en forma similar”, según agrupamientos de carácter geográfico.

Todo el procedimiento de análisis realizado está contenido la bibliografía de referencia: (Herrera, M. et. al., 2007)

4.3.5 Análisis de la Información II. Segmentación territorial de la información

Cuando se habla de “segmentación territorial” se hace mención a una subdivisión de la información disponible en base a su ubicación en el término municipal. Para ello, a los efectos de disponer de un rango superior que englobe a las parcelas y manzanas (subdivisión territorial ya presentada en la Figura 6), el nivel inmediato superior del cual se dispone de referencia es lo que en Argentina se denomina en términos catastrales la “Chacra”. A continuación se presenta la subdivisión por Chacras del término municipal de Fontana, con su correspondiente numeración:

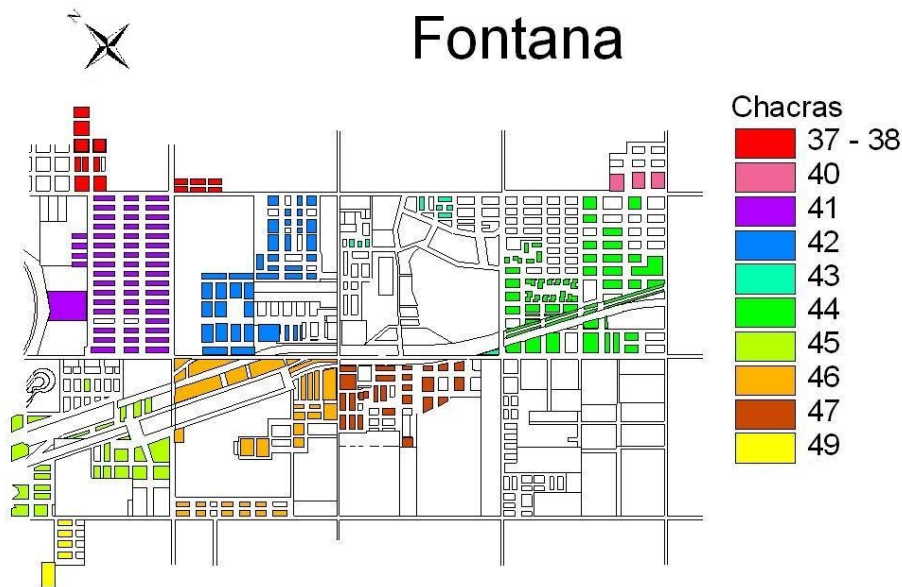


Figura 10. Composición de las Chacras del Término Municipal de Fontana

Fuente: Elaboración Propia

Sin dudas la conclusión presentada más arriba fue definitiva a la hora de proceder a la segmentación territorial de la información. Pero, como se pudo intuir en el gráfico de los conjuntos de información presentados más arriba, el trabajar solo con un subconjunto, implicaba una pérdida de información a la hora de un análisis multivariante. Por lo tanto se decidió unificar ambos conjuntos avanzando en un procedimiento denominado “Interpolación Geográfica”, utilizando la unidad de cálculo del Programa ArcView GIS 3.2 ®. A los efectos de simplificar la comprensión del procedimiento utilizado para el tratamiento de la información y cálculo de la información, se presenta a continuación por una parte, un Diagrama de flujo de dicho procesamiento, partiendo las tablas de información cuya unidad de información es la “UCE” asentada en una parcela, para arribar a una nueva unidad de información: el Promedio de cada Variable ubicada en una Manzana.

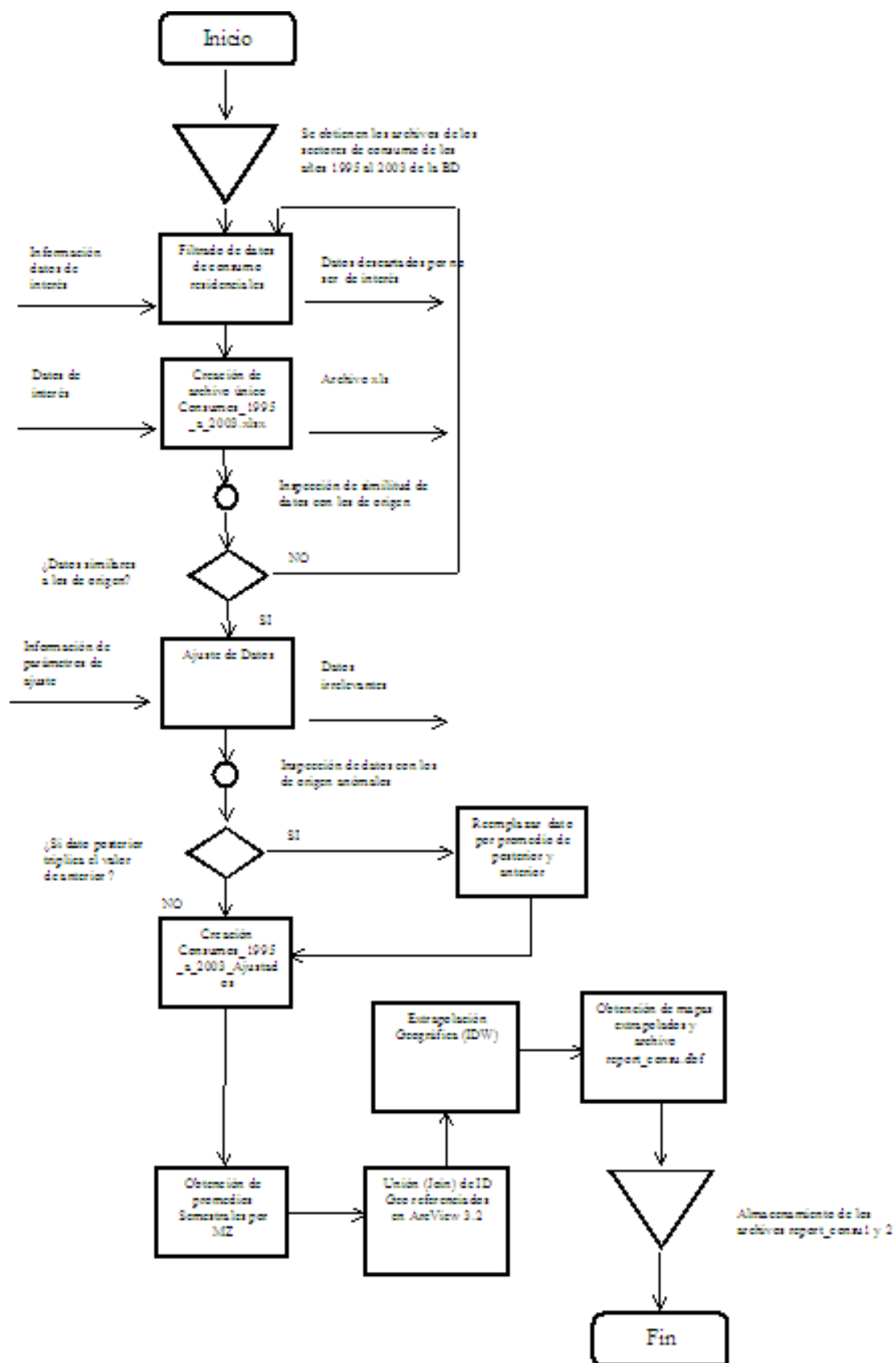


Figura 11. Diagrama de flujo general para el Procesamiento de la Información
Fuente: Elaboración propia

El Diagrama precedente toma como ejemplo la información sobre consumos de agua. Un procedimiento similar fue el utilizado para cada una de las variables obtenidas en la base de datos de la encuesta, que pudiesen aportar información sobre la variabilidad del consumo.

Para una comprensión detallada del proceso de interpolación geográfica que se realizó con el programa ArcView GIS ®, se expone a continuación un resumen del procedimiento IDW utilizado al efecto, aportado por el sitio web oficial del programa.

Uso del Procedimiento IDW de la aplicación “Spatial Analyst”:

- El valor de salida para una celda que utiliza la distancia inversa ponderada (IDW) se limita al rango de valores utilizados para la interpolación. Dado que la IDW es un promedio de distancia ponderada, el promedio no puede ser mayor que la entrada máxima o inferior que la entrada mínima. Por lo tanto, no puede crear crestas o valles si estos extremos aún no se han muestreado (Watson y Philip 1985).
- Los mejores resultados de la IDW se obtienen cuando la muestra es lo suficientemente densa respecto de la variación local que intenta simular. Si la muestra de los puntos de entrada es dispersa o despareja, los resultados pueden no representar en forma suficiente la superficie deseada (Watson y Philip 1985).
- La influencia de un punto de entrada sobre un valor interpolado es isotrópica. Dado que la influencia de un punto de entrada sobre un valor interpolado se relaciona con la distancia, la IDW no "preserva la cresta" (Philip y Watson 1982).
- Algunos datasets de entrada pueden tener algunos puntos con las mismas coordenadas x,y. Si los valores de los puntos de una ubicación común son los mismos, se consideran duplicados y no afectan a la salida. Si los valores son diferentes, se consideran puntos coincidentes. Las distintas herramientas de interpolación pueden manejar esta condición de datos de maneras distintas. Por ejemplo, en algunos casos el primer punto coincidente encontrado se utiliza para el cálculo; en otros casos, se utiliza el último punto encontrado. Esto puede causar que algunas ubicaciones del ráster de entrada tengan valores distintos a los que puede esperar. La solución es preparar los datos quitando estos puntos coincidentes. La herramienta Adquirir eventos de la caja de herramientas de Estadística espacial es útil para identificar cualquier punto coincidente en los datos.
- La opción de barreras se utiliza para especificar la ubicación de entidades lineales conocidas por interrumpir la continuidad de la superficie. Estas entidades no tienen valores z. Acantilados, fallas y terraplenes son ejemplos típicos de barreras. Las barreras limitan el conjunto seleccionado de puntos de muestra de entrada utilizado para interpolar valores z de salida a esas muestras sobre el mismo lado de la barrera como la celda de procesamiento actual. La separación por una barrera se determina mediante un análisis de línea de visión entre cada par de puntos. Esto significa que no se requiere separación topológica para que dos puntos se excluyan mutuamente de la región de influencia del otro. Los puntos de muestra de entrada que yacen exactamente sobre la línea de la barrera se incluyen en el conjunto seleccionado de muestras para ambos lados de la barrera.

- Las entidades de barrera se introducen como entidades de polilínea. IDW sólo utiliza las coordenadas x,y para la entidad lineal; por lo tanto, no es necesario proporcionar valores z para los lados izquierdo y derecho de la barrera. Se ignorarán todos los valores z.
- El uso de barreras extenderá el tiempo de procesamiento de manera significativa. Esta herramienta tiene un límite de aproximadamente 45 millones de puntos de entrada. Si la clase de entidad de entrada contiene más de 45 millones de puntos, la herramienta puede fallar al crear un resultado. Puede evitar este límite interpolando el área de estudio en varias partes, asegurándose de que haya alguna superposición en los bordes, y creando luego un mosaico de los resultados para generar un sólo dataset ráster. grande. Alternativamente, puede utilizar un dataset de terreno para almacenar y visualizar puntos y superficies comprimidos de mil millones de puntos de medición.
- Si tiene la extensión de Geostatistical Analyst, podrá procesar datasets más grandes.
- Los datos de la entidad de entrada deben contener por lo menos un campo válido.

Más información podrá ser encontrada en la Bibliografía de Referencia: (Arc Gis, 2015) La información preliminar obtenida de carácter gráfico del procesamiento de interpolación geográfica adquiere el siguiente formato:

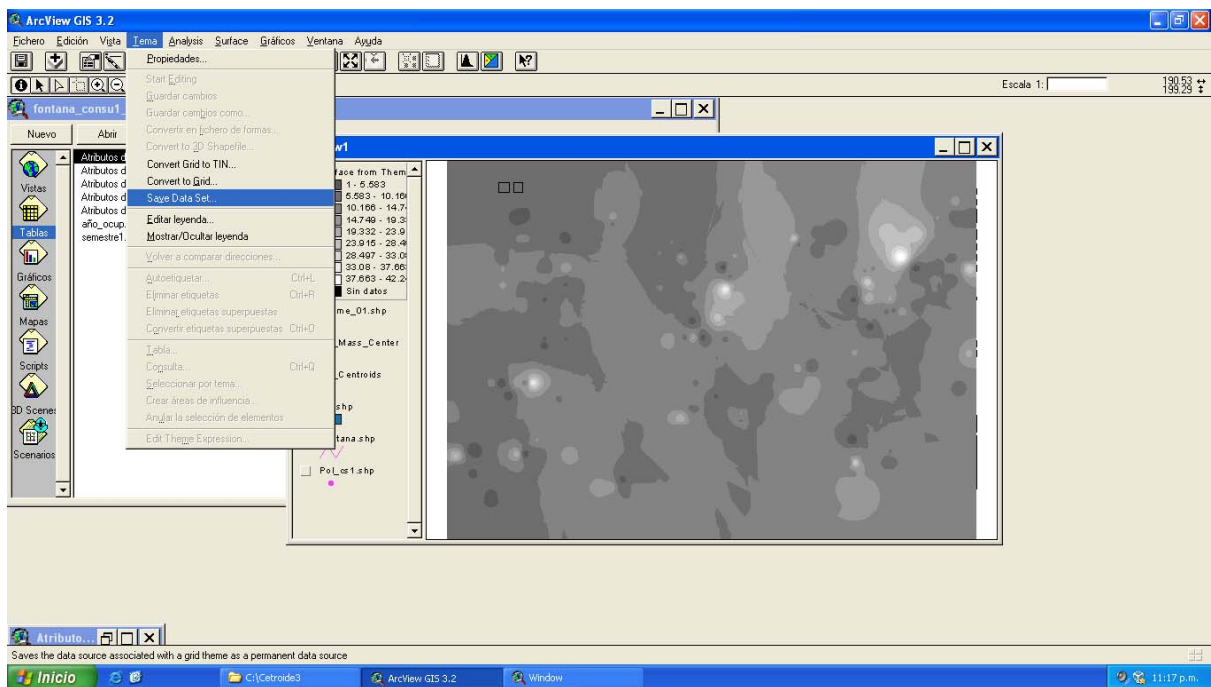


Figura 12. Información tipo Raster obtenida dentro del proceso de Interpolación Geográfica.

Fuente: Elaboración propia.

Por último, la información de interés para la construcción de tablas, adquiere el siguiente formato:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	IDCHMZPC	COUNT	AREA	MIN	MAX	RANGE	MEAN	STD	SUM		
2	37028	3450	2,1563	6,8525	6,9429	0,0904	6,8976	0,0216	23796,6582		
3	37029	3213	2,0081	6,8356	7,0681	0,2325	6,9505	0,0679	22332,0195		
4	37035	4970	3,1063	6,9121	7,3114	0,3992	7,0764	0,0790	35169,7031		
5	37036	4970	3,1063	6,7307	6,9847	0,2540	6,8214	0,0563	33902,4648		
6	37037	4154	2,5963	6,6925	6,9511	0,2587	6,7944	0,0682	28223,7324		
7	37042	4824	3,0150	7,3645	7,7283	0,3638	7,5331	0,0945	36339,5781		
8	37043	4824	3,0150	6,8783	7,2748	0,3965	7,0793	0,1159	34150,6211		
9	37044	4757	2,9731	6,6607	6,8897	0,2290	6,7676	0,0296	32193,4316		
10	37045	4284	2,6775	6,3383	6,6913	0,3530	6,5377	0,0893	28007,5039		
11	37049	6384	3,9900	7,8605	8,6558	0,7953	8,2524	0,2224	52683,5156		
12	37050	4970	3,1063	7,4245	7,9916	0,5671	7,6953	0,1224	38245,6797		
13	37051	4970	3,1063	7,0521	7,4871	0,4351	7,2141	0,0935	35854,2266		
14	37053	1260	0,7875	5,3613	6,2287	0,8674	5,9689	0,2198	7520,8315		
15	37057	6150	3,8438	8,4270	9,1281	0,7011	8,8012	0,1491	54127,1406		
16	37058	4970	3,1063	7,7606	8,8112	1,0506	8,2118	0,2390	40812,8047		
17	37059	4970	3,1063	7,1601	8,1896	1,0295	7,6556	0,2273	38048,4492		

Tabla 8. Ej. Reporte de Interpolación Geográfica (IDW) Prom. Consumos Agua
Fuente: Elaboración propia

Pueden distinguirse en la tabla de ejemplo la primera columna en rosado, con la información de carácter geográfico (ID) y las columnas en verde “Mean” con el promedio de la información disponible en la interpolación y “Std”, la desviación estadística para dicho promedio, cada uno según la manzana que se trate. Promedio y desviación estadística para cada manzana, serán posteriormente el insumo de información que utilizará el modelo de carácter estocástico generado con SIGEM© .

4.3.6 Análisis Multivariante utilizando el Programa REGINT©

En virtud de que la identificación de las variables que explicaran la variabilidad de la “variable objetivo” y las ecuaciones que representarán las interrelaciones entre variables independientes y la dependiente se obtuvieron utilizando el Programa REGINT©, dos aspectos altamente relevantes de cara a los objetivos del plan de trabajo, se decidió mostrar detalladamente la lógica de obtención de resultados de este Programa.

El programa REGINT© es un desarrollo del profesor Antonio Caselles Moncho y se puede obtener de en su página web (<http://www.uv.es/~caselles/>). A continuación se describe los pasos fundamentales para su operación y obtener los resultados finales buscados.

Una vez descargado e instalado en el ordenador situaremos el archivo REGINT©.exe (ejecutable) en la misma carpeta dónde esté el archivo .txt con los datos reales. Este programa permite ajustar una función con un máximo de 12 variables y 12 transformadas a 6000 puntos. En la bibliografía de referencia podrá encontrarse los pasos pormenorizados de operación con dicho Programa (Sanz García, M. y Caselles Moncho, A. 2014)

Información que brindan estos archivos obtenidos por REGINT©

El Profesor Caselles explica las características y la forma de utilización de la información obtenida con REGINT:

“Se sabe que las funciones que se ajustan con el programa REGINT© a partir de los datos históricos tienen dos términos: el término determinista, que calcula el valor medio, y el término aleatorio, dado por la desviación estándar multiplicada por una variable aleatoria $N(0,1)$.

Cuando únicamente se considera el término determinista en las funciones obtenidas con REGINT© y no existe además ninguna variable de entrada que sea aleatoria, se tiene la formulación determinista de una función.

El término determinista, es decir, el que calcula el valor medio en las funciones obtenidas con REGINT©, se representa por h (cuando se escriben las ecuaciones para la herramienta informática SIGEM©, se lo verá en la sección de este mismo capítulo, Programación del Modelo).

La desviación estándar correspondiente al término aleatorio, es decir para la formulación estocástica se representa por s .

De forma genérica la información obtenida sería la que se explica a continuación.

Una variable genérica como Y se calcula así:

$$Y = h + s \cdot \varepsilon(t).$$

Donde $\varepsilon(t)$ es una $N(0,1)$, donde h tiene la siguiente estructura:

$$h = a + b_1T_1 + b_2T_2 + \dots + b_mT_m$$

y donde a, b_1, \dots, b_m son parámetros y T_1, \dots, T_m son funciones transformadas de las variables independientes, siendo s calculada según la siguiente fórmula:

$$S = S_{xy} \sqrt{1 + \frac{1}{n} + T'CT}$$

Dónde S_{yx} es la desviación estándar de regresión, n es el número de datos (puntos) que se tiene, los componentes del vector T son las diferencias entre las funciones T_i de las variables independientes y sus respectivas medias, y C es la inversa de la matriz de los numeradores de las varianzas-covarianzas correspondientes a las funciones transformadas”.

Así pues si en el ejemplo que nos de este capítulo se tiene la siguiente información.
En primer lugar volcamos el archivo de texto CH29AI.txt obtenido en el análisis de la Chacra 49 del Semestre I.

Caso: CH49AI
Identificación: MejorEcuacion
Variables independientes: 12
Funciones transformadas: 3
Puntos: 12
La variable x1 es BALD
La variable x2 es DUCH
La variable x3 es ECAC
La variable x4 es PEMZ
La variable x5 es SCMA
La variable x6 es SULI
La variable x7 es TAFA
La variable x8 es XLAC
La variable x9 es XLAM
La variable x10 es XLAV
La variable x11 es YMIL
La variable x12 es XLAO
La variable Y es CONSUL
Grado de confianza para estimar por intervalo los parámetros:
95.000000
El ajuste se ha realizado:

Con las funciones transformadas:

$$T1 = x3 * x7$$

$$T2 = 1/x1$$

$$T3 = 1/x10$$

Coefficientes de la ecuación:

$$\text{Constante} = 1.174524059132316e+001$$

$$\text{Coeficiente de T1} = -9.377450030848290e+002$$

$$\text{Coeficiente de T2} = 2.450575965294377e-001$$

$$\text{Coeficiente de T3} = -2.303116444178642e-001$$

Coeficiente de determinación r2 = 0.862895

Coeficiente de correlación múltiple r = 0.928921

Error standard de estimación s = 0.242013

MATRIZ C

$$C(0,0) = 438694.865399425440$$

$$C(0,1) = -55.000887652568$$

$$C(0,2) = 50.267105344013$$

$$C(1,0) = -55.000887652568$$

$$C(1,1) = 0.021075905313$$

$$C(1,2) = -0.019813176095$$

$$C(2,0) = 50.267105344013$$

$$C(2,1) = -0.019813176095$$

$$C(2,2) = 0.018644684147$$

MEDIAS DE LAS TRANSFORMADAS

T1	T2	T3
0.004695	34.988411	41.340600

AJUSTE CORRECTO: R2 final = 0.862895

En base a esta información se pudo construir la ecuación de carácter estocástico que se incorporó al modelo “Consumo de Agua”, que figura en el Capítulo 7. Los componentes de cada parte de la ecuación figuran con los colores correspondientes:

Chacra 49	Semestre 1 “Cálido”	Coef. Det. R2 = 0.862
Variables Implicadas		
ECAC Ingreso medio por Manzana sobre población económicamente activa dividido mil		
TAFE Promedio del Tamaño de la Familia por Manzana dividido mil		
BALD Número medio de baños a balde por manzana		
XLAV Número medio de lavadoras automáticas por manzana		
Ecuación (19)		
$h=1.174524059132316e+001-9.377450030848290e+002*(ECAC(i1)*TAFE(i1))+2.450575965294377e-001*(1/BALD(i1))-2.303116444178642e-001*(1/XLAV(i1))$ $AA=438694.865399425440*((ECAC(i1)*TAFE(i1))-0.004695)^2+0.021075905313*((1/BALD(i1))-34.988411)^2+0.018644684147*((1/XLAV(i1))-41.340600)^2$ $AB=-2*55.000887652568*((ECAC(i1)*TAFE(i1))-0.004695)*((1/BALD(i1))-34.988411)$ $AC=2*50.267105344013*((ECAC(i1)*TAFE(i1))-0.004695)*((1/XLAV(i1))-41.340600)$ $AD=-2*0.019813176095*((1/BALD(i1))-34.988411)*((1/XLAV(i1))-41.340600)$ $s=0.242013*sqr(1+1/35+AA+AB+AC+AD)$		

REGRESIÓN $Y=a+b1*T1+b2*T2+...+bm*Tm$

a = 11.745241 sa = 0.822074 9.885710 <= a <= 13.604771
b1 = -937.745003 sb1 = 160.294962 -1300.332222 <= b1 <= -575.157785
b2 = 0.245058 sb2 = 0.035134 0.165584 <= b2 <= 0.324531
b3 = -0.230312 sb3 = 0.033046 -0.305061 <= b3 <= -0.155562
s = 0.242013 s2 = 0.058570 r = 0.928921 r2 = 0.862895
t = 2.262000 gr. libertad = 9 gr. confianza = 95.000000

RESIDUOS

Y estimado	RESIDUO	Y
5.352463	0.035237	5.387700
6.116622	-0.005522	6.111100
5.600246	-0.398846	5.201400
5.993935	0.119865	6.113800
6.313113	0.536487	6.849600
6.603316	-0.146816	6.456500
6.762530	-0.020430	6.742100
6.691903	0.006097	6.698000
7.127658	-0.183358	6.944300
6.721313	-0.051013	6.670300
6.177448	0.076552	6.254000
6.840427	0.015873	6.856300
6.840427	0.015873	6.856300

Con la información denominada “Residuos”, se esta en condiciones de introducirla al programa “Mathematicas” para realizar la prueba de “Kolmogorov-Smirnoff”, a los efectos de verificar que la distribución de los restos en el espacio bidimensional sea de carácter aleatorio, sin expresar ninguna tendencia. En ese caso la ecuación estaría en condiciones de ser incorporada al modelo. Se puede encontrar en (Sanz García, M. y Caselles, A., 2014), una breve explicación del procedimiento que debe seguirse.

4.4 Programación del Modelo utilizando el Programa SIGEM©

En esta etapa se va a explicar cómo programar un modelo para un herramienta Informática determinada, el SIGEM© (Caselles, 2008), basados en el trabajo de Sanz García y Caselles Moncho (2014)

“SIGEM© es un generador de programas (una herramienta de programación automática)

que con ayuda del usuario genera un programa en lenguaje fuente Visual Basic que describe todas las conexiones entre las variables del modelo y lo convierte en un simulador eficaz.

Este generador recaba del usuario la información correspondiente a la lista de nombres de los elementos del sistema, a las características de los mismos y a las relaciones funcionales entre ellos. Esta información se puede introducir mediante especificaciones en forma de ficheros de texto (que son fácilmente creables y corregibles) o mediante un diálogo interactivo. El diálogo interactivo solo puede ser útil en modelos de pequeño tamaño o para principiantes. En este apartado se presenta cómo trabajar de forma genérica, es decir, mediante ficheros de texto”.

4.4.1 Construcción de los ficheros de inicio

“Van a ser creados dos ficheros de texto denominados *Lnombre.txt* y *Gnombre.txt*, dónde *nombre* es el nombre que se quiera dar al modelo. El fichero L incluye la lista de variables con sus especificaciones y el fichero G la lista de funciones (sin necesidad de que estén ordenadas), ambos en un formato muy concreto que se detalla a continuación.

Se empieza con el fichero *Lestocastico.txt* como caso demostrativo. En él se introducen todas las variables oportunamente ajustadas con REGINT©. Se lo hace de la siguiente manera:

AAAA Descripción de la variable [ince= ;cval= ;ndim= ;d1= ;d2= ;esta= ;inic= ;tabl= ;npun= ;].

Se debe notar que el nombre completo va precedido por el nombre codificado (que es el que se usará en los programas y que se ha usado en la construcción del Diagrama de Forrester). Debe tener siempre el mismo número de caracteres (cuatro). Las mayúsculas no son obligatorias, pero recomendamos su uso para distinguir bien el nombre codificado del nombre completo o descripción. Además debemos tener en cuenta que los nombres codificados que empiecen por I, J, K, L, M o N serán variables enteras, y los nombres codificados que empiecen por U, V, W, serán variables literales (cuyos valores son nombres).

Las características o especificaciones de cada variable van al final entre corchetes.

El significado de cada una de ellas es el siguiente:

- *ince=s* o *ince=n*, el primero indica que la variable correspondiente lleva incertidumbre (se trata de una variable aleatoria), el segundo que no lo es. Para el caso de la

construcción de modelos formulados estocásticamente algunas de las variables sí llevarán incertidumbre. En el caso de modelos formulados deterministamente ninguna de las variables llevará incertidumbre.

- *cval*=__, se utiliza para las variables de entrada, para determinar si llevan a no cambios de valor. En el caso que sea constante indicaremos *cval*=00, en caso de que por ejemplo tenga 7 cambios de valor indicaremos *cval*=07.
- *ndim*=__, nos indica el número de dimensiones de la variable. Por ejemplo si se trata de un escalar escribiremos *ndim*=0, en caso de ser un vector *ndim*=1, si es una matriz *ndim*=2, etc.
- dl*=__, indica la longitud de la primera dimensión de esa variable. Para el caso de la variable escalar se escribirá *dl*=., en el caso del vector de 10 componentes se indicará *dl*=10, etc.
- *esta*=s o *esta*=n, indica si la variable es de estado o no. Por variable de estado se entiende la que necesita tener un valor inicial.
- *inic*=____; es el nombre de la variable que representa el valor inicial de esa variable de estado. Por ejemplo en el ejemplo la variable población POBL posee un valor inicial al que se llamará POBI, por tanto, al especificar las características de POBL escribiremos *inic*=POBI.
- *tabl*=s o *tabl*=n; indica si la función que calcula esa variable viene dada por una tabla o no, en caso afirmativo la tabla iría en el archivo G (que contiene la lista de funciones, detallado a continuación). En el caso, no se introducirá ninguna función en forma de tabla.
- *npun*=., significa que el número de puntos de la posible tabla no existe. En el ejemplo se indicará esto siempre así.

Respecto al fichero G se diferenciarán dos tipos de ecuaciones, las automáticas y los ajustes.

En ambas, cada ecuación va precedida por el nombre codificado de la variable que se calcula con ella y un espacio en blanco. Notar que si una función en lugar de venir determinada por una ecuación o línea de código, necesitase más líneas de código, las siguientes líneas deben ir precedidas por espacios en blanco (no tabuladores) hasta que la sangría sea de 6 o más espacios.

Además las funciones suelen venir dadas por ecuaciones pero muchas veces son pequeños algoritmos que incluyen ecuaciones o reglas lógicas o incluso bucles de repetición. Todo ello necesita ser escrito en Visual Basic 6 ® “.

Una vez que se cuenta con los ficheros de inicio (por ejemplo en este trabajo, LACCES y GACCES) , se está en condiciones de operar con SIGEM©, según las instrucciones de procedimiento contenidas en (Sanz García, M. y Caselles Moncho, A. 2014)

4.5 Modelado de la Red de Distribución de Agua utilizando la extensión GISRED©

Por último, se presenta los aspectos más relevantes de la extensión GISRED©, desarrollada por el Dr. Ing. Hugo Bartolín, bajo la dirección del Dr. Fernando Alzamora del REDHISP de la Universidad Politécnica de Valencia.

Esta extensión, que como se verá en la versión resumida de su descripción, opera bajo el entorno de ARC VIEW GIS®, ha facilitado el planteo del modelo en cuanto a la interacción existente entre el Sub-sistema Consumo de Agua y el resto del Modelo de Sostenibilidad, tal cual se lo planteará en el Capítulo 7. Operar bajo dicho entorno es compatible al abordaje netamente geográfico del Modelo. Si bien no alcanzó en el trabajo a completar una red debidamente calibrada como hubiera sido de desear, se presenta un avanzado esquema de la red de distribución utilizando la presente extensión.

4.5.1 ¿Qué es la extensión GISRed v1.0?

GISRed v1.0 es una Extensión para el software ArcView GIS 3.2 de ESRI que integra el conocido software de modelación hidráulica EPANET 2.0 en el entorno de ArcView GIS 3.x, manteniendo todas las opciones originales de un SIG.

Por lo tanto, esta aplicación 'add-in' puede ser utilizada para ejecutar tareas simples como dibujar un modelo básico de la red partiendo de cero o algo más complejo como importar un conjunto de datos completo desde una fuente externa, crear una base de datos integrada, construir un modelo de la red y calibrarlo.

La Extensión GISRed v1.0 de ArcView es fundamentalmente una herramienta de ayuda al ingeniero hidráulico en la tarea de modelar una red de distribución de agua y en el proceso de toma de decisiones, dentro del entorno de un SIG.

Con la Extensión GISRed v1.0, el usuario podrá realizar las siguientes funciones basadas en los menús de la extensión:

- Administrar múltiples proyectos de GISRed v1.0, utilizando el Administrador de Proyectos personalizado. Se asegura la transportabilidad de los proyectos, siempre que se utilice la misma extensión.
- Múltiples copias (clones) de un mismo proyecto.
- Importación de Datos desde diferentes fuentes tales como ficheros CAD, ficheros EPANET, coberturas ArcInfo.
- Interpolación de las cotas para cada nudo del modelo.
- Asignación de Demandas a los nudos seleccionados.
- Calibración del modelo utilizando métodos de búsqueda, tales como Algoritmos Genéticos.
- Definición de tantas configuraciones de calibración como se requiera.
- Ejecución de simulaciones en periodo extendido y recuperación de los resultados para ser observados en propio escenario.
- Hacer Consultas y ver los resultados en un tema de características específicas.
- Comprobar la conectividad de la red, en base a determinados algoritmos de teoría de grafos.

4.5.2 Pasos para utilizar GISRed v1.0

Cada paso presentado hace alusión al Capítulo donde puede obtenerse la información referida al mismo, en el Manual del Usuario del cual se presenta solo una versión abreviada en (Bartolín, H. y Alzamora, F. 2004) .

Los pasos típicos a realizar cuando se utiliza la Extensión GISRed v1.0 para construir el modelo de una red de distribución de agua son:

1. Dibujar una representación de la red de su sistema de distribución partiendo de cero, mediante las herramientas de la extensión (ver 4.2), o importar una descripción básica de la red representada en un fichero CAD, un fichero shape ó un fichero de entrada de Epanet (ver CAPÍTULO 5).
2. Verificar los errores de importación, en el caso de importar la red (ver 5.3)
3. Simplificar la red (si fuera necesario).
4. Editar las propiedades de los objetos que constituyen el sistema (ver CAPÍTULO 6).
5. Describir cómo opera el sistema por medio de las curvas de demanda, curvas características de las bombas, reglas de control, etc. (ver CAPÍTULO 7, CAPÍTULO 8 y CAPÍTULO 9).
6. Interpolan cotas en los nudos seleccionados (ver INTERPOLACIÓN DE COTAS).
7. Asignar las demandas en los nudos (ver CAPÍTULO 14).
8. Seleccionar un conjunto de opciones de análisis (ver CAPÍTULO 15).
9. Calibrar la red manualmente como primera aproximación.
10. Ejecutar un análisis hidráulico o de calidad de agua (ver 16.2).
11. Observar los resultados del análisis (ver 16.3).
12. Definir la configuración de calibración (ver CAPÍTULO 17).
13. Calibrar la red utilizando el calibrador de AG del GISRed v1.0.
14. Consignar los resultados de la calibración.
15. Realizar una nueva simulación.
16. Analizar los resultados nuevamente.

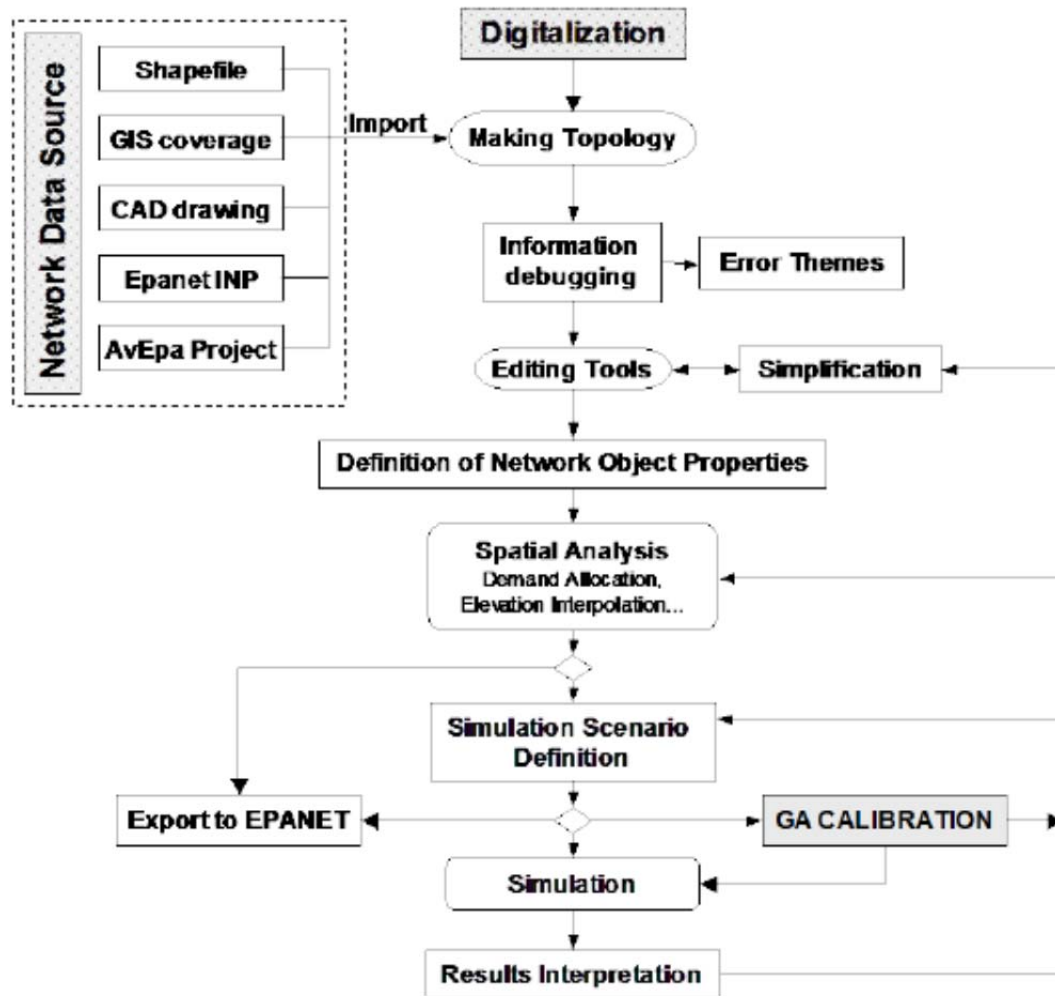
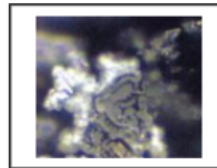
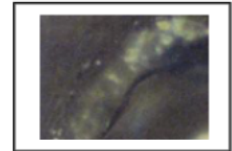


Figura 13. Diagrama de Flujo del Proceso de Construcción de Modelos de GISRed v1.0.
Fuente: (Bartolín, H. y Alzamora, F., 2004)



Capítulo 5

DESCRIPCIÓN DEL MUNICIPIO DE REFERENCIA



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

5. Descripción del municipio de referencia

5. Introducción al Capítulo

- Cuando se habla de Modelo, se hace referencia a una construcción lo suficientemente generalizable como para que represente elementos comunes, en este caso de los Ciclos Urbanos del Agua y sus condiciones de partida que permitan conocer su grado de sostenibilidad. Los objetivos del trabajo han hecho una opción por una determinada escala, como la es la de un pequeño municipio¹, y una situación particular de desarrollo del mismo, como lo es su pertenencia a un país o región en vías de desarrollo.
- Para facilitar dicho trabajo de construcción se vio conveniente trabajar apoyados en la referencia a un Municipio en particular. Este Municipio ofrecerá un conjunto de información sobre su constitución que permitirá una elaboración más confiable del modelo. Pero es preciso aclarar que el Modelo no se ceñirá estrictamente a dicho caso, sino que solo lo utilizará como una fuente de información que contribuya a la construcción del mismo.

El Municipio seleccionado resultó el de Fontana, en la Provincia del Chaco, ubicado en la Región Nordeste de la República Argentina. Su selección respondió fundamentalmente a dos criterios:

- a) Responde a la escala de asentamiento que se había fijado como objetivo estudiar.
- b) El diseño de un modelo supone el acceso de información y la facilidad para poder recabar aquella que no se pudiese disponer.

¹ Cuando en el contexto Latinoamericano se habla de un pequeño municipio, se opta para su caracterización el número de habitantes, que estará dentro del rango de > 5000 habitantes y < 30.000 habitantes.

El primer punto abordado es pues una vista general de dicho Municipio, especialmente en los aspectos relacionados al Ciclo Urbano del Agua en dicha localidad, a los efectos de que el lector pueda completar con mayor precisión, las condiciones bajo las cuales se brindan servicios de agua y saneamiento, junto con algunos aspectos socioeconómicos de la población servida.

5.1 El Caso de Referencia: Municipio de Fontana

5.1.1 Localización

La localidad de Fontana, está ubicada en el Departamento de San Fernando, en la Provincia del Chaco, en la Región nordeste de la República Argentina. Junto con Resistencia, la capital de la Provincia y otros municipios circundantes, conforman lo que se ha denominado desde el punto de vista urbano el “Gran Resistencia”, un conglomerado que en su totalidad alcanza una población de 295000 habitantes, de los cuales Fontana aporta 16000.

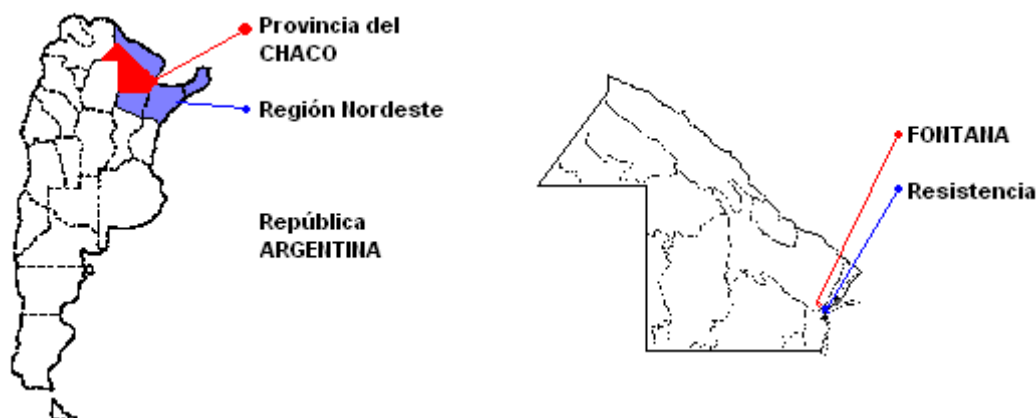


Figura 1. Ubicación Municipio de Fontana.

Fuente: Elaboración propia

5.2 Caracterización de la localidad en estudio

Para tener un conocimiento aproximado de la localidad, solo se mencionan brevemente aspectos de variables relevantes en el Ciclo Urbano del Agua.

5.2.1 Situación Socioeconómica de la población

La población de Fontana ha sufrido un importante flujo positivo de población. De los 8000 habitantes censados en el año 1980, ha pasado en diez años a más de 16000 habitantes, fruto de la incesante migración interna desde el campo a los núcleos urbanos. Demográficamente hablando, Fontana tiene población mayoritariamente joven.

Población por tramos de edad											
Sexo	Total	0-2 años		3-5 años		6-14 años		15-65 años		66 y más	
		Abs.	%	Abs.	%	Abs.	%	Abs.	%	Abs.	%
Varones	7.858	717	9,1	810	10,3	1.942	24,7	4.125	52,5	264	3,4
Mujeres	7.468	647	8,7	714	9,6	1.767	23,7	4.108	55,0	232	3,1
Total	15.326	1.364	8,9	1.524	9,9	3.709	24,2	8.233	53,7	496	3,2

Tabla 1. Población por tramos de edad.

Para su caracterización, se utiliza un indicador que agrupa necesidades básicas de vivienda, trabajo, educación y salud, denominado “Necesidades Básicas Insatisfechas” (NBI).

Hogares según condición de NBI				
Totales	Hogares NBI		Hogares no NBI	
	Abs.	%	Abs.	%
3.453	1.003	29,0	2.450	71,0

Tabla 2. Hogares según condición NBI.

Para el caso de Fontana, nos encontramos con un 29% del total de núcleos familiares que no tienen cubiertas dichas necesidades, lo cual indica serias limitaciones en los ingresos y en la capacidad de alcanzar niveles plenos de autonomía y desarrollo.

5.2.2 Régimen Hídrico

Fontana está ubicada en el Área más húmeda de la Provincia. En términos geográficos, está sujeta a un régimen sub-tropical Atlántico húmedo.

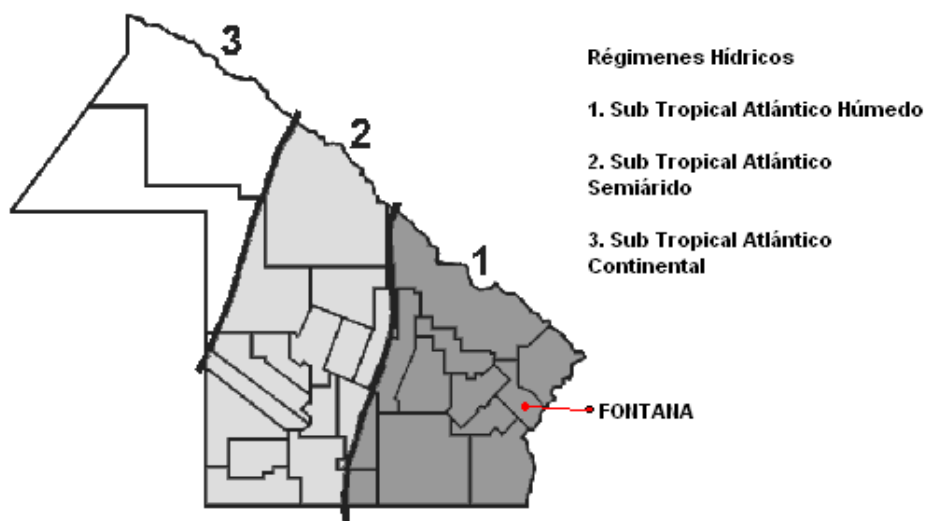


Figura 2. Regímenes hídricos.

Fuente: Elaboración propia.

Se encuentra entre las Isohietas anuales (estación invernal) de 1.100 y 1.300 mm, con un promedio registrado anual de precipitaciones máximas superior a 1.700 mm, identificada como “Área con exceso de agua”. Estas características, sumadas a la de los suaves declives topográficos, hacen de la presencia del agua en forma de ríos con meandros reiterados asociado a un importante sistema lacustre, el perfil predominante que estructura el ciclo urbano del agua para la localidad.

En la imagen que sigue, uno puede tener una idea general del paisaje que circunda al Término municipal:



Figura 3. Paisaje que circunda al Término municipal.

Fuente: Elaboración propia.

5.2.3 Implantación de la Localidad

La implantación de Fontana está estructurada a partir del desarrollo de una vía férrea y los bordes naturales como el que muestra la imagen que antecede. Una visión planimétrica de la localidad es la siguiente:

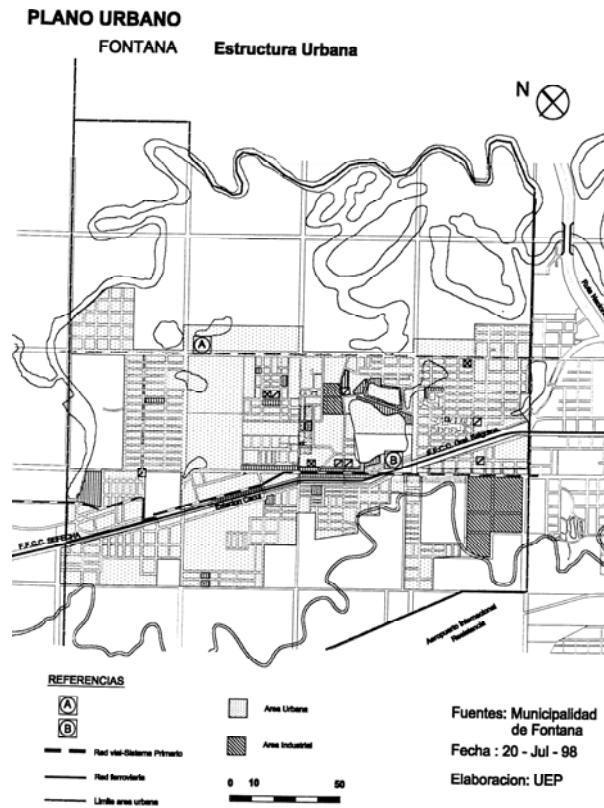


Figura 4. Plano Urbano Fontana.

Fuente: Elaboración propia.

La trama urbana está muy poco densificada, con espacios vacíos en zonas no habitables en algunos casos, con terrenos aptos sin ocupar y con construcciones en planta baja en todo el perímetro. El sistema lacustre mencionado está constantemente en conflicto con las zonas residenciales que avanzan sobre terrenos anegadizos.

5.2.4 Situación de la provisión de agua

Distribución domiciliaria del agua				
Tenencia de agua	Núcleos ²	%	Personas	%
Cañería dentro vivienda	2630	60,9	9822	59,9
Fuera vivienda, dentro terreno	966	22,4	3733	22,8
Fuera del terreno	724	16,8	2838	17,3
No contesta	0	0,0	0	0,0
Total	4320	100,0	16393	100,0

Tabla 3. Distribución Domiciliaria de agua.

No toda la población goza de servicio domiciliario de agua. Solo el 60% de la población dispone de una instalación convencional de agua, y solo el 80 % de la población dispone de servicio de agua por red. El 20 % restante es abastecido por servicios públicos de distribución, ya sea por grifos de uso común o por distribución de agua en camiones cisternas que abastecen depósitos de acceso público.



Figura 5. Grifo de uso público para la provisión residencial de agua en puntos de consumo que cuentan con red de distribución.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 6. Grifo para la carga de camiones cisterna encargados de la distribución de agua potable en puntos de consumo público sin red de distribución.

Fuente: Elaboración propia.

² El término Núcleo hace referencia a la unidad de habitantes, coincidentes en un mismo sector de terreno, y unidos generalmente por lazos de sangre.

Las formas de provisión de agua potable en el término Municipal son las siguientes:

Formas de Provisión de Agua potable en el Término Municipal				
Obtención del agua	Núcleos	%	Personas	%
De red pública	4062	94,0	15406	94,0
De perforación bomba motor	53	1,2	193	1,2
De perforación bomba manual	47	1,1	196	1,2
De superficie (río/lago)	22	0,5	80	0,5
Otro	117	2,7	437	2,7
No contesta	19	0,4	81	0,5
Total	4320	100,0	16393	100,0

Tabla 4. Formas de Provisión de Agua potable en el Término Municipal.

Como puede observarse, la gran mayoría de núcleos de consumo dependen de la provisión por red. Pero, dada la extensión del Término municipal superior a la del alcance del Abastecimiento de Agua, existe un seis por ciento de población que se abastece con agua proveniente de los acuíferos, directamente de los espejos de agua del entorno o también de la compra de agua a personas dedicadas a su distribución a particulares.

5.2.5 Situación del Saneamiento de Aguas Residuales

Al igual que con el agua del abastecimiento residencial, las soluciones de evacuación y tratamiento de aguas residuales también son heterogéneas. A nivel domiciliario, los tipos de instalaciones disponibles son las siguientes:

Instalaciones domiciliarias de saneamiento de aguas residuales				
Obtención del agua	Núcleos	%	Personas	%
Inodoro o ret. descarga/agua	2630	60,9	9822	59,9
Inodoro o ret. sin descarga	966	22,4	3733	22,8
No dispone de inodoro	724	16,8	2838	17,3
No contesta	0	0,0	0	0,0
Total	4320	100,0	16393	100,0

Tabla 5. Instalaciones domiciliarias de saneamiento de aguas residuales.

Lo que podríamos denominar como “Instalaciones convencionales” solo llegan al 60% de los núcleos de consumo, lo que indicaría que el otro cuarenta por ciento, dispone de instalaciones con disposición de aguas residuales “en el sitio”. Del sesenta por ciento que dispone de soluciones “Inodoro con descarga de agua” solo el 30% aproximadamente dispone de conexión a red de alcantarillado, mientras que el otro 30% elimina las aguas residuales utilizando cámara séptica que descarga en pozos de infiltración en las zonas de terreno absorbente, o en zanjas a cielo abierto que cumplen las funciones de drenaje “pluvio-cloacal”.



Figura 7. Núcleos que no disponen de Inodoro de descarga con agua: Soluciones de disposición “en el sitio”.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 8. Zanjas a cielo abierto que reciben descargas de Aguas residuales tratadas “In situ” y desagües pluviales.

Fuente: Elaboración propia.

5.3 El Municipio de Fontana frente a las deficiencias de Agua y Saneamiento

Para comprender la actuación del Municipio y sus limitaciones, es fundamental entender cuál es la dinámica de ocupación del suelo que opera “de hecho” en el asentamiento en las últimas décadas. Podría ser resumido de la siguiente manera: “Primero se habita y luego se urbaniza”. Los procesos de crecimiento poblacional de la localidad fueron acompañados por una creciente incapacidad local de recaudación y de inversión propia en infraestructura.

Las consecuencias han sido las siguientes:

En los Núcleos Residenciales:

- La situación socio-económica muy desventajosa para buena parte de la población impide el acceso a soluciones habitacionales convencionales.
- Viviendas e instalaciones domiciliarias construidas sin control de autoridades que verificasen la calidad de materiales y de ejecución de obras.
- Ocupación de tierras no aptas para ser utilizadas en Usos residenciales.
- Soluciones de tratamiento de aguas residuales y de acceso al agua potable que ponen en riesgo la salud de sus ocupantes.
- Situaciones de inundación en períodos de crecida de ríos y/o grandes lluvias.

En la Actuación Municipal:

- Plantilla de Técnicos del área muy reducida y sin presupuesto propio.
- Total dependencia de financiación externa (provincial , nacional, internacional) para poder proveer de infraestructura y soluciones de mejoramiento sanitario a los sectores sin servicios o con instalaciones no satisfactorias desde el punto de vista sanitario.
- Serias dificultades de aplicar normas de ordenamiento, por no disponer de capacidad real de control del cumplimiento de las mismas.
- Necesidad de generar intervenciones sobre áreas ya habitadas, incluyendo relocalizaciones y consolidación de áreas residenciales.

Perfil de Intervenciones precedentes en el campo del agua y el saneamiento

Ante el contexto deficitario planteado precedentemente, y las serias limitaciones de intervención por parte del Municipio, es importante tener una aproximación a como se está operando actualmente en el campo del agua y saneamiento. Se lo hará mediante una descripción de uno de los dos proyectos ejecutados en Fontana según la mecánica del Programa de Mejoramiento de barrios (PROMEBA) del Ministerio de Desarrollo Social de la Nación. Dicho Proyecto (localizado en la planimetría de Fontana bajo el símbolo “A“) recibió el nombre de “Barrio Evita. Una imagen de las obras ejecutadas son las siguientes:

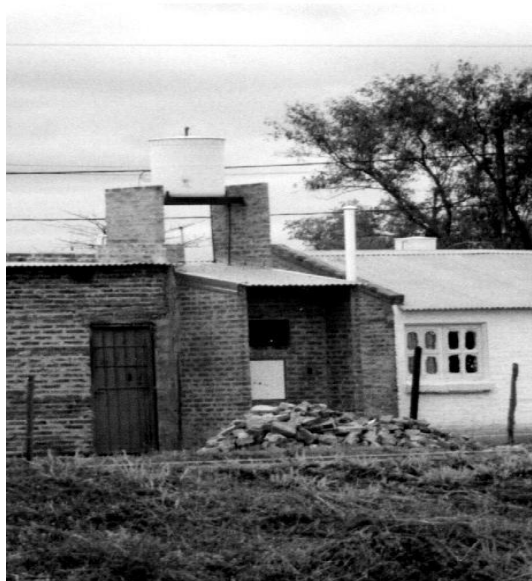


Figura 9. Núcleo Húmedo.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 10. Control de Bordes.

Fuente: Elaboración propia.

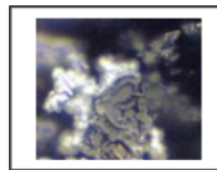
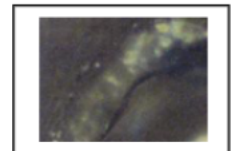
Núcleo Húmedo: Baño + Lavadero + Instalaciones de distribución domiciliaria y tratamiento de aguas residuales “In situ”. Construido en forma adosada a la vivienda existente.

Protección de talud en conexión Inter – lagunas, alcantarilla y protección de bordes con barandas metálicas

- Financiación: préstamo del Banco Interamericano de Desarrollo (BID)
- Condiciones para su otorgamiento: equilibrio fiscal en las cuentas municipales.
- Número de beneficiarios : 60 familias (300 personas aproximadamente)
- Componentes de obra:
 - Infraestructura Pública:
 - . Extensión de la red de Abastecimiento de agua
 - . Sistema de desagües pluviales superficiales
 - . Red vial del barrio
 - . Red peatonal del Barrio
 - . Sistema de suministro de energía eléctrica.
 - . Parquización
 - . Re-acondicionamiento de alcantarillas
 - . Protección de taludes de canales de interconexión de lagunas
 - Infraestructura privada:
 - . Núcleos sanitarios con conexión de agua potable. Cámara séptica y pozo de infiltración
 - . Conexiones domiciliarias de energía eléctrica
 - Asistencia Técnica:
 - . Diseño e ingeniería
 - . Campañas de educación ambiental y capacitación
 - . Regularización del dominio de la tierra
- Inversión realizada: 590.000 dólares estadounidenses
- Organizaciones participantes: Programa PROMEBA (Gobierno central), Instituto DE Vivienda (Provincial), Ayuntamiento de Fontana y Comisión vecinal

La idea de presentar el perfil de un Proyecto concreto responde a los siguientes aspectos relacionados con el presente Proyecto de Asistencia Técnica, a saber:

- Existen antecedentes recientes de la prioridad que tiene para el Municipio los déficit en Agua y Saneamiento de la población del Término Municipal.
- Existe capacidades de gestión para trabajar con organismos especializados en este tipo de obra.
- Abordar estos temas implican la intervención de múltiples factores:, económicos, sociales, ambientales. Para solventar suficientemente las mismas es necesario que se tenga conocimiento de las formas de interacción entre las mismas.
- Las intervenciones puntuales como la presente, si bien son efectivas para un grupo determinado de personas, no abordan una respuesta a la problemática del Ciclo Urbano del Agua en su totalidad.
- Como se verá más adelante en el punto “análisis de alternativas”, la solución carece de una perspectiva de evolución de la misma a lo largo del tiempo (Ej. Nuevos usuarios, función mantenimiento de las instalaciones, relación con la red de provisión y sus tarifas, etc.).



Capítulo 6

MODELO DE SIMULACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD DEL
CICLO URBANO DEL AGUA (CUA)



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

6. Modelo de simulación de la sostenibilidad del ciclo urbano del agua (CUA) - Parte 1

Siguiendo los pasos metodológicos presentados en el Capítulo 4, se abordará primeramente un Modelo Conceptual que permita una comprensión del Ciclo urbano del agua, dejando claramente planteados los principales factores que confluyen en el mismo y de cuyas propiedades particulares dependerá la sostenibilidad del CUA. La definición de dichos factores busca además garantizar la visualización de sus diferencias existentes dentro de un mismo término municipal, heterogeneidad característica de los asentamientos urbanos de las regiones en vías de desarrollo.

Para ello, se decidió explicar una unidad de análisis, denominada Unidad de Consumo y Emisión (UCE), la forma en que se agrupan las variables según se trate su ubicación a nivel de usuarios, nivel de entorno construido y nivel de soporte urbano. Luego se avanzó en un primer diagrama a nivel de UCE para visualizar unos primeros flujos entre factores componentes.

Una segunda instancia de este Modelo Conceptual la constituyó la presentación de gráficos que permiten visualizar un primer nivel de agregación de las UCE pasando una unidad territorial de “parcelas” a otro de “manzanas”. Esta finalmente será la unidad territorial que se utilizará en el modelo de simulación para conocer de qué manera se conforman sectores sostenibles, con sostenibilidad media o dependiente de una explícita gestión y otras insostenibles. Dicha clasificación dependerá del grado de cumplimiento de los tres objetivos de servicio explicitados en el Capítulo 2 del Marco Teórico.

Por último, una tercera instancia del Modelo Conceptual, muestra un segundo nivel de agregación, el de la totalidad de las manzanas conformando el nivel urbano, y la verificación de su relación con el entorno físico-ambiental, lo que permitirá la verificación de los objetivos de preservación, también contenidos el mencionado Capítulo 2.

Finalizado el planteo conceptual, se desarrolla el Modelo de simulación de la sostenibilidad del ciclo urbano del agua para regiones en vías de desarrollo. Se lo dividió dos tramos: el de la provisión del agua y el del saneamiento o evacuación de aguas residuales. Aquí es importante aclarar que si bien la idea inicial siempre fue la de presentar un modelo que aborde la totalidad del ciclo, la realidad particular de la capacidad operativa y las condicionantes del trabajo que se presentaron sintéticamente en la introducción fueron dictando sus propias reglas. Por lo tanto, el Modelo fue sufriendo un proceso de seccionamiento y desarrollo intensivo de subsistemas más reducidos que permitiesen alcanzar el final del proceso metodológico de generación de un modelo de simulación según los presentados en el Capítulo 4.

Por lo tanto se seguirá un proceso de presentación de estos tramos del CUA desde una menor definición, como es el caso del de Saneamiento, a otro de mayor definición, el de la provisión de agua.

El tramo Saneamiento muestra la manera en que se abordó su diseño: se partió de la definición de las condiciones del cauce receptor. Aquí se destaca que el Río Negro, que atraviesa el término municipal de Fontana, está comprendido dentro de un régimen de prevención de inundaciones, por lo que sus aguas no escurren libremente. Este Río está regulado por un sistema de compuertas controlando las aguas que ingresan en sus nacientes y las aguas que finalmente desembocan en el río Paraná. Por lo tanto su comportamiento define los vertidos que este cauce es capaz de asimilar. Para ello, el parámetro elegido ha sido el Oxígeno Disuelto (OD) como exponente de la salud de dicho ecosistema.

En su paso por el municipio de Fontana, dicho río recibe los vertidos de aguas residuales de dos formas distintas : como vertido “crudos” puntual del sector del municipio que dispone de red cloacal (alcantarillado) y vertidos difusos de los sectores que disponen de las aguas residuales en el sitio. Por lo tanto se presenta una planimetría donde se sectorizó la trama urbana del municipio según el tipo de nivel de cercanía y lejanía del cauce del río y/o lagunas y esteros que conforman el entorno natural interconectado de dicho río.

Por último, se presenta un primer diagrama para comprender la totalidad del subsistema y los principales “datos de entrada” que constituyen las variables que definen la DBO/DQO (Demandas Biológicas y Químicas de Oxígeno) resultante de los vertidos. Se dispone de una valiosa información respecto a la variación de estos parámetros de a lo largo de una serie histórica de veinte años en diversas estaciones de medición a lo largo de su recorrido, especialmente antes y después de su entrada al municipio de Fontana.

En cuanto al tramo Abastecimiento del Agua del CUA, se presentará con un mayor grado de precisión, siguiendo los pasos metodológicos para el desarrollo de Modelos de Simulación según la Teoría General de Sistemas, un Diagrama de Forrester que presenta el denominado “SubSistema Acceso”, que busca definir la sostenibilidad del CUA para el abastecimiento de agua a nivel de Manzanas. Esta sostenibilidad está definida por la convergencia entre condiciones denominadas de “Acceso” (Instalaciones apropiadas, Mantenimiento de las mismas y pago de tarifas) con las condiciones de “Distribución” , esto es calidad de los diferentes tipos y calidades de servicio que pueden registrarse en diversos puntos del término municipal.

El SubSistema Acceso está interrelacionado con otros dos Subsistemas complementarios: el “Demográfico” y el de “Ingresos” que permitirán visualizar en forma dinámica como dos aspectos que inciden en forma directa sobre las condiciones de servicio como ser los movimientos migratorios (internos y externos) asociados a las condiciones habitacionales y la variabilidad en la disponibilidad de pagos de tarifas, mejoras y mantenimiento del servicio y sus instalaciones domiciliarias, terminan condicionando en su conjunto la sostenibilidad del CUA en el cumplimiento de los objetivos de servicio planteados en el Marco Teórico.

Un punto de máximo desarrollo del Modelo lo constituye el Subsistema “Consumo de Agua”, que por su relevancia y grado de desarrollo, será el objeto del próximo Capítulo.

6.1 Modelo Conceptual del Ciclo Urbano del Agua

El primer paso que se creyó conveniente dar, luego de dejar claros conceptos claves fue el de construir un modelo conceptual del Ciclo Urbano del Agua dentro de la Escala Municipal.

Dicha construcción tuvo tres partes:

La primera consistió en la identificación de la Unidad de Análisis sobre la cual se mediría la sostenibilidad del Ciclo. Dicha Unidad de análisis queda definida como la relación entre la “Unidad de Consumo y Emisión” con su Entorno Construido y el Soporte Urbano en el sector de residencia.

La segunda presenta un nivel de agregación de dichas UCE’s a nivel de Manzana, unidad territorial urbana que puede definir adecuadamente sectores característicos dentro de distintos términos de sostenibilidad, determinadas por el grado de cumplimiento de los denominados “Objetivos de Servicio”.

La tercera muestra el último nivel de agregación, la del nivel urbano como una totalidad, lo que permite verificar los dos principales “Objetivos de Preservación” que definirán la sostenibilidad del ciclo del agua a nivel urbano.

Por último, y a los efectos de poder sintetizar en un esquema gráfico la estructura y la relación entre variables a partir del flujo de agua, se llegó al Modelo Conceptual donde puede definirse la Sostenibilidad a partir de la noción de Eficacia, Eficiencia y Equidad.

6.1.1 Unidad de Análisis

Se entiende por unidad de análisis la forma elemental sobre la cual se pondrá énfasis en su estudio particular, y el de su comportamiento. En otras palabras, el centro desde el cual se tratará de entender la evolución de las condiciones de sostenibilidad del Ciclo Urbano del Agua.

Según los antecedentes estudiados, existen dos campos que interactuando, buscan en la definición de sostenibilidad un equilibrio dinámico: la población humana y la población biótica. La primera encuentra su hábitat en el sistema urbano y la segunda en el sistema natural o ecológico. Ambas se encuentran en interacción y dependencia.

Frente a las dos poblaciones y sus respectivos medios ambientes existe un denominador común: las condiciones que favorecen o no la vida de ambas poblaciones. Estas condiciones adoptando el enfoque integral expresado en el Capítulo 2 lo llamaremos “Soporte vital”.

Los objetivos del trabajo y los argumentos presentados en el marco teórico, llevan a poner el acento en la población humana (a lo que se le suma el implícito límite del enfoque profesional, con conocimientos y habilidades en el campo urbano).

Esto no quiere de ninguna manera quitarle relevancia a la dimensión ambiental del ciclo urbano del agua, sino más bien ubicar a lo ambiental (en este caso circunscripto al uso del recurso hídrico y a las condiciones bajo las cuales se capitaliza la capacidad regenerativa del entorno natural para el tratamiento de las aguas residuales) ocupará la condición de contexto. Contexto que impondrá condiciones que podremos luego interpretar por medio de parámetros dentro de los cuales deberá inscribirse el consumo de agua y las posteriores emisiones de aguas residuales (relación paramétrica).

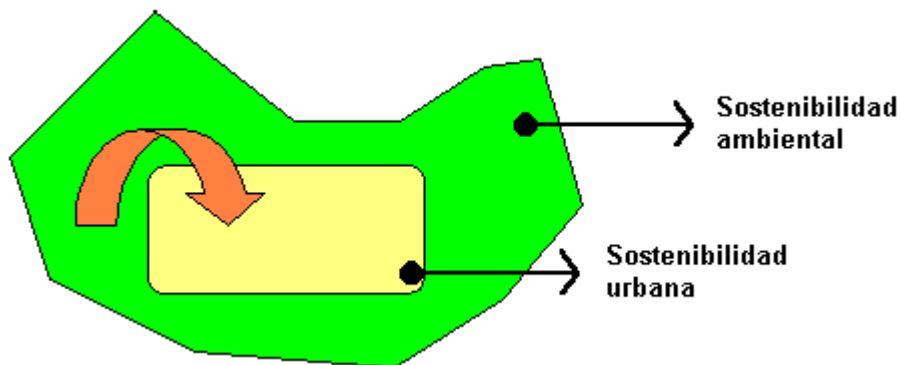


Figura 1. Esquema gráfico: parámetros naturales que expresan la sostenibilidad ambiental, condicionan la sostenibilidad urbana

Fuente: (DEA Nudelman, 2004)

Detendremos la atención primero en la comprensión de la forma en que se medirá la “Sostenibilidad Urbana” donde el análisis se centrará en como el modelo medirá el comportamiento de la población sujeta a condiciones particulares de entorno y de soporte, tomada como Unidad de análisis. Su representación gráfica es la siguiente:

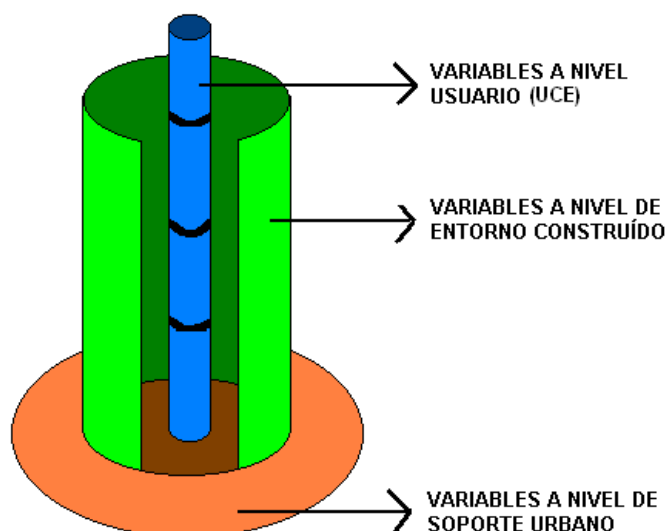


Figura 2. Unidad de Consumo y Emisión, grupos de variables que la conforma Fuente: (DEA Nudelman, 2004)

En azul se encuentra la población. La misma no será estudiada en forma individual sino agrupadas a partir de unidades de consumo, regularmente la familia formada por un número determinado de integrantes y que, para este trabajo se considerará con pautas más o menos homogéneas (ingresos unificados, hábitos sanitarios y grado de instrucción común, etc.)¹. En este núcleo es donde se generan las actividades de consumo de agua y eliminación de aguas residuales. Por lo cual este conjunto puede ser denominado “Unidad de Consumo y Emisión” (UCE).

En verde queda representado el entorno próximo de cada unidad de consumo. Este entorno llamado también “Medioambiente Construido” es dentro del cual la unidad de consumo desarrolla sus actividades domésticas básicas. La unidad de superficie elemental del mismo, para este caso será la parcela dentro del cual se encuentra la vivienda familiar y sus instalaciones de consumo y evacuación. Y en términos de capacidad de transformación para la determinación de las variables que confluirán hacia el mismo, será el entorno que estaría al alcance de ser transformado directamente por cada unidad de consumo².

Por último, en marrón se distinguen las variables que denominan de “soporte urbano”. Para la dinámica del Modelo, quedarán limitadas a las condiciones de habitabilidad del suelo urbano sobre el cual están distribuidas las parcelas (especialmente a sus condiciones de accesibilidad, escurrimiento de las precipitaciones y su altimetría relativa a los niveles de inundabilidad en situaciones de crecida de los cursos de agua circundantes) y al servicio de agua y saneamiento disponible. Estas variables de “soporte urbano” serán consideradas, siempre en términos generales, como externas a las unidades de consumo y transformadas a partir de la actuación directa de los organismos responsables (Ayuntamiento, Cooperativa de Agua y Saneamiento, etc.).

¹ Para esta presentación preliminar se priorizó el entendimiento de la lógica del modelo por sobre la interpretación de las condiciones particulares de las unidades de consumo, como por ejemplo las implicancias que tienen las diferencias de género respecto al enfoque del uso del recurso, especialmente recomendado por los documentos internacionales del sector.

² Esta posibilidad, según las condiciones de los asentamientos en América Latina, debe ser interpretada en términos de probabilidad, especialmente en lo que se refiere a la formalización de las condiciones de consumo y de habitación, dada las condiciones de pobreza en que se encuentran importantes sectores de la población en estudio.

Este soporte será el encargado de abastecer de agua a la población, de canalizar sus emisiones hacia su disposición final y drenar las aguas producto de precipitaciones.

Recapitulando, la unidad de análisis será la población sujeta a condiciones determinadas de entorno construido y de soporte urbano.

6.1.2 Modelo conceptual, una forma de articulación de las variables.

Para definir una forma sintética de interacción de los principales componentes presentados, se desarrolló un Modelo conceptual a partir de la cual se agruparán y seleccionarán las variables relevantes que permitirán la simulación de la sostenibilidad del Ciclo Urbano del Agua. La misma queda expresada en el siguiente gráfico:

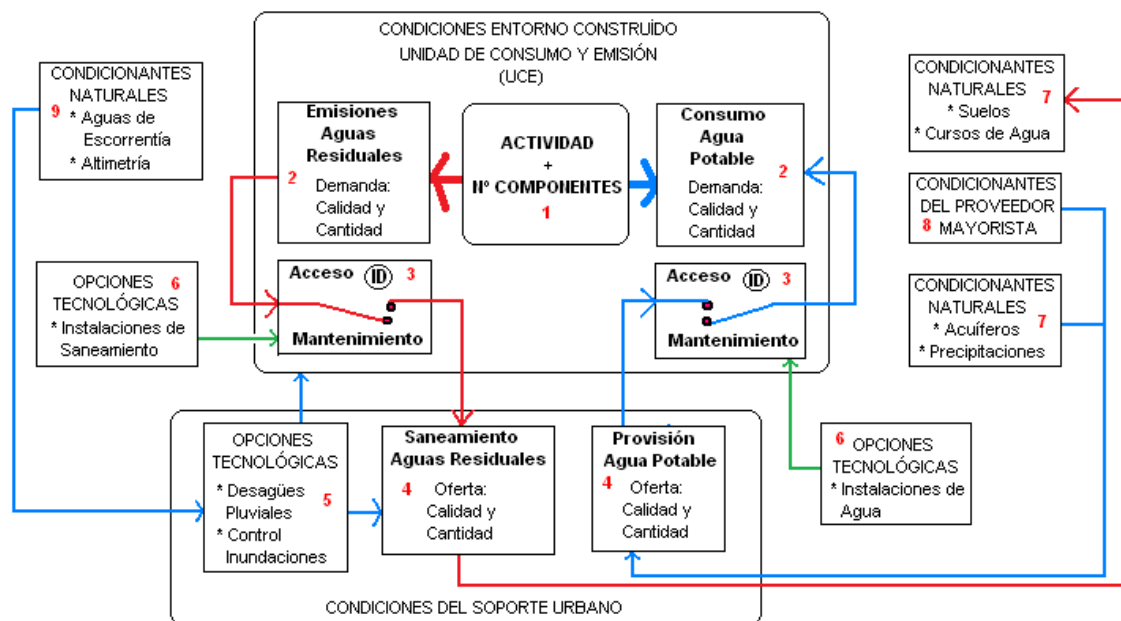


Figura 3. Modelo conceptual del ciclo urbano del agua: flujos de agua potable, dulce (azul) y residual (rojo). Flujo material (verde) instalaciones de acceso. Fuente: (DEA Nudelman, 2004)

Condiciones del entorno construido:

- 1) El punto de partida viene dado por las actividades que se generan dentro de la UCE, consumidoras de agua y productoras de emisiones de aguas residuales. Dichas actividades tendrán como componentes fundamentales: el tipo de actividad y la cantidad de personas que consumen y emiten. Esto en el ámbito residencial. En el ámbito comercial e industrial la componente en cuestión vendría dada por el tamaño y volumen de producción generadores de consumo y emisión, resultando de interés los volúmenes finales de cada uno y en el caso de las emisiones su perfil físico-químico y bacteriológico.

- 2) Las actividades serán las generadoras de demanda, tanto de agua de consumo como de disposición de aguas residuales. La demanda podrá a su vez discriminarse en calidad y cantidad, dimensiones fundamentales de los flujos en cuestión.

Calidad: para el consumo, habrá actividades que requieran un agua física, química y bacteriológicamente adecuada (consumo humano directo por ejemplo), mientras que otra, dentro de los términos generales de “agua no potable” podrán satisfacerse (riego, por ejemplo) con un perfil característico particular, pero sin llegar a los niveles del anterior. En cuanto a las aguas residuales habrá aquellas cuyo contacto directo con las personas signifique un riesgo para la salud pública (“aguas negras”, por ejemplo) y otras que no (“Aguas grises”, por ejemplo).

Cantidad: para el desempeño adecuado de las actividades de consumo, habrá una cantidad necesaria de agua, que oscilará de acuerdo a particularidades determinadas (Hábitos, cultura, clima, equipamiento, etc.). Un porcentaje de dicho consumo total (75 % en términos generales) pasará a convertirse en agua residual que las UCE’S demandarán ser dispuestas en forma adecuada, tanto ambiental como sanitariamente.

- 3) Cada UCE tendrá un intermediario tecnológico entre su demanda de agua y saneamiento y la oferta. Dicho intermediario recibirá el nombre genérico de “Instalaciones Domiciliarias” (ID). Las Características de dichas ID permitirá acceder a las formas disponibles de abastecimiento y recepción de aguas residuales que disponga cada UCE en su sector. En este punto cada UCE debe disponer de Recursos (Económicos, Materiales , de Mano de Obra) que le permitan:

- Disponer de la ID pertinente a sus demandas y a la oferta disponible en su sector
- Mantenerse ligado a la oferta de agua y saneamiento de su sector (Ej. pago de las tarifas mensuales por agua y saneamiento).
- Mantener además las condiciones de operación y mantenimiento de sus ID.

De no confluir estos recursos, se producen formas de “desconexión” de la oferta, disminuyendo la calidad de la misma a nivel de la UCE.

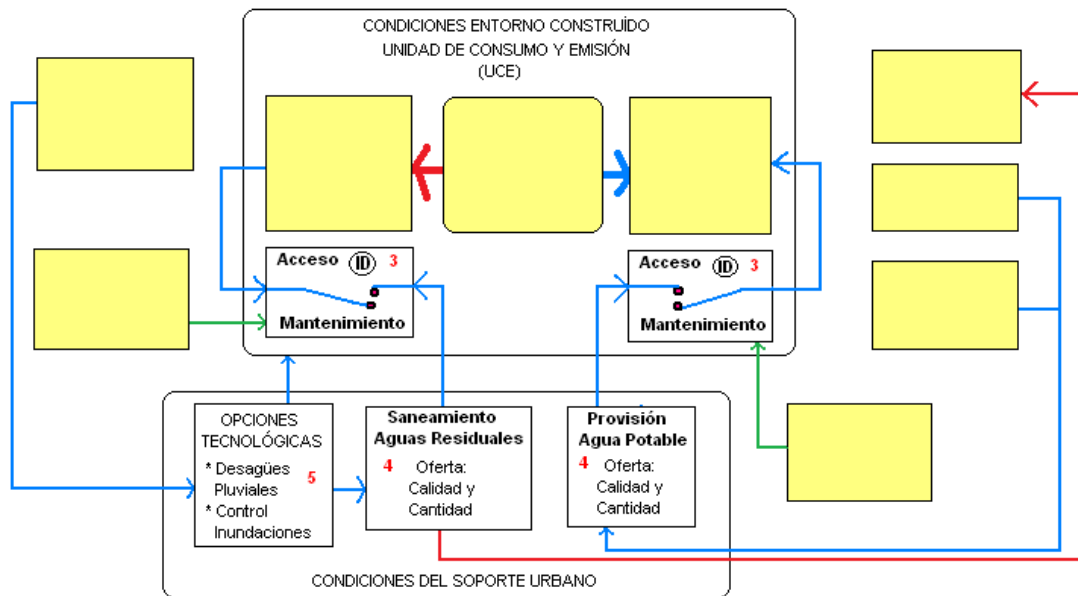


Figura 4. Modelo conceptual, condiciones de soporte urbano. Fuente: (DEA Nudelman, 2004)

Condiciones de soporte urbano

- 4) A cada sector del término municipal donde se localicen las UCE'S llega una o varias formas de oferta ya sea de abastecimiento de agua como de recepción de aguas residuales. Cada una de dichas ofertas incorporan un tipo de servicio (en calidad o cantidad de agua ofrecida y agua residual recepcionada) que dependerá de condiciones internas de las mismas (Por ejemplo presión de servicio en el sector, en el caso del abastecimiento de agua por red, o el tipo de compuestos eliminados a través de aguas residuales por alcantarillado público). Pero también confluyen condicionantes del entorno de la oferta que se transmiten por diversos canales (tarifas, calidad del servicio, límites) a las UCE'S, según sea la naturaleza de dichas condicionantes.
- 5) Otro elemento que conforma el ciclo urbano del agua es el de la escorrentía de aguas de lluvia. El cauce de las mismas que facilite el escurrimiento de las mismas estará dado por las obras, transitorias y definitivas que se ocupen de ello. Su presencia (o ausencia) impacta directamente en las condiciones de habitabilidad del Entorno Construido de la UCE. Según los sectores que se trate estos también podrán cumplir objetivos de canalización de emisiones finales de aguas residuales.

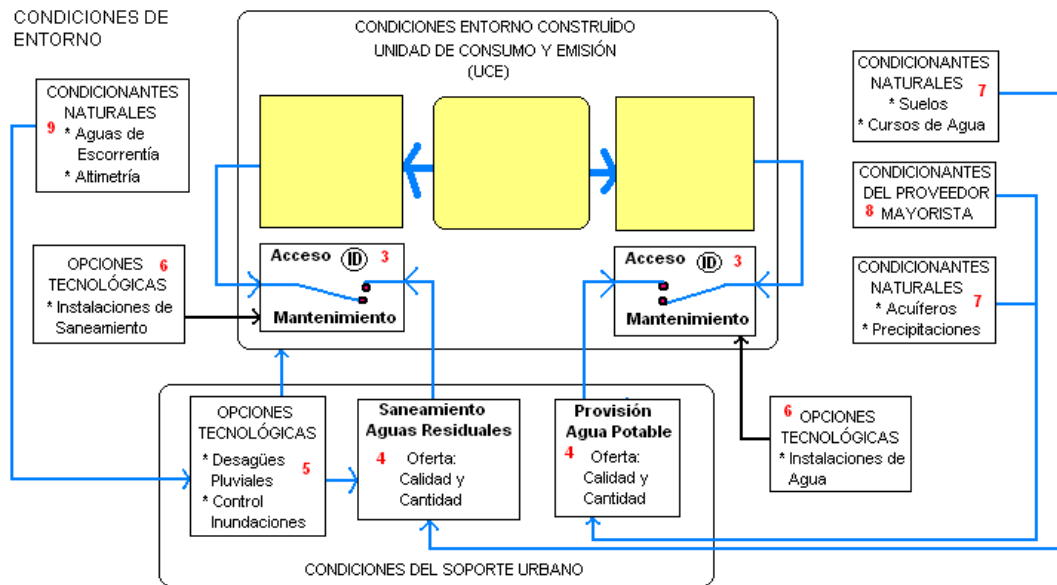


Figura 5. Modelo conceptual, condiciones del entorno urbano. Fuente: (DEA Nudelman, 2004)

Condiciones de entorno

- 6) Las Instalaciones Domiciliarias estarán definidas por las diversas “Opciones Tecnológicas” que se ajustan a las condiciones locales de la oferta, el mercado del agua y el saneamiento, la disponibilidad económica, las formas de ejecución de las mismas y la Normativa vigente tendiente al preservar la salud de los usuarios, las condiciones medioambientales y la seguridad del servicio al cual brindará acceso.
- 7) El denominado Entorno de la oferta es el encargado último de proveer el recurso hídrico (en forma de cursos de agua, lluvia o acuíferos y de recibir las aguas residuales provenientes de las actividades de las UCE’S. De sus particulares características emanan las condicionantes de explotación de las mismas:
 - Las aguas destinadas a consumo tendrán características de calidad que las harán aptas (o no) para distintos usos. Su disponibilidad en ciertos volúmenes permitirán a su vez una explotación dentro de límites determinados. Estos límites serán los de un uso sostenible de los recursos hídricos disponibles en el término municipal.
 - Los cursos de agua, asociados a los suelos de infiltración permitirán la recepción de las emisiones finales de aguas residuales del Término Municipal. Brinda de esta manera un servicio ecológico de “regeneración de aguas residuales”. Esta será la capacidad que deberá mantenerse, junto con las condiciones bióticas de ambiente acuático para considerarse como uso sostenible del recurso. Las mismas quedarán expresadas por calidad y cantidad de emisiones finales descargadas en dichos medios.

- 8) En el caso particular del Término Municipal que nos ocupa existen condicionantes provenientes de la Empresa provincial que exporta agua tratada a la empresa abastecedora local. De esta forma existen condicionantes de calidad, cantidad y tarifa que impactan sobre la oferta de agua potable.
- 9) Los niveles de precipitación y la topografía del lugar condicionan el dimensionado y tipo de resolución tecnológica que resuelva el adecuado escurrimiento de aguas de lluvia.

6.1.3 Sostenibilidad del CUA a nivel de UCE

En la escala de cada UCE, según el Modelo conceptual planteado, la sostenibilidad del CUA está circunscripta al cumplimiento de los Objetivos de Servicio enunciados en el marco teórico se traduciría en la confluencia de dos condiciones:

- Que el Soporte Urbano ofrezca en condiciones de Eficacia (Agua: que se abastezca en calidad y cantidad; Saneamiento: que se canalicen/absorban sanitaria y ambientalmente las aguas residuales) y Eficiencia (que dicha eficacia se traduzca en términos económicos que estén en consonancia con la disponibilidad de pago de cada UCE de tarifas, mejoras y mantenimiento) y Equidad (que las condiciones de Eficiencia abarque a todos los habitantes del término municipal y en cada punto geográfico del mismo).
- Que cada UCE esté en condiciones de Acceder a las Eficientes condiciones de agua y saneamiento en cuanto: condiciones iniciales materiales (instalaciones), capacidad de mejoras (en virtud de los diferentes modos de servicios de agua y saneamiento) y capacidad de mantenimiento (que a lo largo del tiempo se puedan mantener la optima calidad de funcionamiento de las instalaciones y se cuenten con los recursos económicos que los servicios demanden).

6.1.4 Necesidad de agregación de las UCE

La determinación de la unidad de análisis ayudó a construir el modelo conceptual precedente. La unidad de análisis, como también se presentó en el capítulo metodológico, constituyó la célula básica de información a la hora de ejecutar el registro de información primaria con las encuestas.

Ahora bien, el Modelo de Simulación tiene como objetivo aportar información relevante para la planificación y gestión del sector del agua y el saneamiento, especialmente en el mediano plazo. Por lo cual no se justifica disponer de una información desagregada a nivel de usuario cuando el requerimiento de soporte de información requerirá un nivel de definición a nivel de sectores urbanos que puedan ser clasificados según su grado de sostenibilidad. Por lo tanto, la unidad territorial que proporcionará ese nivel de agregación es la manzana, según puede visualizarse en el siguiente gráfico.

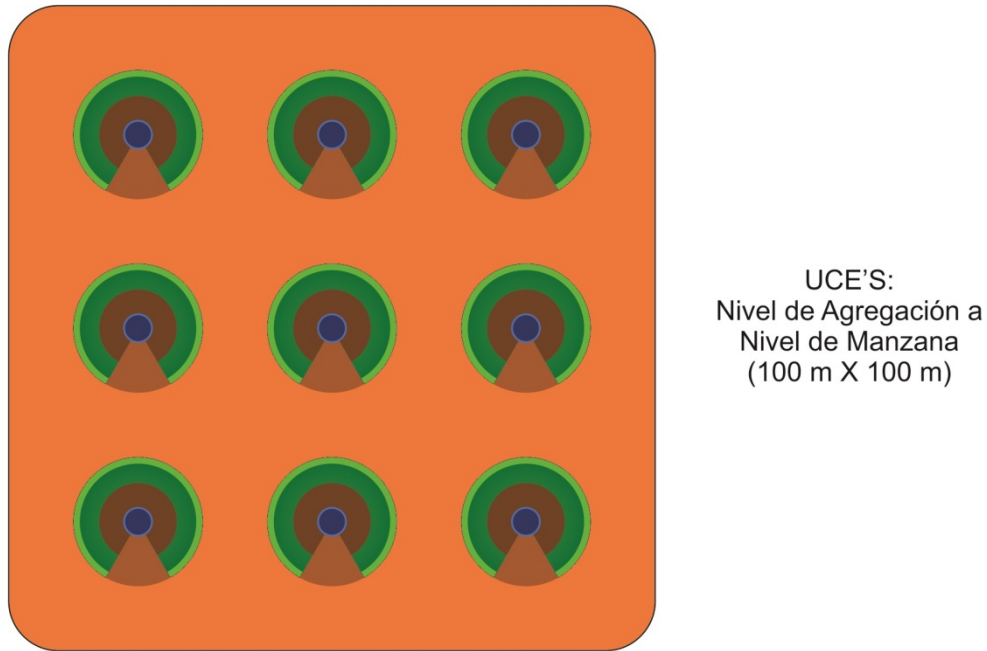


Figura 6. Agregación de la información según su base territorial: de parcela a manzana.

Fuente: Elaboración propia.

Esta agregación parte del hecho de que cada una de las variables significativas que pueden obtenerse por cada UCE, pueden agregarse cuantitativamente mediante los estadísticos de Promedio y Desviación estadística para una comprensión de cada variable asignada a la totalidad de cada manzana. Además, como se lo presentó también en el capítulo metodológico, gracias al proceso de interpolación geográfica puede asignarse información estadísticamente consistente a las manzanas que no fueron incorporadas a la muestra aleatoria. En virtud de estos conceptos precedentes, pueden también asumirse como válidos los esquemas gráficos del Modelo Conceptual tanto para una UCE como para el conjunto de UCE'S agrupadas en una Manzana.

6.1.5 Aplicación del Concepto de Sostenibilidad a la Unidad territorial "Manzana"

Según el marco teórico, la definición de sostenibilidad del ciclo urbano del agua es el resultado del cumplimiento de un conjunto de objetivos divididos en dos grupos:

- Objetivos de Servicio, asignados a cada manzana que integran el término municipal en estudio, que contengan población.
- Objetivos de Preservación, asignados a la totalidad del término municipal.

Para el caso de los objetivos de preservación, será necesario un segundo nivel de agregación que será presentado a continuación.

Será conveniente entonces, recordar los objetivos de servicio:

- 1) Distribución del agua, en calidad y cantidad, y posibilidades de eliminación segura de aguas residuales, en todos los puntos del asentamiento.
- 2) Acceso al agua potable y al saneamiento eficaz, de todos los habitantes del asentamiento.
- 3) Mantenimiento de las condiciones de uso y servicio a lo largo del tiempo, tanto para provisión de agua potable como saneamiento.

Pero para que el cumplimiento de estos tres objetivos proporcione al ciclo urbano del agua la categoría de sostenible, deben cumplir además con las tres siguientes condiciones:

- Eficacia: deben cumplir de ciertos parámetros de calidad y cantidad según la satisfacción de requerimientos de la demanda.
- Eficiencia: dicha eficacia debe alcanzarse con unos costos que estén en equilibrio a la disponibilidad de recursos locales tanto de los responsables de garantizar el servicio como de las unidades familiares, comerciales o institucionales donde se genera la demanda.
- Equidad: deben cumplirse en todo el término municipal, estableciendo condiciones de cumplimiento de los tres objetivos en forma apropiada a las características particulares de los distintos sectores que integran la localidad.

Como ya se planteó en el Capítulo referido al Marco Conceptual de la Sostenibilidad, su aplicación al Ciclo Urbano del agua quedó definida de la siguiente manera:

El Ciclo Urbano del Agua es sostenible cuando la provisión de agua de consumo, la disposición de aguas residuales y la evacuación de aguas de escorrentía es efectuada en condiciones de eficacia, eficiencia y equidad en condiciones de equilibrio dinámico a lo largo del tiempo.

Para su aplicación a la Unidad de análisis definida precedentemente se parte de los siguientes supuestos:

1. Existen conjuntos de Soluciones (y no soluciones únicas) de Provisión de Agua de Consumo y Tratamiento de aguas residuales³ eficaces.
2. La Eficiencia de dichas Soluciones dependerá del uso conveniente de los recursos disponibles que las mismas faciliten, preservando la condición de eficiencia.
3. Las soluciones serán equitativas cuando estén al alcance de la totalidad de las UCE y mantenidas a lo largo del tiempo.
4. El Ciclo Urbano del Agua en un determinado Término Municipal considera el conjunto de recursos hídricos existentes.

³ En el supuesto se excluyen las soluciones para la evacuación de aguas de escorrentía por sus características particulares que serán explicadas en la lógica del Modelo.

Para medir las condiciones de sostenibilidad se deberán conocer:

- A) Las Formas actuales de Provisión de Agua y disposición de aguas residuales en las UCE'S
- B) Las Soluciones factibles de ser implementadas en virtud de las condiciones de Entorno construido y Soporte Urbano.
- C) Los Costos de cada Solución y los Recursos disponibles en las UCE'S para acceder y mantenerse en las mismas.

Un esquema nos ayudará a visualizar la forma propuesta para medir la sostenibilidad:

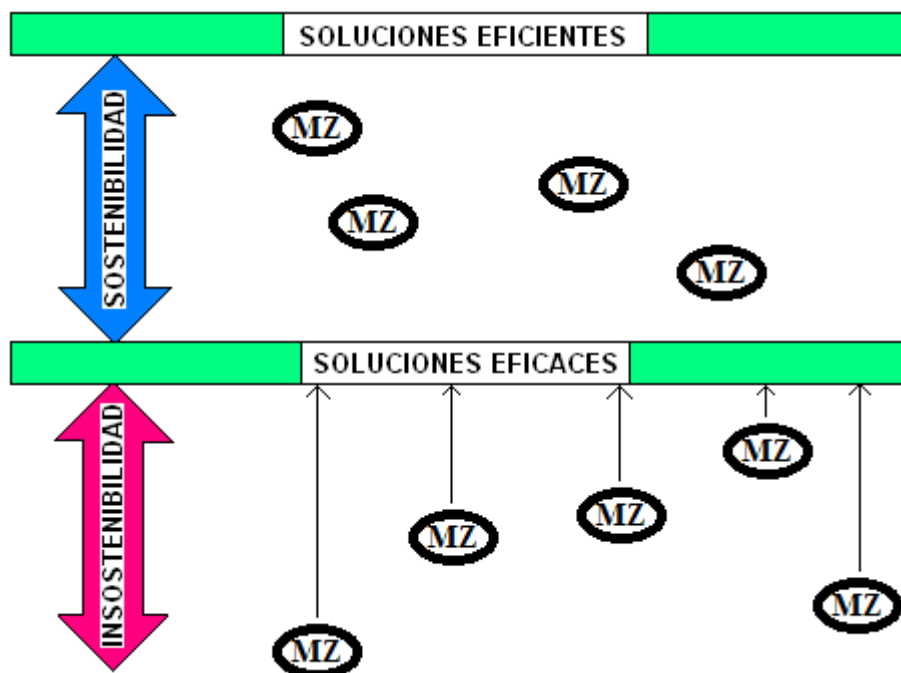


Figura 7. Esquema gráfico: Sostenibilidad a a partir de que cada manzana cuente con un promedio satisfactorio de soluciones eficaces y eficientes. Fuente: Adaptación DEA Nudelman, 2004

En el Sector “Sostenible” se encontrarán todas aquellas Manzanas cuyas Soluciones de provisión de agua y disposición de aguas residuales son (o pueden llegar a ser , según la condición de partida y los recursos disponibles en la Manzana) “Eficientes” o sea que alcanzando objetivos de eficacia se corresponden con los recursos disponibles por las Manzana. Esta correspondencia hace que las Soluciones de agua y Saneamiento pasen de “Eficaces” a “Eficientes”. De esta forma la condición de “Sostenibilidad” no solo hace alusión a una situación existente, sino que también refleja las potencialidades de modificación de consumo y eliminación en base a soluciones factibles.

En el Sector “Insostenible” se encontrarán todas aquellas Manzanas que, sin disponer de soluciones eficaces de agua y saneamiento, tampoco cuentan con los recursos que les permitirían acceder a soluciones factibles. La distancia que separa los Recursos disponibles por las Manzanas para estos fines, de los costos de las soluciones indicarán el grado de insostenibilidad.

Por último, y en una visión del conjunto del Término Municipal, la equidad estará dada por la distribución que se da (o se podría llegar a dar) de soluciones eficaces entre las UCE 'S que residen en el mismo.

6.1.6 Sostenibilidad a nivel urbano: cumplimiento de los objetivos de preservación.

Para la verificación del cumplimiento de los objetivos de preservación, es necesario un nivel de agregación de la información a nivel urbano. Dichos objetivos expresaban:

- 1) No consumir más agua que aquella que el medio está en condiciones de aportar.
- 2) No verter a los cursos receptores más contaminantes que aquellos que el medio tenga capacidad de regenerar, en virtud de los objetivos de calidad de agua consensuadamente establecidos.

Para el primer objetivo, el siguiente esquema permite visualizar lo que se persigue:

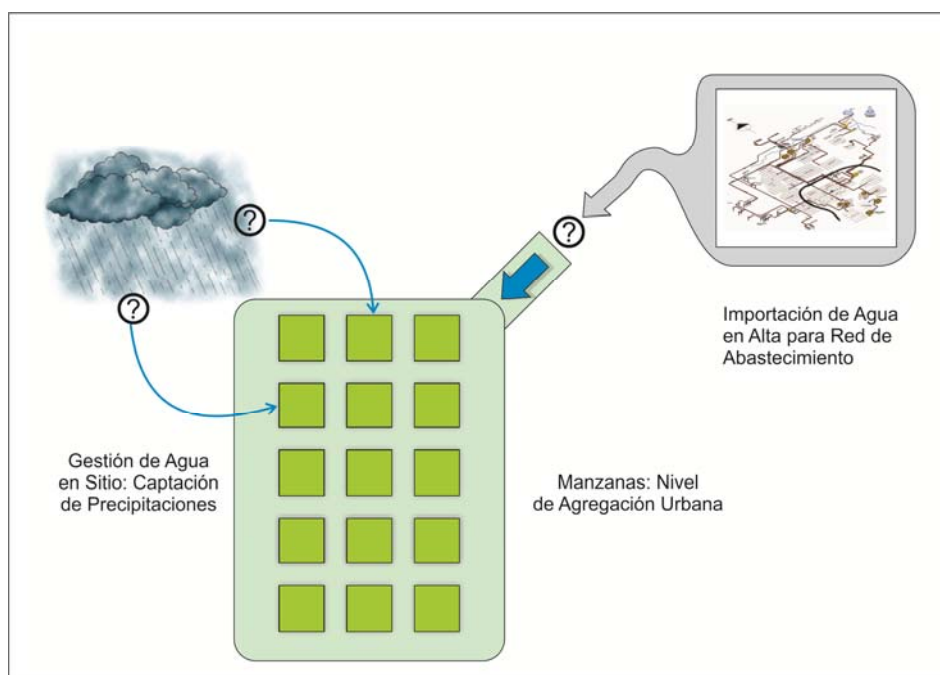


Figura 8. Objetivos de Preservación “Consumo urbano del Agua”: agregación de la información por manzanas. Fuente: Elaboración propia.

Para el caso de referencia hay que reconocer dos fuentes principales de agua: la importación de agua del servicio que opera en el término municipal de Resistencia (extraída del río Paraná y potabilizada) y los aportes directos de las precipitaciones. Sin dudas los generosos caudales aportados por el río Paraná, aun en períodos de bajantes, garantiza los consumos de todos los municipios del gran Resistencia. El cambio climático, como ya se presentó en el Capítulo 2 abre quizás más expectativas en cuanto a un crecimiento espectacular y de una periodicidad inter-crecidas aun mayor, que bajantes agudas que produzcan un crisis de provisión a las demandas urbanas de la región.

Las limitaciones en cuanto a sostenibilidad en este punto estarán dadas más bien por la capacidad operativa de producción de la planta potabilizadora y de provisión en alta al municipio de Fontana.

La otra fuente directa de provisión, la del agua de lluvia, responde a los principios de “gestión en el sitio”, y para la ubicación geográfica del municipio de Fontana, la isohieta de 1000 mm garantiza un aporte anual directo nada desdeñable a la hora de diversificar las fuentes de provisión.

El gráfico muestra en cada punto de contacto entre la oferta disponible y la demanda agregada urbana (la cual obviamente deberá no solo contemplar la demanda residencial, sino también la institucional e industrial y los porcentuales estimados de agua no controlada) se abren signos de interrogación, cuya respuesta ofrecerá un panorama de sostenibilidad o insostenibilidad. Esquemáticamente, se podría estar frente a tres tipos de respuestas:

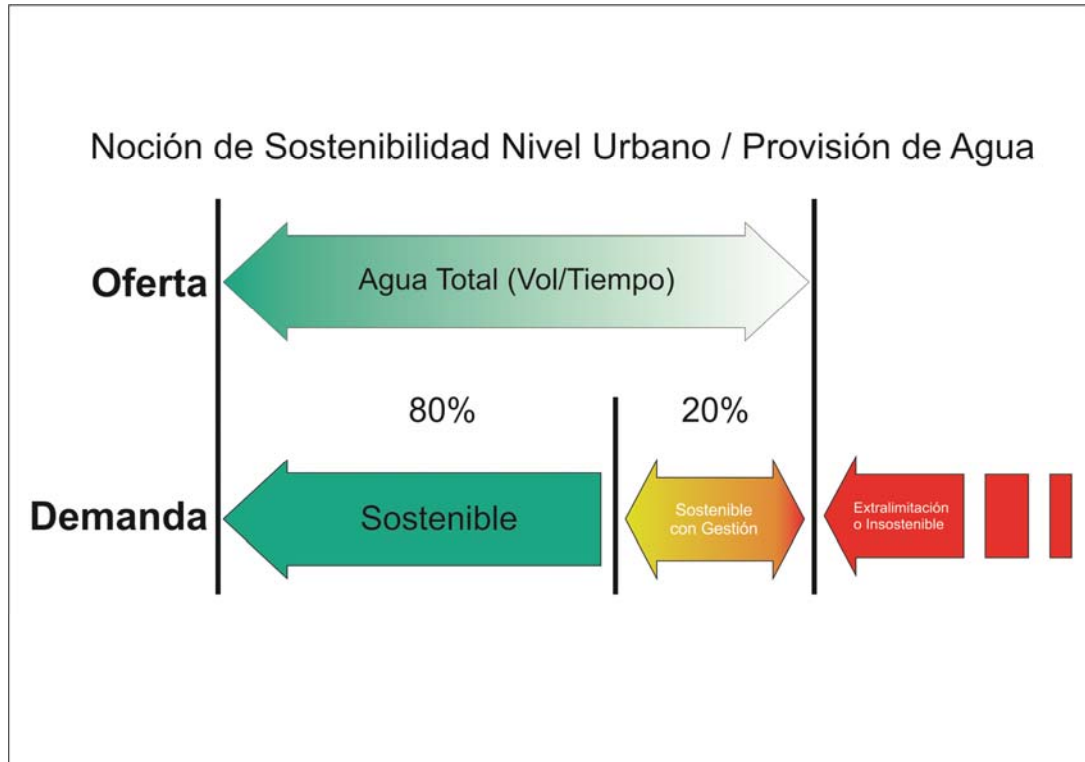


Figura 9. Objetivo de preservación para la provisión urbana de agua : Grados de convergencia entre Oferta y Demanda. Fuente: Elaboración Propia.

Se asumió un margen de seguridad del 20% a los efectos de que una gestión local sostenible del agua garanticen que no se caerá en situaciones de extralimitación, o lo que es lo mismo, insostenibilidad. Se tomará como parámetros, en lo que hace al agua importada en alta, a las capacidades operativas y acuerdos políticos existentes con el servicio del municipio de Resistencia. Y por otro, las información que se vaya generando a partir de las incidencias climáticas sobre el régimen de lluvias en la región.

En cuanto al saneamiento, la agregación de información urbana reflejaría para el caso de referencia las siguientes condiciones:

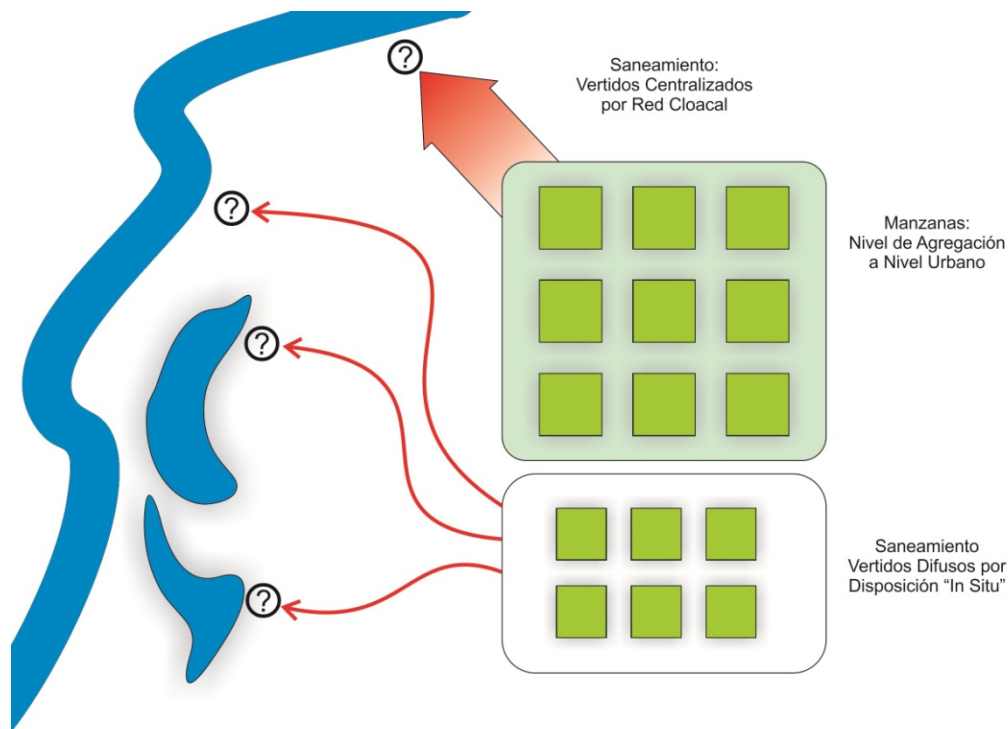


Figura 10. Objetivos de Preservación “Vertidos urbanos de agua residual”: agregación de la información por manzanas. Fuente: Elaboración propia.

Los vertidos del agua residual de Fontana llegan al cauce del río Negro, que atraviesa su casco urbanizado, de dos formas: existen sectores que dispondrán (en el momento del estudio se iniciaban las obras de construcción de las cloacas o alcantarillado) de servicio cloacal, con un vertido centralizado en el río Negro y el otro basto sector dispone de instalaciones de tratamiento “in situ”, con lo cual el vertido se realiza en forma difusa.

Las limitaciones que este medio receptor impone a las condiciones de vertido, provienen de los objetivos de calidad de aguas superficiales establecidos por la Administración Provincial del Agua (APA), quien los ubicó como agua “apta para usos productivos, pesca y paisajísticos).

Por lo tanto, siguiendo el mismo razonamiento que con la provisión del agua, se establecería como sostenible o insostenible el siguiente “portal”:

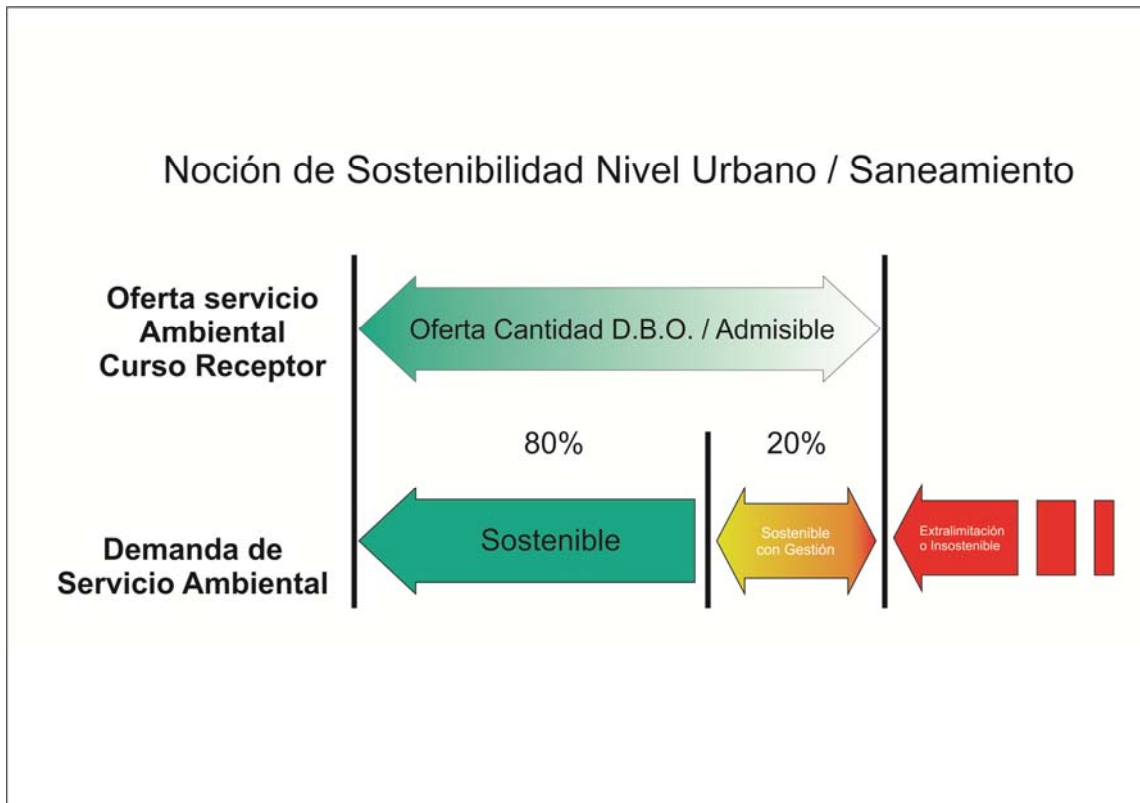


Figura 11. Objetivo de preservación para los vertidos urbanos de aguas residuales: Grados de convergencia entre Oferta y Demanda. Fuente: Elaboración Propia.

Vale la pena adelantar algo que se verá más precisamente en el próximo punto: para este tramo del CUA, la convergencia entre oferta y demanda es mucho más difícil de establecer. Por una parte la determinación de cuanto contaminante finalmente llegan al cauce receptor cuando buena parte del saneamiento (aun con obras de redes cloacales) se realiza “in situ”, es de un entorno de precisión más bien amplio. El otro factor de convergencia difícil queda establecido por las condiciones fluctuantes del curso receptor, donde el caudal juega un rol decisivo en la ecuación de determinación de cuanta carga contaminante es sostenible.

6.2 Avances en la Construcción del Modelo de Simulación: Tramo Saneamiento.

En este punto se busca presentar sistemáticamente los principales aportes para modelizar este tramo del Ciclo Urbano del Agua. Como se dijo más arriba se parte desde los avances con menor definición como es el caso de este tramo, para luego avanzar en el sector de la provisión de agua, donde se registró una avance del modelo de simulación de un nivel superior.

Aun así, los pasos dados han sido sustanciales, fundamentando de una manera significativa avances que puedan darse a futuro. Para esta construcción se contó con la invaluable cooperación del Dr. Ing. Miguel Martín del Departamento de Ingeniería Hidráulica y Medioambiente de la Universidad Politécnica de Valencia, quien asesoró el planteo de este trabajo y aportó información pertinente para ello.

6.2.1 Descripción del Cauce Receptor

El Río Negro es un río de llanura, cuyo cauce se desarrolla íntegramente dentro de la Provincia del Chaco. Como puede visualizarse en el siguiente gráfico, abarca un total de 8100 km² (Administración Provincial del Agua – APA, 2008) . Como todo río de llanura, es de escasa pendiente, con un cauce poco definido, con meandros y sistemas de esteros y lagunas interconectados.

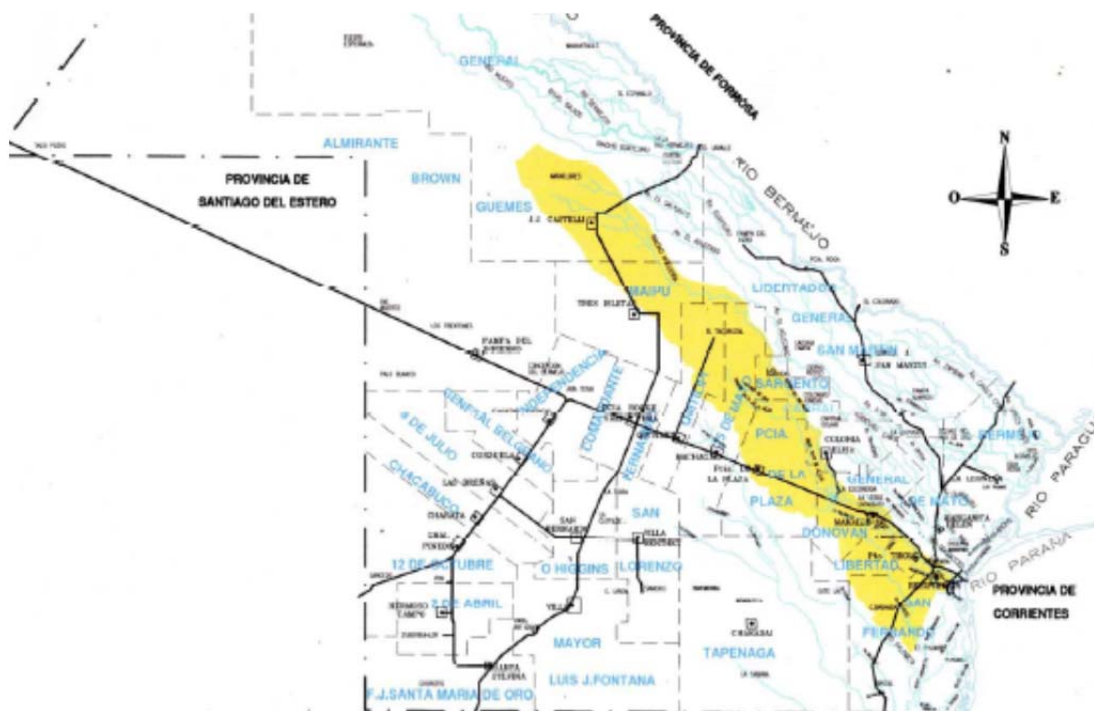


Figura 12. Provincia del Chaco – Cuenca del Río Negro. Fuente: APA, 2008.

Para las finalidades de este trabajo, es de destacar las obras de control contra inundaciones que el Río tiene en dos puntos de su baja cuenca, en virtud de la vulnerabilidad que unas 300.000 personas que habitan en lo que se denomina el “Gran Resistencia” (conurbación de los municipios de Resistencia – Capital de la Provincia del Chaco -, Barranqueras, Vilelas y el municipio de referencia, Fontana) tienen respecto a las inundaciones que las crecidas de este río han tenido en el pasado.

Las obras consisten en diques y compuertas colocadas aguas arriba, en la localidad de Laguna Blanca, y la otra en la desembocadura cercana al cauce del río Paraná.

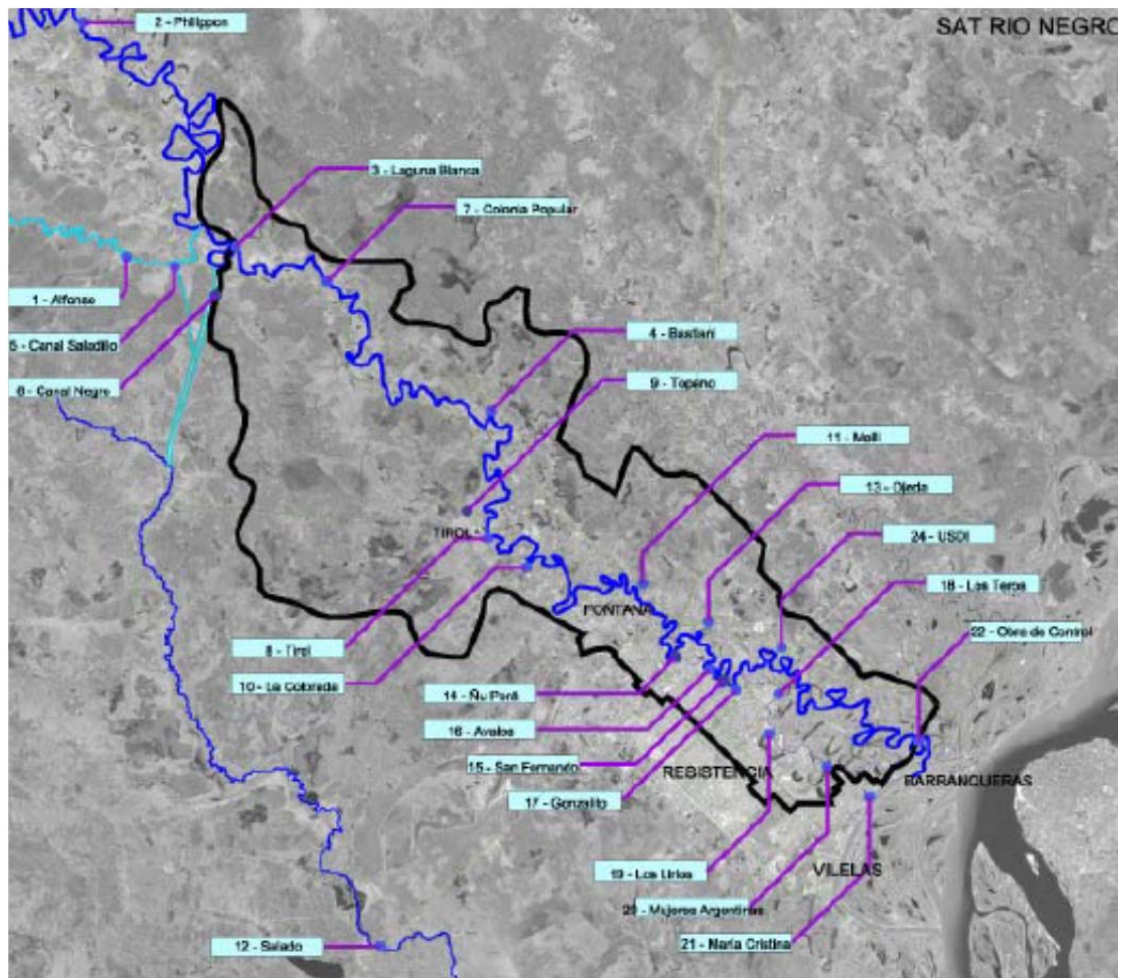


Figura 13. Baja cuenca del río Negro: ubicación de las obras de control de Inundaciones y ubicación de las estaciones de telemedición. Fuente: APA, 2008.

Dichas obras mantienen ambas compuertas abiertas cuando el río Paraná tiene niveles normales. Cuando se produce crecidas en este, se cierran las compuertas sobre la desembocadura del río Negro, para evitar que las aguas del Paraná ingresen al Gran Resistencia. Allí comienzan a operar también las estaciones de bombeo para continuar el drenaje de las aguas del Negro hacia el Paraná. Pero en el caso de que durante una situación de crecida, se dé un ingreso extraordinario de agua en la cuenca del río Negro por precipitaciones, se acciona el cierre de las compuertas ubicadas en Laguna Blanca, para evitar el ingreso de la cuenca media y superior, produciendo su derivación canalizada hacia el río Salado, ubicado al sur del Gran Resistencia y sin incidencia directa sobre los centros poblados. En la figura siguiente puede visualizarse una de las obras mencionadas: la que controla la descarga del río Negro en su desembocadura en el río Paraná:



Figura 14. Obras de control del río Negro en su desembocadura en el río Paraná. Fuente: www.chacodiapordia.com Link: <http://chacodiapordia.com/noticia/52748/la-apa-comenzo-a-descomprimir-el-rio-negro-y-cerro-compuertas-del-dique>

Este sistema de control es complementado con un sistema de defensas permanentes y transitorias cuya traza figura a continuación:

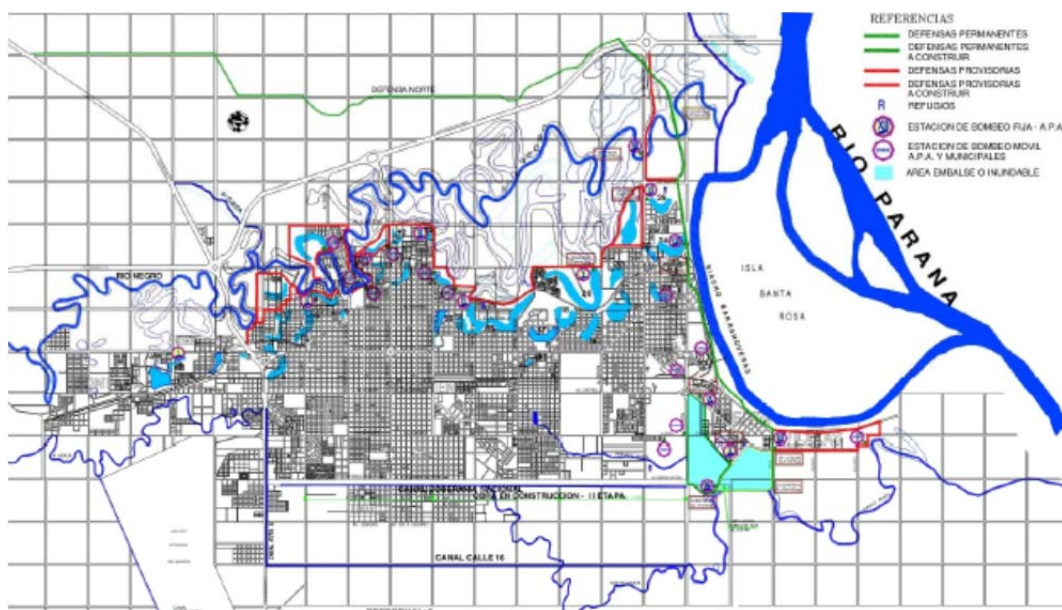


Figura 15. Gran Resistencia: Traza del sistema de defensas contra inundaciones. Fuente: APA, 2008

Por lo tanto, asociado a los períodos de bajante/crecidas del río Paraná, el Negro, cauce receptor de las aguas residuales del municipio de referencia, puede comportarse como “río” o como “lago”, según lo cual el cumplimiento del Objetivo de Preservación “No arrojar más contaminante que aquel admisible por la dinámica propia del cauce receptor y los objetivos de calidad de agua que se persigan para el mismo”, ofrecería en principio dos condiciones conceptuales distintas para la determinación de restricciones de contaminantes a ser incorporados al cauce receptor.

6.2.2 Principales avances teóricos en para la determinación de Oxígeno Disuelto en el río

Estos contenidos fueron los iniciales planteados para comprender el problema de los vertidos de aguas residuales en el río, y la manera indicada por la teoría para construir este tramo del modelo. Están basados en la teoría general de los balances de materia en sistemas naturales.

>Respecto al transporte de contaminantes en ríos

La modelación de transporte de contaminantes en ríos requiere el conocimiento de parámetros hidrológicos (caudal, velocidad, coeficiente de dispersión) y geométricos (profundidad, anchura, sección transversal, pendiente).

La variación del caudal con el tiempo viene determinada por el régimen hidrológico anual (pluvial para el caso que ocupa). La actividad humana también ha contribuido en gran manera a la modificación de los caudales de los ríos mediante su regulación, según se ha presentado en el punto anterior.

Los ríos son sistemas clásicos de una dimensión. La descripción de los ríos se realiza admitiendo que en la sección transversal la concentración de sustancias es uniforme y además no existe mezcla a lo largo del eje del río. Estas hipótesis se cumplen en ríos poco turbulentos (como el Negro) y a partir de cierta distancia del punto de vertido. Así mismo, se consideran perfectamente mezclados en la dirección vertical, ya que el tiempo necesario para la mezcla vertical es muy pequeño comparado con el necesario para la mezcla lateral. Este tipo de comportamiento corresponde a un flujo de pistón. Si se considera que la sección del río permanece constante en el tramo en estudio, se puede llegar a obtener una solución analítica para la concentración de contaminantes en función del tiempo.

>Respecto al oxígeno disuelto y materia orgánica

El oxígeno ha sido considerado tradicionalmente, y lo es todavía, como el principal indicador de salud de un sistema natural. En este apartado, vale la pena tener presente dos tres conceptos claves:

- Concentración de saturación de oxígeno disuelto en agua: es la máxima concentración de oxígeno que puede permanecer disuelto en el agua para unas determinadas condiciones de temperatura y presión.
- Déficit de oxígeno: es la diferencia entre la concentración de saturación y la concentración real de oxígeno disuelto en el sistema natural.
- Demanda biológica de oxígeno límite: oxígeno total consumido por los microorganismos para degradar cierta cantidad de materia orgánica.

6.2.3 Determinación de Oxígeno disuelto y Demanda Biológica de Oxígeno

A los efectos de identificar los procedimientos típicos orientados a la Variable Objetivo de este sector de Modelo, se concentraron los esfuerzos en reunir la información requerida para el Primer y principal indicador de la salud del curso receptor como son las condiciones de Oxígeno disuelto y las condiciones en que las aguas residuales aporten materia orgánica en consonancia (o no) con la admisión de DBO. De esta forma, se buscará determinar el grado de cumplimiento del Objetivo de Preservación correspondiente, ya presentado más arriba.

Para la determinación de los datos imprescindibles del medio y del procedimiento de cálculo correspondiente a la situación seleccionada “curso receptor río”, se creyó muy ilustrativo presentar un ejercicio numérico ficticio, a saber:

EJERCICIO FICTICIO DEMOSTRATIVO

Fuente: Dr. Ing. Miguel Martín, Apuntes de clase, 2000

- 1) Cálculo de los valores críticos de oxígeno disuelto (concentración, posición, materia orgánica en ese punto) cuando se produce el siguiente vertido de aguas residuales urbanas efectuado en distintas condiciones en invierno y en verano. Se compararán los resultados.

Datos:

Características del río aguas arriba del punto de vertido:

	Verano	Invierno
Caudal (m ³ /s)	1.3	2
Velocidad (m/s)	0.1	0.2
Materia orgánica, L ₀ (mg/L)	1	3
Oxígeno Disuelto	97% [O ₂] _{sat}	96% [O ₂] _{sat}
Temperatura (°C)	19	12

Características del agua residual prevista:

	Verano	Invierno
Caudal (m ³ /s)	0.06	0.04
Materia orgánica, L ₀ (mg/L)	500	450
Oxígeno Disuelto (mg/L)	0	0
Temperatura (°C)	24	16

Constantes cinéticas:

Constante de degradación de la materia orgánica, k_1 (20°C): 0.42 d^{-1} $\theta = 1.047$

Constante de reaireación, k_2 (20°C): 0.38 d^{-1} $\theta = 1.026$

Se supone que el vertido no afecta apreciablemente a la velocidad del agua en el río.

Altitud: nivel del mar.

Si la concentración de oxígeno disuelto en algún caso baja por debajo del 30% con respecto a la concentración de saturación, calculad el valor de DBO₅ en el vertido que permitiría una concentración de oxígeno disuelto siempre superior al 70% de la concentración de saturación.

Solución

A) Situación de verano:

Características del punto de mezcla entre el vertido y el agua del río:

La DBO_L en el punto de mezcla es:

$$\text{La temperatura en el punto de mezcla es: } T_{mezcla} = \frac{19 \cdot 1.3 + 24 \cdot 0.06}{1.36} = 19.22 \text{ } ^\circ C$$

$$\text{La concentración de oxígeno es: } [O_2]_{mezcla} = \frac{0.97 \cdot 9.26 \cdot 1.3 + 0 \cdot 0.06}{1.36} = 8.59 \text{ mg / L}$$

El déficit de oxígeno en el punto mezcla es:

$$D_{0mezcla} = [O_2]_{sat,19.22^\circ C} - [O_2]_{mezcla} = 9.22 - 8.59 = 0.63 \text{ mg / L}$$

Valores de las constantes de velocidad de reacción a la temperatura de trabajo:

$$k_1'(19.22^\circ C) = 0.42 \cdot 1.047^{19.22-20} d^{-1} = 0.405 d^{-1}$$

$$k_2'(19.22^\circ C) = 0.38 \cdot 1.024^{19.22-20} d^{-1} = 0.373 d^{-1}$$

Los valores del punto crítico se calculan mediante las ecuaciones de Streeter-Phelps para el caso:

$$t_c = \frac{1}{k_2' - k_1'} \ln \left(\frac{k_2'}{k_1'} \left(1 - D_0 \frac{k_2' - k_1'}{k_1' L_0} \right) \right) = \frac{1}{0.373 - 0.405} \ln \left(\frac{0.373}{0.405} \left(1 - 0.63 \frac{0.373 - 0.405}{0.405 \cdot 23.01} \right) \right) = 2.50 \text{ d}$$

$$x_c = v t_c = 0.1 \frac{m}{s} \cdot 86400 \frac{s}{d} \cdot 2.5 \text{ d} = 21600 \text{ m}$$

$$D_c = \frac{k_1'}{k_2'} L_0 e^{-k_1' t_c} = \frac{0.405}{0.373} \cdot 23.01 e^{-0.405 \cdot 2.5} = 9.08 \text{ mg / L}$$

$$[O_2]_c = [O_2]_{sat,19.22^\circ C} - D_c = 9.22 - 9.08 = 0.14 \text{ mg / L}$$

$$L_c = L_0 e^{-k_1' t_c} = 23.01 e^{-0.405 \cdot 2.5} = 8.36 \text{ mg / L}$$

Aclaración del Autor: 9,26 representa la concentración de saturación a 19°C, mientras que en la próxima página, 10,77 la concentración de saturación a 12,08°C.

B) Situación de invierno:

Características del punto de mezcla entre el vertido y el agua del río:

La DBO_L en el punto de mezcla es:

$$L_{0_{mezcla}} = \frac{3 \frac{g}{m^3} \cdot 2.0 \frac{m^3}{s} + 450 \frac{g}{m^3} \cdot 0.04 \frac{m^3}{s}}{2.0 + 0.04} = 11.76 \text{ mg / L}$$

La temperatura en el punto de mezcla es: $T_{mezcla} = \frac{12 \cdot 2.0 + 16 \cdot 0.04}{2.04} = 12.08 \text{ } ^\circ C$

La concentración de oxígeno es: $[O_2]_{mezcla} = \frac{0.96 \cdot 10.77 \cdot 2.0 + 0 \cdot 0.04}{2.04} = 10.14 \text{ mg / L}$

El déficit de oxígeno en el punto mezcla es:

$$D_{0_{mezcla}} = [O_2]_{sat, 12.08^\circ C} - [O_2]_{mezcla} = 10.77 - 10.14 = 0.63 \text{ mg / L}$$

Valores de las constantes de velocidad de reacción a la temperatura de trabajo:

$$k'_1(12.08^\circ C) = 0.42 \cdot 1.047^{12.08-20} \text{ d}^{-1} = 0.292 \text{ d}^{-1}$$

$$k'_2(12.08^\circ C) = 0.38 \cdot 1.024^{12.08-20} \text{ d}^{-1} = 0.315 \text{ d}^{-1}$$

Los valores del punto crítico se calculan mediante las ecuaciones de Streeter-Phelps para el caso:

$$t_c = \frac{1}{k'_2 - k'_1} \ln \left(\frac{k'_2}{k'_1} \left(1 - D_0 \frac{k'_2 - k'_1}{k'_1 L_0} \right) \right) = \frac{1}{0.315 - 0.292} \ln \left(\frac{0.315}{0.292} \left(1 - 0.63 \frac{0.315 - 0.292}{0.292 \cdot 11.76} \right) \right) = 3.11 \text{ d}$$

$$x_c = v t_c = 0.2 \frac{m}{s} \cdot 86400 \frac{s}{d} \cdot 3.11 \text{ d} = 53741 \text{ m}$$

$$D_c = \frac{k'_1}{k'_2} L_0 e^{-k'_1 t_c} = \frac{0.292}{0.315} \cdot 11.76 e^{-0.292 \cdot 3.11} = 4.40 \text{ mg / L}$$

$$[O_2]_c = [O_2]_{sat, 19.22^\circ C} - D_c = 10.77 - 4.40 = 6.37 \text{ mg / L}$$

$$L_c = L_0 e^{-k'_1 t_c} = 11.76 e^{-0.292 \cdot 3.11} = 4.74 \text{ mg / L}$$

Comentarios:

La diferencia entre las situaciones de invierno y verano es muy grande. En invierno, la concentración de oxígeno disuelto en el punto crítico está en el 59% de la concentración de saturación, mientras que en verano se sitúa en el 1.5%, esto es, prácticamente cero. Los motivos por los cuales sucede esto son:

- La carga orgánica vertida es notablemente inferior en invierno.
- El caudal del río es mayor en invierno, lo cual diluye el vertido en mayor medida.
- La constante de velocidad de degradación de la materia orgánica es menor en invierno, debido a las menores temperaturas. También disminuye la constante de velocidad de reacción, pero lo hace en menor medida y su valor es superior a la k'_1 .

- 2) De las dos situaciones, únicamente la del verano es la que presenta una concentración de oxígeno disuelto inferior al 30% con respecto a la de saturación. Por ello, este apartado se va a resolver para dicha situación.

La condición que se ha de cumplir es que la concentración de oxígeno disuelto en el punto crítico sea, como mínimo, del 70% con respecto a la de saturación:

$$[O_2]_c = 0.7 [O_2]_{sat,19.22^\circ C} = 0.7 \cdot 9.22 = 6.45 \text{ mg / L}$$

$$D_c = [O_2]_{sat,19.22^\circ C} - [O_2]_c = 9.22 - 6.45 = 2.77 \text{ mg / L}$$

Las ecuaciones a emplear serán:

$$t_c = \frac{1}{k_2' - k_1'} \ln \left(\frac{k_2'}{k_1'} \left(1 - D_0 \frac{k_2' - k_1'}{k_1' L_0} \right) \right) = \frac{1}{0.373 - 0.405} \ln \left(\frac{0.373}{0.405} \left(1 - 0.63 \frac{0.373 - 0.405}{0.405 L_0} \right) \right)$$

$$D_c = \frac{k_1'}{k_2'} L_0 e^{-k_1' t_c} = \frac{0.405}{0.373} L_0 e^{-0.405 t_c} = 2.77 \text{ mg / L}$$

que forman un sistema de dos ecuaciones con dos incógnitas.

La forma de resolverlo consiste en iterar sobre un valor de L_0 supuesto, calcular con la 1ª ecuación un valor de t_c y con éste, obtener un nuevo valor de L_0 con el que seguir iterando hasta que converja. Los resultados de dicha iteración son los siguientes:

$L_{0,mezcla}$ (mg/L)	20	7.2	6.6	6.57		
t_c (d)	2.49	2.35	2.34	2.34		

por lo que ya se puede calcular la L_0 del vertido, y de ahí la DBO_5 :

$$L_{0,mezcla} = \frac{L_0 \cdot 0.06 + 1 \cdot 1.3}{1.36} = 6.57 \text{ mg / L} \Rightarrow L_0 = 127.25 \text{ mg / L}$$

$$DBO_L = \frac{DBO_5}{1 - e^{-0.42 \cdot 5}} = 127.25 \text{ mg / L} \Rightarrow DBO_5 = 111.7 \text{ mg / L}$$

Luego la población debe instalar un sistema de tratamiento de sus aguas residuales de modo que se pueda reducir la materia orgánica en un 75% aproximadamente.

El ejercicio, como se ve, no solo presenta los datos fundamentales y el procedimiento de cálculo de la variable objetivo, sino que también deja entrever las estrategias que se derivarán a la hora de buscar un equilibrio entre los objetivos de calidad del agua del curso receptor en cuanto a sus condiciones de Oxígeno disuelto y aquella carga orgánica que contiene el agua residual vertida y que demandaran oxígeno del medio receptor. Esta demanda deberá mantenerse dentro de los objetivos de calidad de agua que se persigan, en el caso que nos ocupa, en el río Negro.

6.2.4 Información disponible en el sector relacionado con el Municipio de Fontana

A continuación, y siguiendo la lógica de ejercicio ficticio demostrativo, se irá presentando la información obtenida en referencia a este tramo del Modelo y que aportarán las bases para un desarrollo futuro del mismo.

Fluctuaciones de las Alturas mensuales y estacionales

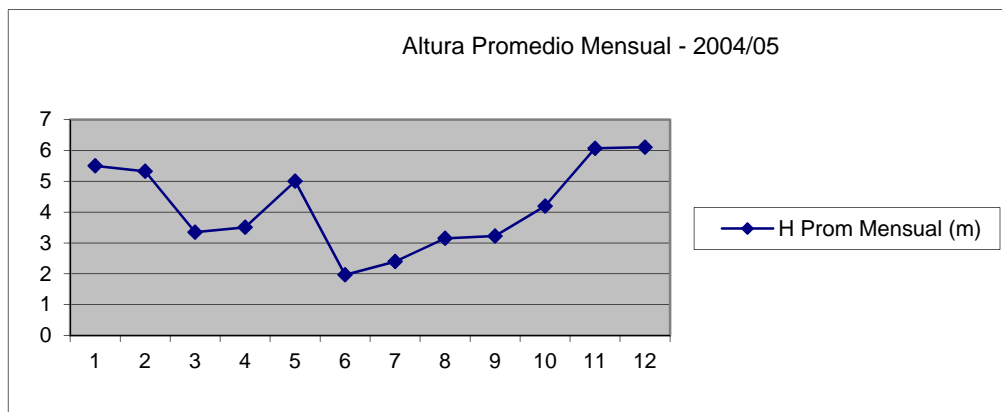


Figura 16. Evolución mensual del promedio de alturas del río Negro durante el año 2004. Fuente: APA, 2004. Gráfico Elaboración Propia

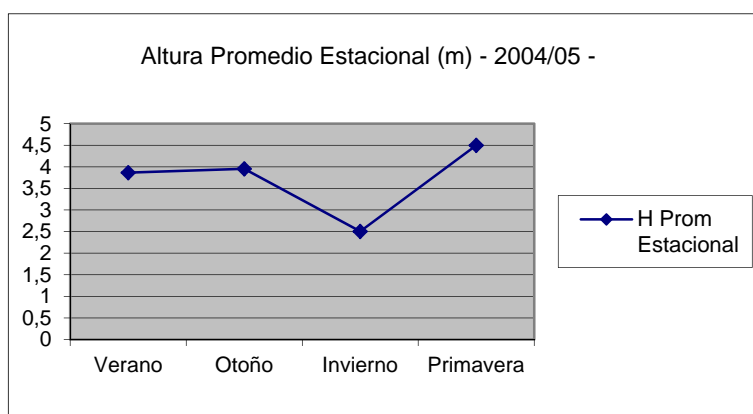


Figura 17. Evolución estacional del promedio de alturas del río Negro durante el año 2004. Fuente: APA, 2004. Gráfico Elaboración Propia

Fluctuaciones del Caudal del Río Negro

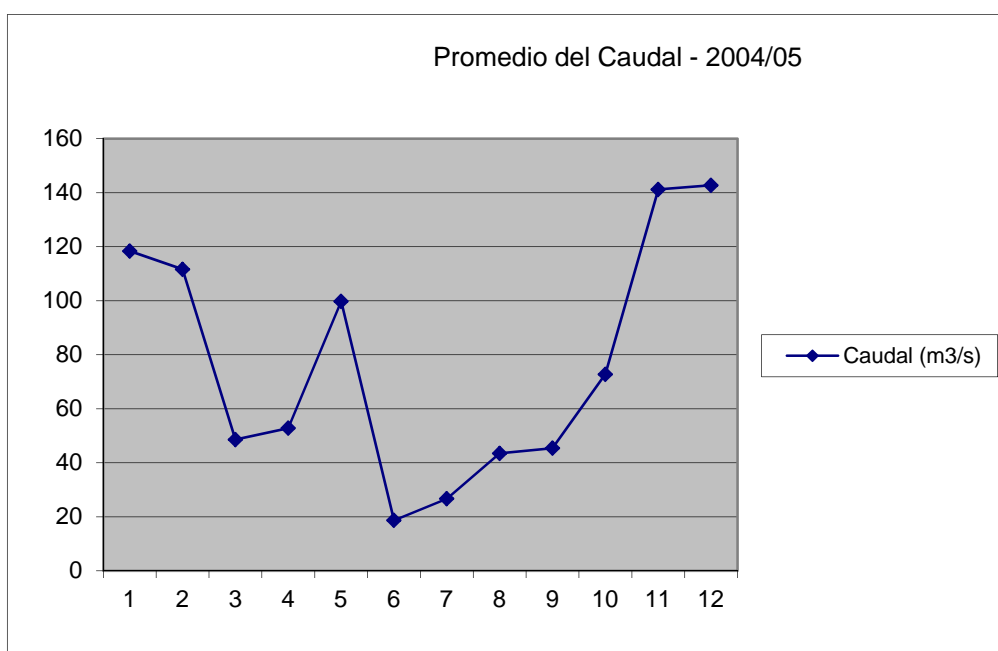


Figura 18. Evolución mensual del promedio de caudales del río Negro durante el año 2004

Fuente: APA, 2004. Gráfico Elaboración Propia

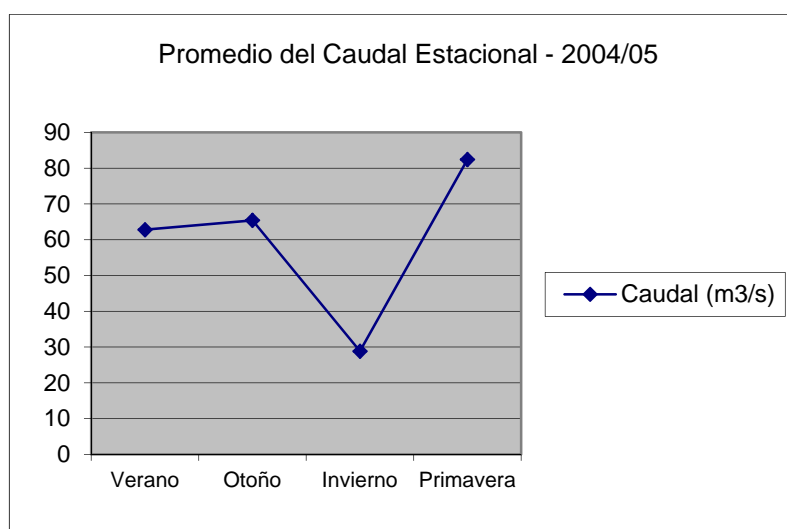


Figura 19. Evolución estacional del promedio de caudales del río Negro durante el año 2004. Fuente: APA, 2004. Gráfico Elaboración Propia

Fluctuación anual de la temperatura del agua del río Negro

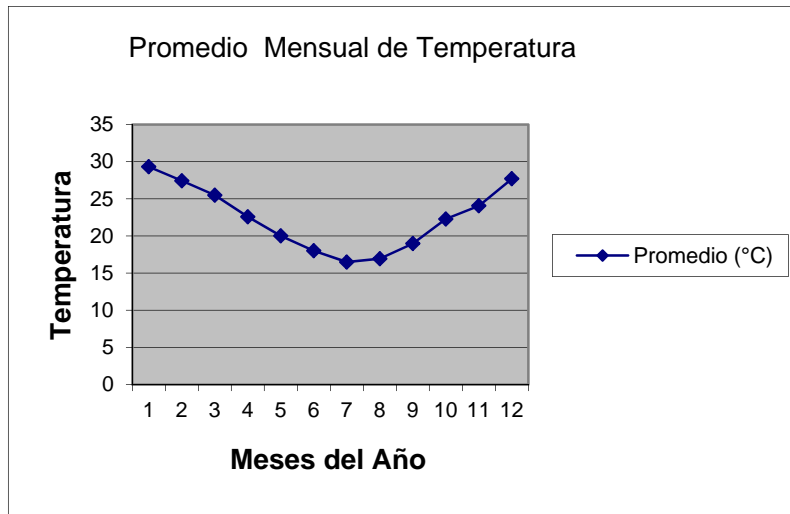


Figura 20. Evolución mensual del promedio de temperatura del agua del río Negro durante el año 2004. Fuente: APA, 2004. Gráfico Elaboración Propia

Fluctuaciones de los parámetros vinculados al Oxígeno

En este caso figuran en la grafica los resultados de la serie histórica de dicho parámetro desde el año 1979 al año 2001. La serie fue construida sobre datos recogidos en la Estación denominada “Puente San Fernando” en la salida del río Negro del término municipal de Fontana. Esta grafica se la presenta a los efectos de aportar información relevante a la hora de presentar el estado de calidad del agua en el curso receptor. Información similar se dispone además la anterior estación de medición, antes de la entrada del río Negro al término municipal de Fontana, con lo que se dispondría de información de los niveles iniciales de dichos parámetros antes de recibir el vertido de aguas residuales.

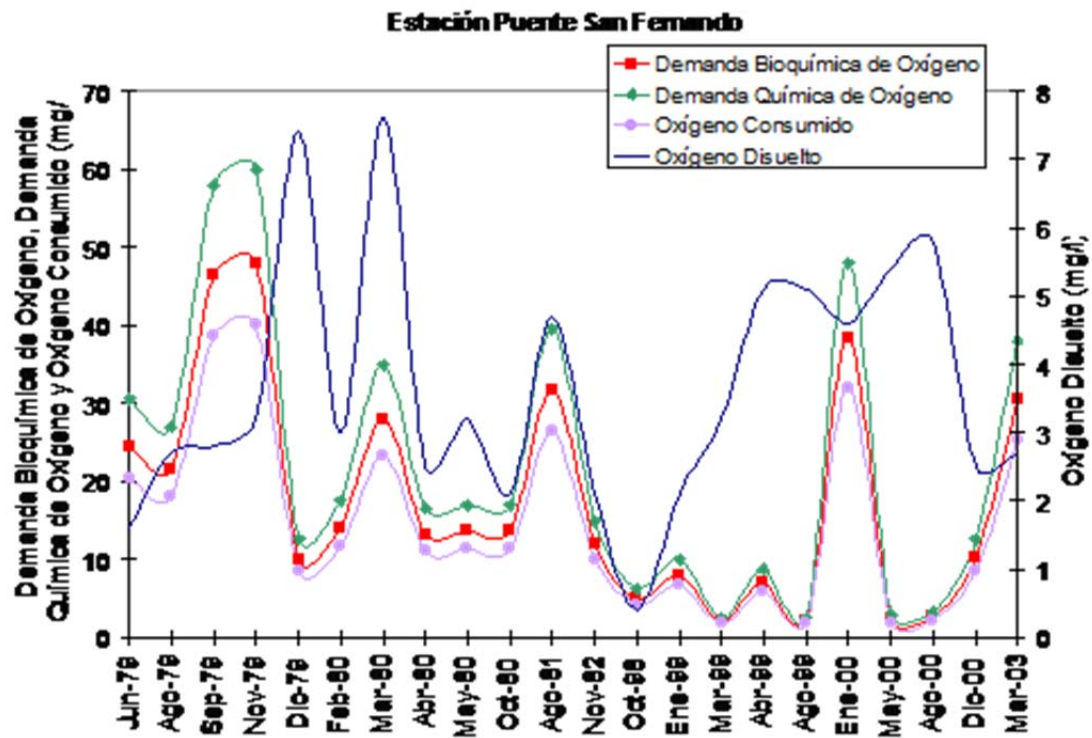


Figura 21. Fluctuaciones de los parámetros vinculados al oxígeno, registrados en la “Estación Puente San Fernando” sobre el río Negro. Fuente: APA, 2003.

6.2.5 Determinación de los parámetros de los vertidos al curso receptor

Los avances realizados en este punto, tienen que ver con la introducción al modelo de la heterogeneidad de la calidad de las instalaciones sanitarias, tal cual fue presentado anteriormente, como nota de identidad de los asentamientos humanos en regiones en vías de desarrollo.

Existe una fuerte incidencia de las instalaciones de saneamiento “in situ” como forma primaria de disposición y tratamiento de las excretas humanas en las áreas residenciales en estudio. A continuación se presentan unos esquemas gráficos de los principales sistemas de saneamiento “in situ” presentes en Fontana

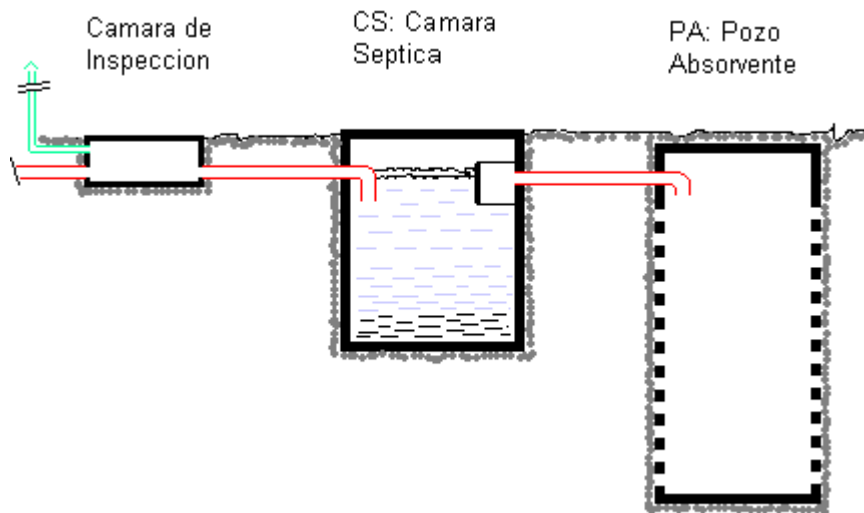


Figura 22. Tratamiento primario en cámara séptica y disposición final en pozo absorbente. Fuente: Elaboración Propia

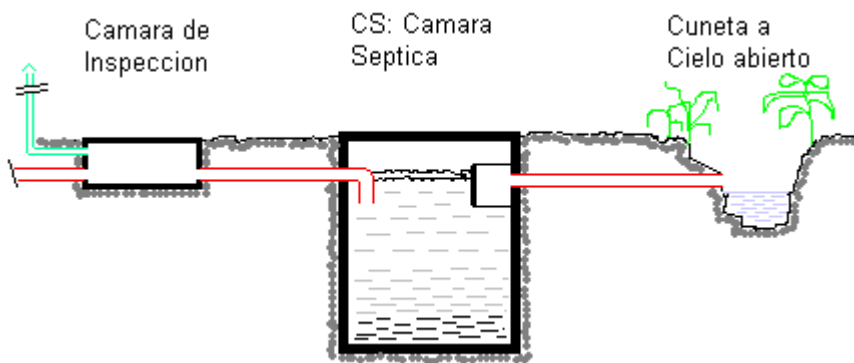


Figura 23. Ídem figura anterior, pero con disposición final en cuneta a cielo abierto. Fuente: Elaboración Propia

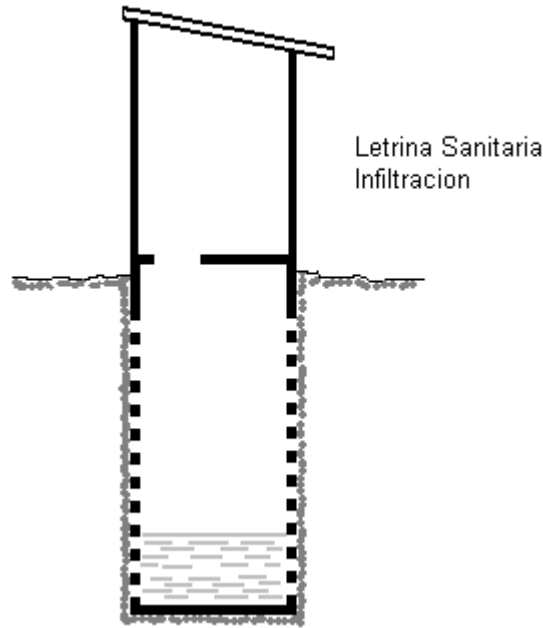


Figura 24. Letrina seca, Infiltración directa de excretas
Fuente: Elaboración Propia

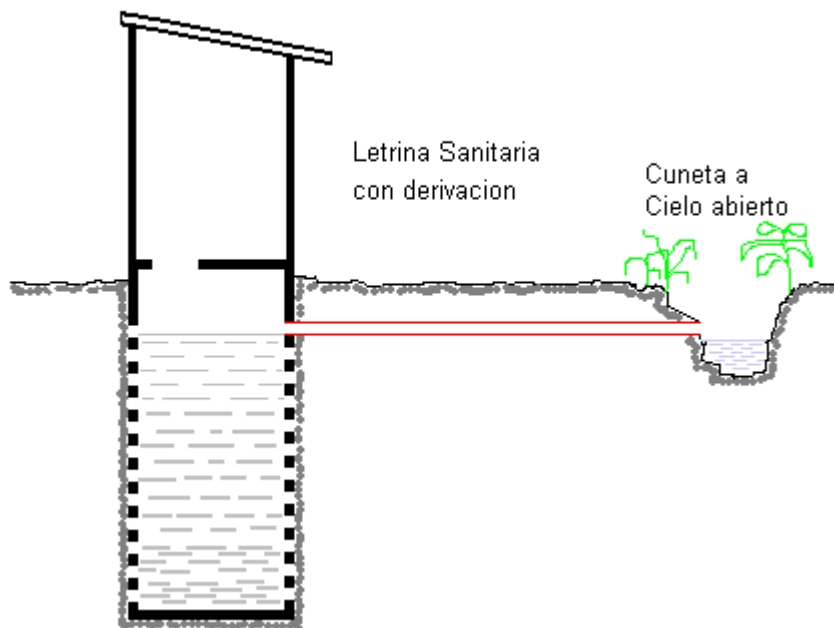


Figura 25. Letrina Seca con derivación de excretas en proceso de tratamiento primario a cuneta a cielo abierto. Fuente: Elaboración Propia

Estas tipologías de saneamiento "in situ" principales detectadas en la encuesta realizada en Fontana muestran, de cara a los objetivos planteados para introducir el saneamiento en el modelo, una diversidad de calidades de vertido antes de que el mismo llegue al curso receptor por infiltración o por canalización de superficie a través del sistema de cunetas a cielo abierto, que oficia de sistema de drenaje pluvial.

6.2.6 Estimaciones de la carga contaminante en las UCE

- 1) Estimaciones de Producción de Caudal de AR: Estimación Caudal de consumo de Agua para Ciudades Latinoamericanas: entre 50 y 125 lts/persona/día para conexiones domiciliarias, entre 50 y 80 lts./hab. Día para Fuentes públicas y < de 50 lts/persona día en caso de fuentes subterráneas con bomba de mano o aljibe⁴. Se Asume que un 75% del agua de consumo de grifo termina siendo AR⁵. Este porcentaje puede disminuir en regiones áridas por la incidencia de la evaporación y de los hábitos de uso del agua, hasta un 50% (Esta situación puede ser asumida en los casos de derivación de AR ya tratadas en CS que son derivadas a Cuneta a cielo abierto, donde se produce una mayor evaporación e infiltración en su recorrido, lo cual significaría una disminución del 20% del caudal de AR inicial.
- 2) Estimaciones de Producción de DBO: La producción de contaminantes domésticos puede considerarse constante. Lo que varía es su concentración, que depende del caudal de consumo diario de agua⁶. Se estima una producción de DBO entre 30 a 60 g/habitante/día⁷. Otras fuentes estiman entre 50 y 75 g/hab/día. Esto permite una Concentración que puede fluctuar entre 100 mg/l (Concentración Débil) y 500 mg/l (Concentración Fuerte)⁸

A continuación, se presenta una tabla resumen elaborada para identificar los diversos puntos de producción de material contaminante y una estimación de su variabilidad según los tipos de tipologías de saneamiento presentadas más arriba. La tabla sirve de orientación de la información que es necesaria procesar y determinar a futuro para ser introducida luego en el modelo.

⁴ Control de la Contaminación del Agua (OPS-OMS, 1999), Cuadro 3.1 de Pg. 48.

⁵ Control de la Contaminación del Agua (OPS-OMS, 1999), Pgs. 48 y ss.

⁶ Idem anterior.

⁷ Control de la Contaminación del Agua (OPS-OMS, 1999), Cuadro 3.3 de pg.50

⁸ Tratamientos de Aguas (UPV, 1992), Tomo I, Tabla 6, pg.59

Producción inicial		Tratamiento “In Situ” de Aguas Residuales					Disposición de Aguas Residuales “In Situ”					Ubicación en la Trama Urbana				Resultante		
DBO	Caudal AR ⁹	TIPO	% Q	% DBO	Q AR	DBO	TIPO	% Q	% DBO	Q AR	DBO	Sector ¹⁰	% Q	% DBO	Q AR	DBO	Q AR	DBO
	75% del consumo	C. S Bien dimensionada Con mantenimiento		(-)30			A Cuneta ¹¹	(-)20				I	100					
							A Pozo Absorbente	100				II	90					
	75% del consumo	C. S Mal dimensionada Con mantenimiento		(-)20			A Cuneta	(-)20				III	60					
							A Pozo Absorbente	100				IV	40					
	75% del cons	C. S Bien dimensionada Sin mantenimiento		(-)25			A Cuneta	(-)20				V	20					
							A Pozo Absorbente	100				I	100					
	75% del cons	C. S Mal dimensionada sin mantenimiento		(-)15			A Cuneta	(-)20				II	90					
							A Pozo Absorbente	100				III	60					
	50% del cons	Letrina Sanitaria ¹² - Ciclo Seco					A Cuneta	(-)20				IV	40					
							A Pozo absorbente	100				V	20					

Tabla 1. Estimación de la DBO resultante en virtud de: Tipo de tratamiento “in situ”, Tipo de disposición y Ubicación geográfica en referencia al curso receptor.

Fuente: Elaboración propia

⁹ Variará según la fuente de provisión. En el caso de las conexiones domiciliarias, el valor dependerá de los estudios sobre consumos – actualmente en ejecución-

¹⁰ Los sectores en que se dividió el término municipal están explicados en la tabla adjunta

¹¹ Cuneta a Cielo abierto: en los sectores donde el terreno no es absorbente, existen canalizaciones de tierra, que derivan a cursos naturales tanto los excedentes de precipitaciones como aguas residuales tratadas o no.

¹² Solución sanitaria, con disposición de heces en el sitio, sin incorporación de agua de arrastre, salvo la de ducha, por lo general. Cuando existe agua, y el pozo pierde su capacidad de absorción, existen derivaciones del líquido remanente a Cuenta a Cielo abierto.

6.2.7 El Término Municipal de Fontana a las márgenes del río Negro

Por último, otro dato de la heterogeneidad de las condiciones de saneamiento proviene de la situación relativa de cada sector urbano respecto al curso receptor. Esta imagen satelital del término municipal captura gráficamente el punto que se está presentando



Figura 26. Vista satelital del término municipal de Fontana a las márgenes del río Negro.

Fuente: www.idechaco.gob.ar, 2015

Esta variabilidad de las condiciones de referencia respecto al río incide de cara al enfoque se viene planteando en el caudal contaminante que finalmente llega al río. Estas diferencias fueron esquematizadas en la siguiente tabla:

Sector	Caracterización	% de Q recibido en el Río	Lotes Rurales implicados
I	Relación directa con el Río	100	37 – 41 – 45 Sector “Norte”
II	Relación directa con lagunas conectadas al río en forma directa	90	39 – 43 – 40 – 44 Sector “Norte”
III	Relación directa con lagunas conectadas al río en forma indirecta – napas de agua subterránea-	60	38 – 42 – 46 Sector “Norte”
IV	Relación “cercana” con conexión indirecta con el río a través de napas de agua subterránea	40	45 Sector “Sur” – 44 Sector “Sur”
V	Relación “lejana” con conexión indirecta con el río a través de napas de agua subterránea	20	46 Sector “Sur” – 47 - 48

Tabla 2. Porcentaje de caudal estimado cuyo vertido final termina en el cauce receptor.

Fuente: Elaboración Propia

La siguiente planimetría muestra la ubicación de cada uno de los sectores presentados en la tabla.

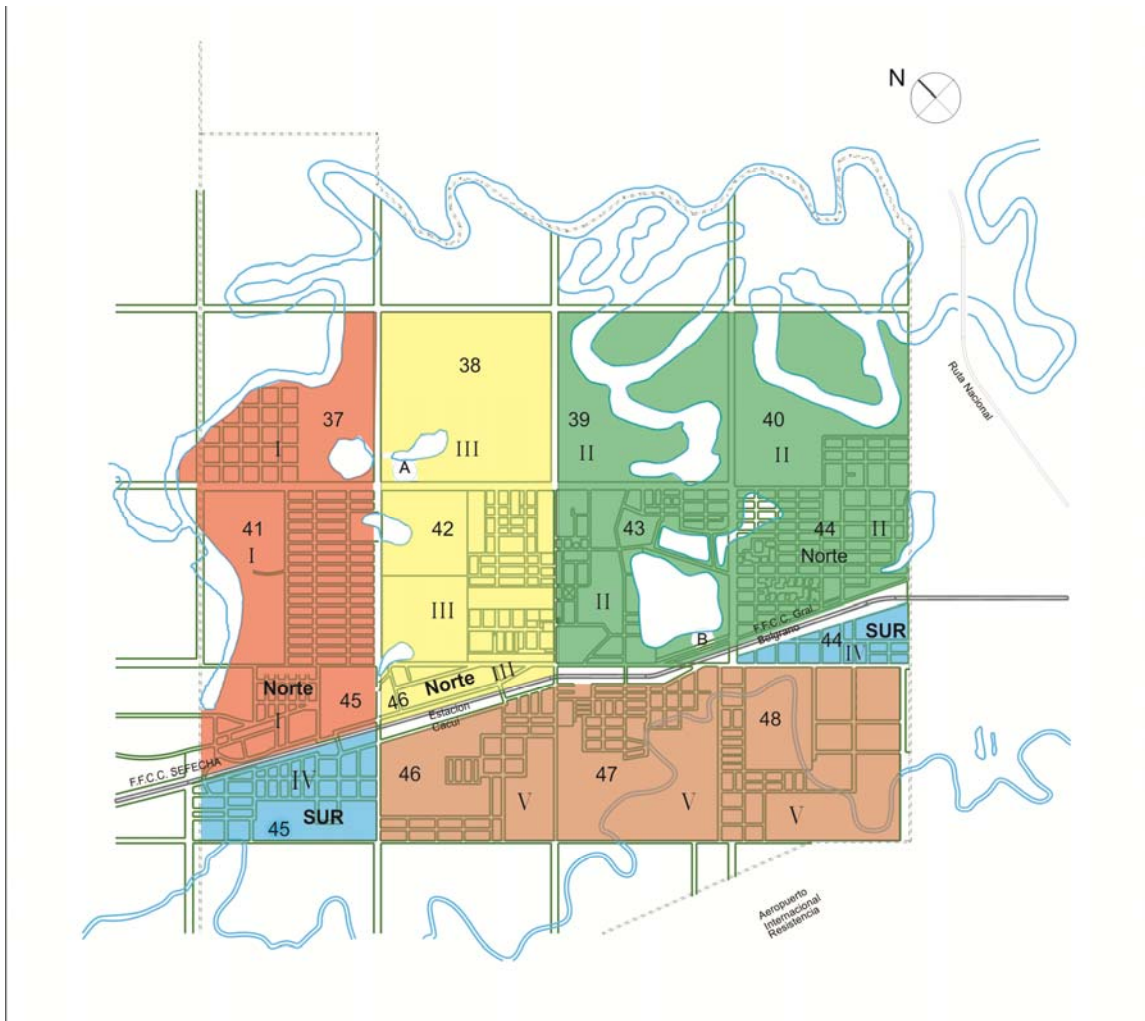


Figura 27. Sectores de saneamiento caracterizados en virtud de su relación de distancia con el río negro y su sistema lacustre conexo. Fuente: Elaboración propia

Las condiciones de modelo preliminar que caracterizan a este tramo de saneamiento presentado, indican que los valores tanto de carga contaminante como de caudales presentados son de carácter totalmente provisional. Tomando como punto de partida datos que ofrecen sobre el particular la bibliografía vigente, se asumieron una serie de supuestos expresados en las disminuciones porcentuales de carga contaminante y caudal vertido, según las condiciones de tratamiento y derivación superficial o por infiltración de las aguas residuales residenciales.

6.2.8 Desarrollo del SubSistema Saneamiento a futuro

Los pasos futuros, utilizando el sistema de ecuaciones presentados, y una vez obtenidos algunos otros datos faltantes, consistiría en realizar una convergencia entre los resultados de vertidos contaminantes y su impacto sobre el oxígeno disuelto del río. Este parámetro se lo dispone, en virtud de la diferencia entre las mediciones del parámetro antes de la entrada del río Negro al término municipal de Fontana y las que corresponden a la estación “puente San Fernando”, a la salida del río del término de Fontana. Los ajustes se lo realizarán modificando las condiciones de vertido final, a través de la modificación del conjunto de supuestos cuya caracterización inicial se ha presentado en este apartado.

A continuación se presenta un diagrama de flujo que permitirá a futuro avanzar en la integración de este Subsistema al Modelo de Sostenibilidad cuyos otros componentes se exponen en el punto siguiente.

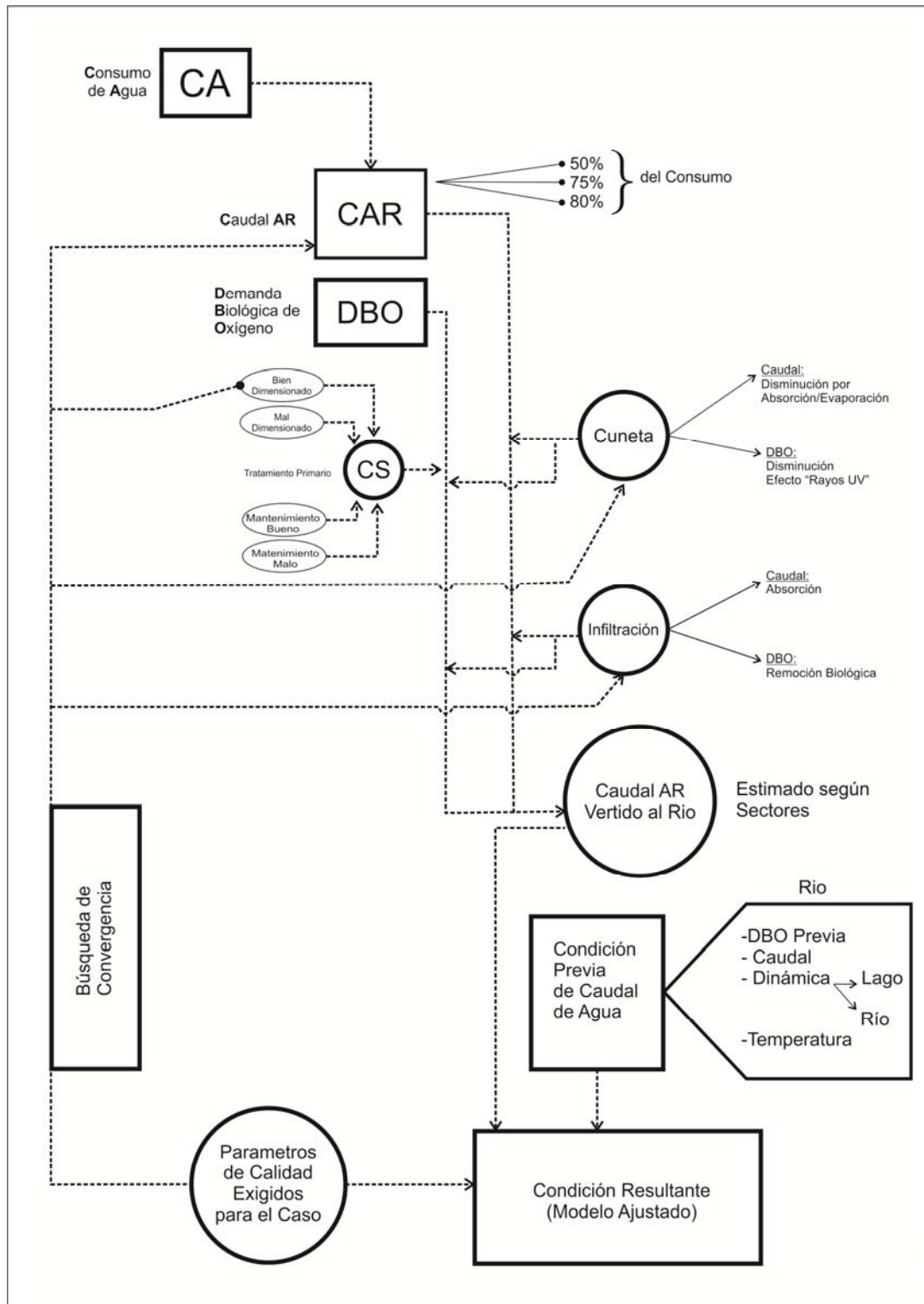


Figura 28. Diagrama de Flujo de base para el diseño del Diagrama de Forrester del SubSistema Saneamiento. Fuente: Elaboración Propia

6.2.9 Cumplimiento del Objetivo de Preservación

La convergencia entre las condiciones iniciales de Oxígeno disuelto en el río y los vertidos de aguas residuales residenciales del término municipal de Fontana, con su estimación ajustada de DBO es un primer paso de modelado.

El cumplimiento del Objetivo de Preservación, estaría primeramente condicionado a las condiciones iniciales. Para fijar estas condiciones se verifican en el momento de realizar el estudio, cuales son las condiciones de partida:

- 1) Normativa vigente¹³ para mantener la calidad de los ecosistemas: Limite Inferior Oxígeno disuelto (OD) para aguas dulces cálidas:
OD_{normativa}: > 60% - >5mg/l
- 2) Parámetros registrados en río Negro previos a su entrada al término de Fontana – Estación Puerto Tirol:
OD_{entrada}: 5.1mg/l
- 3) Parámetros registrados en río Negro a su salida del término de Fontana – Estación Ruta 11 –
OD_{salida}: 4.3mg/l

Los registros presentados están contenidos en la siguiente gráfica:

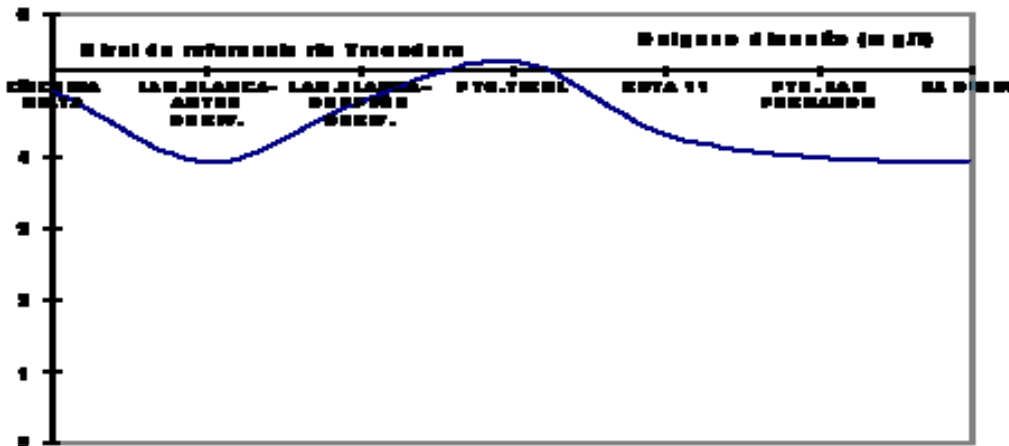


Figura 29. Oxígeno disuelto (mg/l) en la baja cuenca del río Negro – Informe Abril 2003.

Fuente: APA, 2003

¹³ Para esta fase preliminar del diseño del subsistema saneamiento, se tomó como válida la normativa ecuatoriana, la cual hace una distinción de aguas dulces cálidas, muy acertada para las características del río Negro. La información fue obtenida en: www.faolex.fao.org/docs/pdf/ecu112180.pdf

Por lo tanto, la disminución del OD en unos 0.8mg/l es la consecuencia de los vertidos contaminantes del término de Fontana fundamentalmente. Es mas, no se cumple con el piso objetivo de preservación para esta estación del año:

$$O_{\text{salida}} = 4,3\text{mg/l} < O_{\text{normativa}} = 5\text{mg/l}$$

Por lo tanto, se considera a nivel urbano una condición INSOSTENIBLE del subsistema. Lo cual implicaría la ejecución de estrategias para una disminución de la DBO en los sectores urbanos con mayor incidencia sobre este parámetro.

Objetivo estratégico: reconstituir progresivamente el oxígeno disuelto en el curso receptor a niveles no menores de 5mg/l

La posibilidad de construir un modelo de simulación dinámica posibilitaría ejecutar distintas estrategias que podrían ser evaluadas a partir de las condiciones de saneamiento vigentes en los distintos sectores urbanos, siendo más viables aquellas que necesiten una inversión (pública, privada o de las economías domésticas, según la estrategia, o un mix de estos aportes) , lo cual según la distancia (medida en \$) a las soluciones necesarias, marcaría una situación de mayor o menor sostenibilidad según las condiciones de “Distribución” , “Acceso” o “Mantenimiento” dentro del cual se circunscriban las estrategias de mejora.

Es cierto además que la dinámica propia de los vertidos en el cauce receptor aguas arriba de Fontana, incidirán positiva o negativamente respecto a las condiciones de OD_{entrada} , lo cual marcará también un límite a las posibilidades reales de incidir beneficiosamente sobre las condiciones de calidad de agua ambiental del río, en relación al límite que impone $OD_{\text{normativa}}$. Otro aspecto dinámico es también el de la estacionalidad.

En el caso de que ya OD_{entrada} ya sea menor a $OD_{\text{normativa}}$, siempre quedará la posibilidad de incidir lo menos negativamente posible sobre las condiciones del río, buscando una disminución absoluta del OD diferencial entre Entrada y Salida, como objetivo cuantitativo de gestión sostenible del ciclo del agua en el término municipal.

6.3 Modelo de simulación de la Sostenibilidad del Ciclo Urbano del Agua – Tramo “Provisión de Agua Potable”.

Como se dijo anteriormente, este denominado “tramo” iba a ser presentado con un grado de especificidad mucho mayor que el de Saneamiento.

En virtud de la complejidad del Modelo desarrollado, se pensó conveniente presentar un sinóptico sencillo que permitiese tener una idea del todo y sus partes, para luego ir avanzando en el conocimiento de la lógica impresa al conjunto y sus partes.

<p>MODELO SIMULACION SOSTENIBILIDAD CICLO URBANO DEL AGUA</p>	<p>SubSistema Saneamiento Desarrollado a nivel conceptual (Presentado en el punto anterior)</p>	
	<p>SubSistema Acceso y Mantenimiento a la fuente de Provisión de Agua</p>	<p>SubSistema Acceso Propiamente dicho: Diagrama de Forrester – Listado de Variables e Interrelaciones – Nivel Inicial</p>
		<p>SubSistema Demográfico: Diagrama de Forrester – Listado de Variables e Interrelaciones – Nivel Inicial</p>
		<p>SubSistema Ingresos: Diagrama de Forrester – Listado de Variables e Interrelaciones – Nivel Inicial</p>
		<p>SubSistema Demanda: Diagrama de Forrester – Listado de Variables e Interrelaciones – Nivel Avanzado: Obtención de Ecuaciones. (Próximo Capítulo)</p>
		<p>SubSistema EPANET Red de distribución con todos sus componentes – Sin rodar el modelo. (Próximo Capítulo)</p>

Tabla 1. Sub-división del Modelo de Simulación en SubSistemas.

Fuente: Elaboración Propia

Es importante recalcar que lo que en la tabla se denomina “nivel inicial” significa por una parte un importante avance en la definición de las variables y sus interrelaciones. Pero por otra, el tramo del modelo que se presentarán en este capítulo en sus diversos SubSistemas no alcanzó en este nivel a realizar una simulación y a obtener resultados. Los motivos fundamentales fueron expresados oportunamente en la Introducción de esta tesis.

6.3.1 Heterogeneidad de los Sistemas de Provisión de agua en la Regiones en vías de desarrollo

Antes de avanzar en la presentación de los subsistemas desarrollados es importante situar al lector en las condiciones de provisión de agua como en el municipio de referencia. Si bien en su descripción se mostró una información general, en este punto se quiere resaltar los aspectos complejos que intervienen en la satisfacción de la demanda residencial, según que ubicación se trate en el término municipal.

Como se presentó en el Marco Teórico, la falta total o parcial de un ordenamiento urbano efectivo previo a la función “habitar” en las localidades de regiones en vías de desarrollo, con preeminencia de áreas pobladas con áreas residenciales en planta baja, muestran un panorama heterogéneo y por lo tanto diverso y complejo a la hora de modelizar las condiciones de sostenibilidad.

Para una comprensión de los factores que deben ser tenidos en cuenta a la hora de la instrumentación de un Modelo, se describen las tres funciones que operan el equilibrio del Ciclo Urbano del Agua, en cuanto al tramo “Provisión de Agua Potable”.

6.3.2 Función “Distribución”

Si las condiciones urbanas vienen pautadas por la condición “Primero habito, luego desarrollo el hábitat construido”, base sobre la cual se definen a posteriori la expansión de los servicios de provisión de agua, es la *demanda* la que aparece como motor de los mismos. Por lo tanto, es fundamental conocer las particularidades de dicha demanda para conocer el comportamiento presente y futuro de los servicios, que operan siempre como reacción de coyuntura y no como planificación basada en una prognosis definida.

Dicha demanda estará caracterizada por las condiciones socio-económicas, culturales y habitacionales de los grupos que agregativa y progresivamente fue tomando posesión del espacio urbano.

La satisfacción de la demanda, a su vez, queda expresada en tipos de formas de distribución del agua que van desde una distribución por red según una calidad con un estándar más o menos ajustado a normativas de servicio pautadas, hasta expresiones informales fuera de todo control y responsabilidad social. A su vez, dentro del Servicio por red, las deficiencias de la calidad de servicio, son subsidiadas directamente por los usuarios con sistemas complementarios para alcanzar la satisfacción de la demanda. La Tabla .clasifica las formas heterogéneas de distribución del agua, mostrando desde una calidad considerada “razonable” de servicio para estas regiones, hasta formas atribuibles a niveles mínimos de subsistencia.

Preservación de la Calidad del Agua	Formas de Distribución del Agua en los distintos puntos del Ejido Municipal			
	Por Red de Distribución		Por Captación "In Situ"	Por Venta Individual
	Domiciliaria	Pública		
Calidad Normalizada	Altura Piezométrica entorno a los 8 m.c.a			Agua envasada en botellas o garrafas para "dispensers".
Calidad Vulnerada	- Menos 8 m.c.a hasta 2 m.c.a en horario punta. - Menos 2 m.c.a en horario punta y valle	- Grifos Públicos ("Fácil acceso") y acarreo individual. - Grifos Públicos y acarreo por camiones		
Sin Controles de Calidad			- Captación de Agua de Lluvia - Captación de Agua Subterránea	Venta de Agua "A granel" ("Aguatero")

Tabla 2. Formas de Distribución del Agua en los distintos puntos del Ejido Municipal. Fuente (Nudelman, Pérez García, Caselles, 2012)

6.3.3 Función "Acceso"

Existe una correlación entre las heterogéneas formas de distribución y las tipologías tecnológico-constructivas necesarias para poder "acceder" a dicha heterogénea forma de distribución de agua. La Tabla sintetiza dichas tecnologías que permiten que los usuarios dispongan del recurso según los tipos de distribución de agua, concentrados en Redes de Distribución.

Forma provisión	Estándar de Servicio	Componente Tecnológico que se suman a la Instalación de Agua		
		Almacenamientos a nivel de tierra	Equipos de Bombes	Almacenamientos elevados de distribución
Centralizada:	Altura Piezométrica entorno a los 8 m.c.a			
Red de Distribución	Menos 8 m.c.a hasta 2 m.c.a en horario punta.			Tanques compensadores entre 500 y 1000 lts
	Menos 2 m.c.a en horario punta y valle	Tanques enterrados entre 500 y 1000 lts	Bombas elevadoras entre ½ y ¾ HP	Tanques de distribución entre 500 y 2000 lts.
Complementación de Fuentes				
In Situ: Agua de Precipitaciones	Precipitaciones superiores a los 100 mm anuales	Cisternas entre 10.000 y 30.000 lts	Opcional Bombas elevadoras entre ½ y ¾ HP	Opcional Tanques de distribución entre 500 y 2000 lts.
In Situ: Agua Subterránea	Calidad de Agua compatible con los requerimientos del Código alimentario		Equipos de Bombeo Profundidad entre 20 y 40 mts.	Tanques de distribución entre 500 y 2000 lts.

Tabla 3. Componentes Tecnológicos de Instalaciones de Agua según Estándares de Servicio. Fuente (Nudelman, Pérez García, Caselles, 2012)

Estas Tipologías Tecnológicas muchas veces se dan en forma combinada, según las condiciones particulares y estacionales en que se da la distribución del agua, como así también a las condiciones económicas a que se ven sujetos los usuarios. Por otra parte, en los sectores formalizados de distribución por red, estas instalaciones cumplen también el cometido del cumplimiento de las condiciones pactadas por la empresa distribuidora y el gobierno local para poder acceder al servicio.

6.3.4 Función “Mantenimiento”

Esta función es la que permite extender los objetivos de eficiencia a lo largo del tiempo. Tienen un doble cometido: mantener el acceso al servicio a lo largo del tiempo (por ejemplo manteniendo los intercambios pago de tarifa contra prestación del servicio) como el cumplimiento de los objetivos de calidad de agua hasta el punto de consumo, según las necesidades que se satisfagan. Dicha función en los aspectos tarifarios, queda sujeta a lo que se denomina “Voluntad de pago” (Altaf, A. et.al.,1992) mientras que en los aspectos de calidad, queda transferida tácitamente a los usuarios, en virtud de la ubicación de los componentes tecnológicos de Accesos, dentro del espacio privado.

6.3.5 SubSistema “Acceso”

Antes de avanzar en la descripción de variables intervinientes y sus interrelaciones, es conveniente responder a la siguiente pregunta:

¿Cómo establecer las condiciones de sostenibilidad del CUA, para este tramo?

Se aportaron precedentemente los conceptos necesarios para establecer las condiciones de sostenibilidad, tanto a nivel urbano como a nivel de manzana. Para iniciar la presentación de los distintos subsistemas, es importante seguir una lógica a modo de “capas de cebolla” que permita una adecuada comprensión. Por ello se tomará como centro de esta “cebolla” a la “variable objetivo” para este tramo, específica para el tramo y la escala manzana.

La sostenibilidad de este tramo del CUA a nivel de manzana queda definida por la convergencia de dos importantes flujos:

- El flujo de Instalaciones convenientes para acceder a una Provisión de Agua definida por diversas características. Este flujo define las condiciones de acceso material a la provisión de agua.
- El flujo de Tipos de servicios de provisión de agua a las que la población de las diversas manzanas pueden acceder. Este flujo presenta la diversidad de condiciones de servicio posible y las dinámicas de cambio que dichas condiciones puede ir sufriendo a lo largo del tiempo.

Cuando logra cumplirse las condiciones de convergencia las manzanas quedarán incorporadas a diversas formas de provisión. La más elemental forma de provisión de agua potable es la del acceso a “canilla (grifo) publica” (o fácil acceso según la denominación utilizada por la UNICEF, que según la dinámica de crecimiento de las redes de abastecimiento en las regiones en vías de desarrollo, es la forma inicial de provisión.

+Estos dos flujos, según la lógica de los diagramas sistémicos de Forrester, están definidos por un “deposito” donde figura el nivel inicial y el nivel actual, en la parte superior figura la variable de aumento o crecimiento del nivel y en la inferior de la disminución o decrecimiento del nivel.

El diagrama que se presenta a continuación, muestran un “zoom” sobre estos dos flujos principales, cuya variable objetivo definen la situación de sostenibilidad o insostenibilidad a nivel de manzana de tramo” provisión de agua potable”, para luego y haciendo un recorrido de las principales variables que componen este subsistema “acceso” como fue denominado en el proceso de modelado.

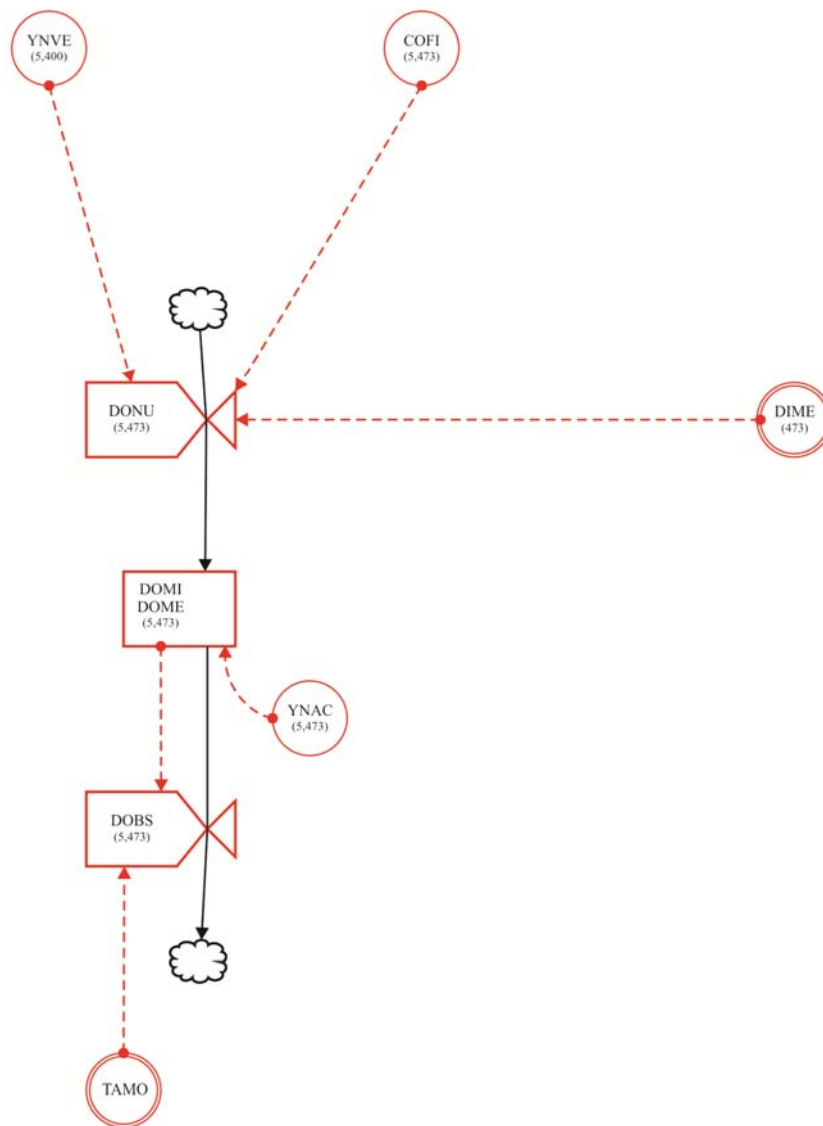


Figura 1. Sección Diagrama de Forrester “Instalaciones Domiciliarias Convenientes”.
Fuente: Elaboración propia.

6.3.5.1 Determinación del flujo de “Instalaciones Convenientes”

Variables implicadas
DOMI Instalaciones Domiciliarias Iniciales
DOME Instalaciones Domiciliarias Existentes (Instalaciones por Personas y por Manzana)
Dimensiones
NUCO Numero de componentes de las Tipologías de Instalaciones para el Acceso al Agua (5)
NMAN Numero de manzanas (473)

DOME es lo que se denomina una “Variable de Estado” (la que requiere un valor inicial, que será dato al inicio de la simulación y que se irá actualizando a cada paso temporal). DOMI, constituye ese nivel inicial, o sea, a partir de dicha “línea de base” es que se toma el flujo de instalaciones. DOME, va mostrando el punto donde se encuentra al final de cada paso temporal en cada corte de la simulación la situación respecto a dichas instalaciones.

En cuanto a las dimensiones de dichas variables, tienen dos: NUCO constituye los cinco (5) componentes en que se dividieron las instalaciones domiciliarias que posibilitan la materialización del acceso al agua, según los requerimientos no solo normativos sino también de las condiciones de servicio de agua potable a que se ven sujetos los asentamientos humanos de regiones en vías de desarrollo. La otra dimensión NMAN, es la que corresponde al número total de manzanas habitadas en el término municipal. Por lo tanto, la información sobre las instalaciones domiciliarias corresponde a cada manzana habitada. Por lo tanto estamos en presencia de Variables matriciales (5,473).

Con respecto a NUCO, los componentes considerados de instalaciones domiciliarias son los siguientes:

- 1) Instalación domiciliar básica (Cañerías de acceso y distribución, artefactos sanitarios básicos: Bache de cocina, Lavabo, Inodoro, Bidet)
- 2) Tanque “compensador” elevado para distribución. (500 a 1000 lts)
- 3) Bomba automática para elevar agua al Tanque de distribución ($\frac{1}{2}$ o $\frac{3}{4}$ HP)
- 4) Tanque de bombeo (500 A 1000 lts)
- 5) Aljibe o cisterna para depósito de agua de lluvia. (10.000 a 30.000 lts)

Cada componente está representado por su valor económico en \$.

Para comprender la dinámica del presenta flujo se presentan a continuación la variable DONU, que contiene la forma de incorporación de nuevas instalaciones domiciliarias a las Manzanas

Variables implicadas
DONU Nuevas Instalaciones Domiciliarias
COFI Costo Financiado de Instalaciones por Semestre
DIME Disponibilidad de pago de mejoras en cada Manzana
YNVE Inversión necesaria en instalaciones
Dimensiones
NUCO Numero de componentes de las Tipologías de Instalaciones para el Acceso al Agua (5)
NMAN Numero de manzanas (473)

La formulación que representa la incorporación de nuevos componentes de instalaciones domiciliarias de agua en las Manzanas es la siguiente

Formulación lógica de Incorporación Nuevos Componentes
IF (COFI(i1,i2)<=DIME(i1,i2)) THEN DONU(i1,i2)=YNVE(i1,i2)

La forma en que se representa la incorporación de nuevas instalaciones a las manzanas, depende de la relación de posibilidades de acceso financiado (cuotas) a los componentes que los tipos de servicio de provisión de agua asignados a la manzana demandan. Cuando DIME que es la variable de la “disponibilidad de pago de mejoras”, esto es, la voluntad de pago (\$) para introducir mejoras, es superior o igual al costo financiero de dichos componentes COFI (\$ de las cuotas), entonces dicha cuota puede ser absorbida por la economía familiar de la manzana yDONU adquiere el valor de YNVE, que es justamente la expresión del la inversión de mejora necesaria para contar con instalaciones apropiadas para acceder a los servicios de agua potable correspondientes.

En cuanto a la baja de componentes las variables implicadas son:

Variables implicadas
DOBS Instalaciones Domiciliarias Obsoletas (Amortización)
DOME Instalaciones Domiciliarias Existentes (NUCO;NAMAN)
TAMO Tiempo de amortización de las Instalaciones
Dimensiones
NUCO Número de componentes de las Tipologías de Instalaciones para el Acceso al Agua (5)
NMAN Número de manzanas (473)

Mientras que la ecuación que representa las bajas es la siguiente:

Ecuación para la baja de instalaciones
DOBS(i1,i2)=((DOME(i1,i2)-(DOME(i1,i2)*0.10)))/TAMO

La ecuación previa no es otra que la de la depreciación de un equipamiento, que constituye según el tiempo que se establezca, una depreciación del las instalaciones domiciliarias de cada manzana DOME.

Por último, la ecuación de actualización de DOME es la siguiente

Ecuación de actualización
$DOME(i1, i2) = DOMI(i1, i2) + DONU(i1, i2) + YNAC(i1, i2) - DOBS(i1, i2)$

Las variables intervinientes en dicha ecuación son las siguientes

Variables implicadas
DOMI Instalaciones Domiciliarias Iniciales
DONU Nuevas Instalaciones Domiciliarias
YNAC Instalaciones actualizadas en cuanto a mantenimiento
DOBS Instalaciones Domiciliarias Obsoletas (Amortización)
Dimensiones
NUCO Número de componentes de las Tipologías de Instalaciones para el Acceso al Agua (5)
NMAN Número de manzanas (473)

DONU expresa el crecimiento en cuanto a la incorporación de nuevas instalaciones que proporcionan acceso adecuado a la provisión de agua accesible en cada manzana.

DOBS presenta el decrecimiento de instalaciones, que es tomado en términos virtuales, sigue la lógica de la depreciación de bienes en uso. En cuanto entran en operación se inicia un proceso de desgaste que al llegar al final de su vida útil estimada, quedaría fuera de servicio, y por lo tanto incapaces de realizar el “enlace” intra-domiciliario del servicio de agua. Ahora bien, la forma de mantener vigente dichos conjunto de instalaciones es la inversión (medida también en \$) expresada por YNAC.

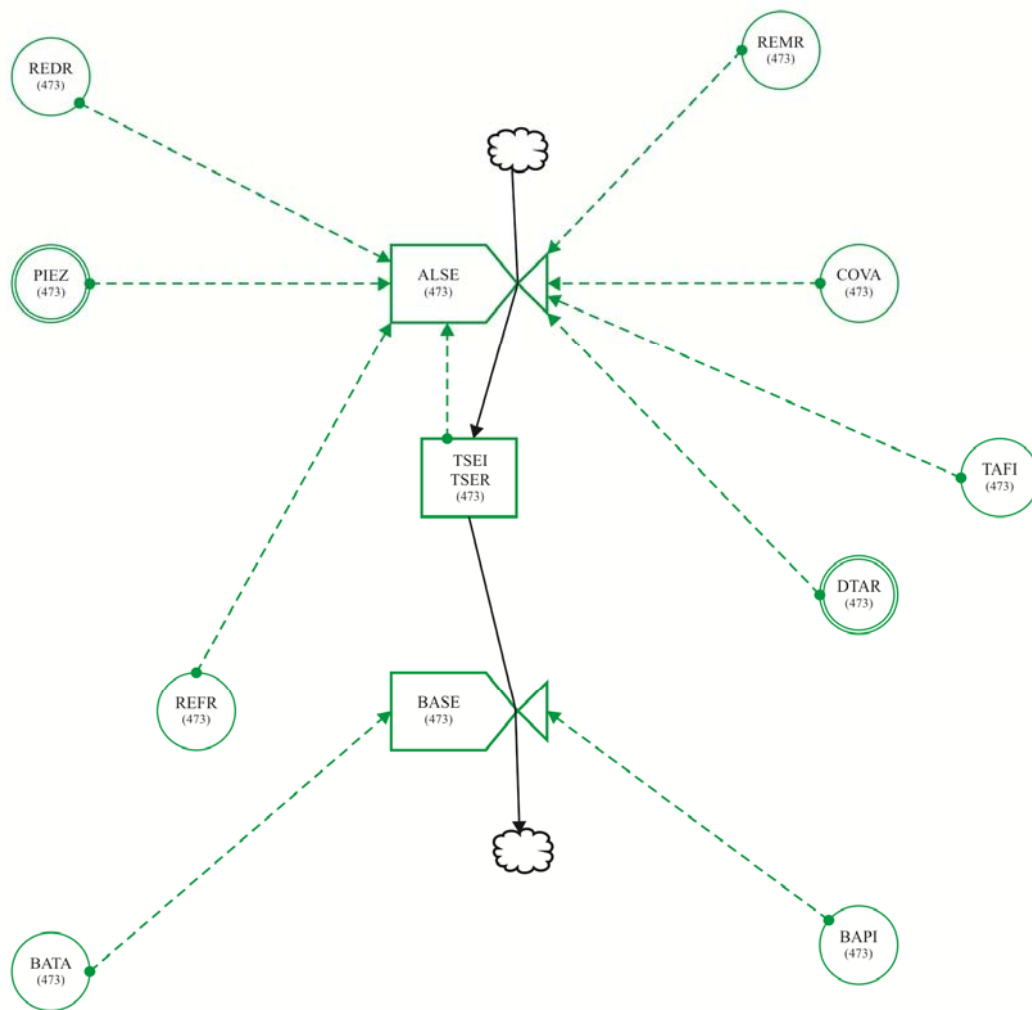


Figura 2. Sección Diagrama de Forrester “Tipo de Servicio de Provisión de Agua”.
Fuente: Elaboración propia.

6.3.5.2 Determinación del flujo “Tipo de Servicio de Provisión de Agua”

Variables implicadas
TSEI Tipo de Servicio de Provisión de Agua Potable Inicial
TSER Tipo de Servicio de Provisión de Agua Potable Existente
Dimensiones
NMAN Numero de manzanas (473)

TSEI es la variable que presenta los Tipos de Servicio iniciales que se registran en las 473 manzanas habitadas. Plantea todas las posibilidades que pudieron ser registradas en el Termino Municipal. Varían de acuerdo a su accesibilidad y su tipo de tarifa. Los mismos fueron denominados de la siguiente manera:

“1” – Sin Servicio de Agua potable formal

“2” – Servicio de Agua “Fácil Acceso” (Canilla Pública)

“5”- Servicio Domiciliario de Agua Potable – Tarifa fija

“7”- Servicio Domiciliario de Agua Potable – Tarifa ajustada según consumo (Micro-medición”

Pero además, pueden registrarse situaciones iniciales de “no servicio” según las cuatro siguientes posibilidades

“8” Situación de Mora cuando la Tarifa Fija supera la Disponibilidad de pago

“9” Situación de Mora cuando la Tarifa ajustada según consumo supera la Disponibilidad de pago

“10” Situación de servicio deficitario cuando periódicamente se dan situaciones de Altura piezométrica menores a 0.5 mca – Tarifa Fija

“11” Situación de servicio deficitario cuando periódicamente se dan situaciones de Altura piezométrica menores a 0.5 mca – Tarifa ajustada al consumo.

Actualización de los valores de TSER. Para este flujo del subsistema, la Actualización de TSER viene dada por la interrelación de las siguientes variables que definen primeramente ALSE (alta en el servicio) y luego BASE (baja en el servicio)

Variables implicadas
ALSE Alta del Servicio de Provisión de Agua Potable
TSEI Tipo de Servicio de Provisión de Agua Potable Inicial
REDR Servicio de Red Pública Fácil Acceso Real - REFR Servicio por Manzana con Red Domiciliaria con Tarifa Fija Real
REMR Servicio por Manzana con Red Domiciliaria con Tarifa con Micro-medición Real
PIEZ Altura piezométrica de Servicio en cada Manzana con servicio de Red por Semestre
TAFI Coste Fijo de la Tarifa de Agua por Manzana
DTAR Disponibilidad de pago de Tarifas
COVA Coste Variable de la Tarifa de Agua por Manzana
Dimensiones
NMAN Numero de manzanas (473)

ALSE, el “alta” en los diversos tipos de servicio, de penderán del cumplimiento de una serie de condiciones. Por ello, las interrelaciones entre las variables que aparecen más arriba, están expresadas por una serie de formulaciones lógicas, según queda expresado a continuación. Se toma siempre como punto de partida la situación inicial.

Formulaciones lógicas para el Aumento de los Tipos de Servicio de Provisión de agua
IF TSEI(i1)=1 AND REDR(i1)=2 THEN ELSE(i1)=2
IF TSEI(i1)=2 AND REFR(i1)=5 THEN ELSE(i1)=5
IF TSEI(i1)=5 AND REMR(i1)=7 THEN ELSE(i1)=7
IF TSEI(i1)=8 AND PIEZ(i1)>=0.5 AND TAFI(i1)<=DTAR(i1) THEN ELSE(i1)=5
IF TSEI(i1)=9 AND PIEZ(i1)>=0.5 AND COVA(i1)<=DTAR(i1) THEN ELSE(i1)=7
IF TSEI(i1)=10 AND PIEZ(i1)>=0.5 AND TAFI(i1)<=DTAR(i1) THEN ELSE(i1)=5
IF TSEI(i1)=11 AND PIEZ(i1)>=0.5 AND TAFI(i1)<=DTAR(i1) THEN ELSE(i1)=7

Las formulaciones lógicas expresan los siguientes resultados:

- 1) Si la situación inicial era “1” Sin servicio, y REDR adquiere el valor “2” o sea que transcurre un tiempo denominado “de retardo” que representa el tiempo transcurrido entre que una familia asentada sin servicio ocupa un predio, y llega la primera expresión del servicio de agua potable, se alcanza el tipo de servicio “2” o sea el de “Fácil acceso” o canilla pública.
- 2) Cuando la situación inicial es del tipo “2” de “Fácil Acceso” y REFR adquiere el valor “”, o sea que transcurre el tiempo de retardo para que se ejecute y ponga en funcionamiento una red de abastecimiento de agua domiciliario con tarifa fija, se pasa al tipo de servicio “5”, red domiciliaria con tarifa fija.
- 3) Lo mismo ocurre cuando REMR adquiere el valor “7” transcurriendo el tiempo de retardo en concretar la instalación de micro-medidores y alcanzar un servicio domiciliario con tarifa ajustada a consumo “7”.
- 4) Ante un sistema de agua domiciliaria en funcionamiento, donde la altura piezométrica PIEZ supera los 0.5 mca, la disponibilidad de pago DTAR, supera el costo de la tarifa fija TAFI y de esta forma entra en una plan de pago para regularizar la mora, pasando de servicio tipo “8” a tipo “5”.
- 5) Una situación similar se da cuando la disponibilidad de pago DTAR supera la tarifa de costo variable COVA, pasando de un servicio tipo “9” a tipo “7”.
- 6) Por otra parte, el servicio pasa de “9” a “5” cuando teniendo en equilibrio las cuentas por pago de tarifas, también se mejoran la calidad del servicio, pasando a una situación de PIEZ mayor a 0.5 mca.
- 7) Lo mismo ocurre cuando PIEZ pasa a marcas mayores a 0.5mca en sectores con micro-medición, pasando de “10” a “7”.

Por otra parte las “bajas” en el servicio se producen mediante la intervención de las siguientes variables:

Variables implicadas
BASE Baja en el Servicio de Provisión de Agua Potable
TSEI Tipo de Servicio de Provisión de Agua Potable Inicial
BATA Baja por no tener cobertura de Tarifas
BAPI Baja del Servicio por Altura Piezométrica insuficiente
Dimensiones
NMAN Número de manzanas (473)

En cuanto a la baja de los diversos tipos de servicios de provisión de agua BASE, las formulaciones lógicas que las determinan son las siguientes:

Formulaciones lógicas para la Baja de los Tipos de Servicio de Provisión de agua
IF TSEI(i1)=5 AND BATA(i1)=8 THEN BASE(i1)=8
IF TSEI(i1)=7 AND BATA(i1)=9 THEN BASE(i1)=9
IF TSEI(i1)=5 AND BAPI(i1)=10 THEN BASE(i1)=10
IF TSEI(i1)=7 AND BAPI(i1)=11 THEN BASE(i1)=11

BASE adquiere las modalidades 8 y 9 cuando BATA, variable que contiene las situaciones de bajas por falta de cobertura de las tarifas fijas y variables respectivamente adquiere sendas situaciones “8” y “9”.

Situación similar ocurre con las modalidades 10 y 11 para BASE cuando BAPI, que concentra las bajas por falta de altura piezométrica mínima, adquiere los valores 10 y 11.

Presentadas las formulaciones correspondientes para “Altas” y “Bajas”, resta solo presentar aquellas que expresan la actualización de TSER

Formulaciones lógicas para la actualización de los Tipos de Servicio de Provisión de agua
IF (ALSE(i1)<>0 AND BASE(i1)=0) THEN TSER(i1)=ALSE(i1)
IF (ALSE(i1)=0 AND BASE(i1)<>0) THEN TSER(i1)=BASE(i1)
IF (ALSE(i1)<>0 AND BASE(i1)<>0) THEN TSER(i1)=BASE(i1)
ELSE TSER(i1)=TSEI(i1)

En resumen, la actualización de TSER, dependerán de los valores que vayan adquiriendo ALSE, como suma de nuevas situaciones de servicio y BATA, donde como se explicó más arriba, concentra los principales motivos de baja, ya sea por razones de morosidad o de deficiencias recurrentes en la calidad del servicio.

6.3.5.3 Presentación completa del SubSistema “Acceso”

Así se denominó a este Subsistema del cual hemos presentado precedentemente los dos flujos más importantes que definen la sostenibilidad del CUA para este tramo de provisión de agua potable. Ahora bien, a los efectos de que se pueda tener una idea de la magnitud de variables subyacentes y sus interrelaciones, las cuales contribuyen a la

definición de estos dos flujos precedentes, se presenta a continuación el diagrama de Forrester en su totalidad.

Es importante poner atención que algunas variables que provienen de los restantes SubSistemas y que serán presentados posteriormente, están identificados con colores distintivos. Aparecen con la representación de “Variables de Entrada”, a los fines de no complicar en forma extrema el Diagrama presentando la totalidad de los subsistemas en uno solo.

A continuación se procederá a la presentación de la forma en que el Modelo Acceso define las Variables que inciden sobre estos dos principales flujos. Se tomarán subgrupos de variables que mostrarán de que manera terminan definiendo a aquella implicada en directamente en los flujos principales.

Se comenzarán por las variables que inciden sobre el conjunto “Instalaciones Domiciliarias”.

Variables implicadas
COFI Costo Financiado de Instalaciones por Semestre
TIIN Tipo de Interés vigente para financiar Mejoras de Instalaciones
PLAC Plazo de extensión del Crédito
YNVE Inversión necesaria en instalaciones
Dimensiones
NMAN Numero de manzanas (473)
NUCO Numero de componentes de las Tipologías de Instalaciones para el Acceso al Agua (5)
TIIN y PLAC: sin dimensión
Ecuación que define a COFI
$COFI(i1, i2) = (YNVE(i1, i2) * TIIN) / PLAC$

Este costo financiero estará basado en la forma en que los principales proveedores de los insumos implicados en las instalaciones ofrecen financiación para su adquisición. Un instrumento de uso muy difundido es una tarjeta de crédito de un consorcio de empresas de materiales de construcción e instalaciones, pensada especialmente para quienes no tienen acceso a las tarjetas bancarias. Otra, de muy fácil acceso para los estratos medios /medios bajos, es otra denominada “Tarjeta Naranja”, con facilidades ambas que abarcan hasta plazos de doce meses.

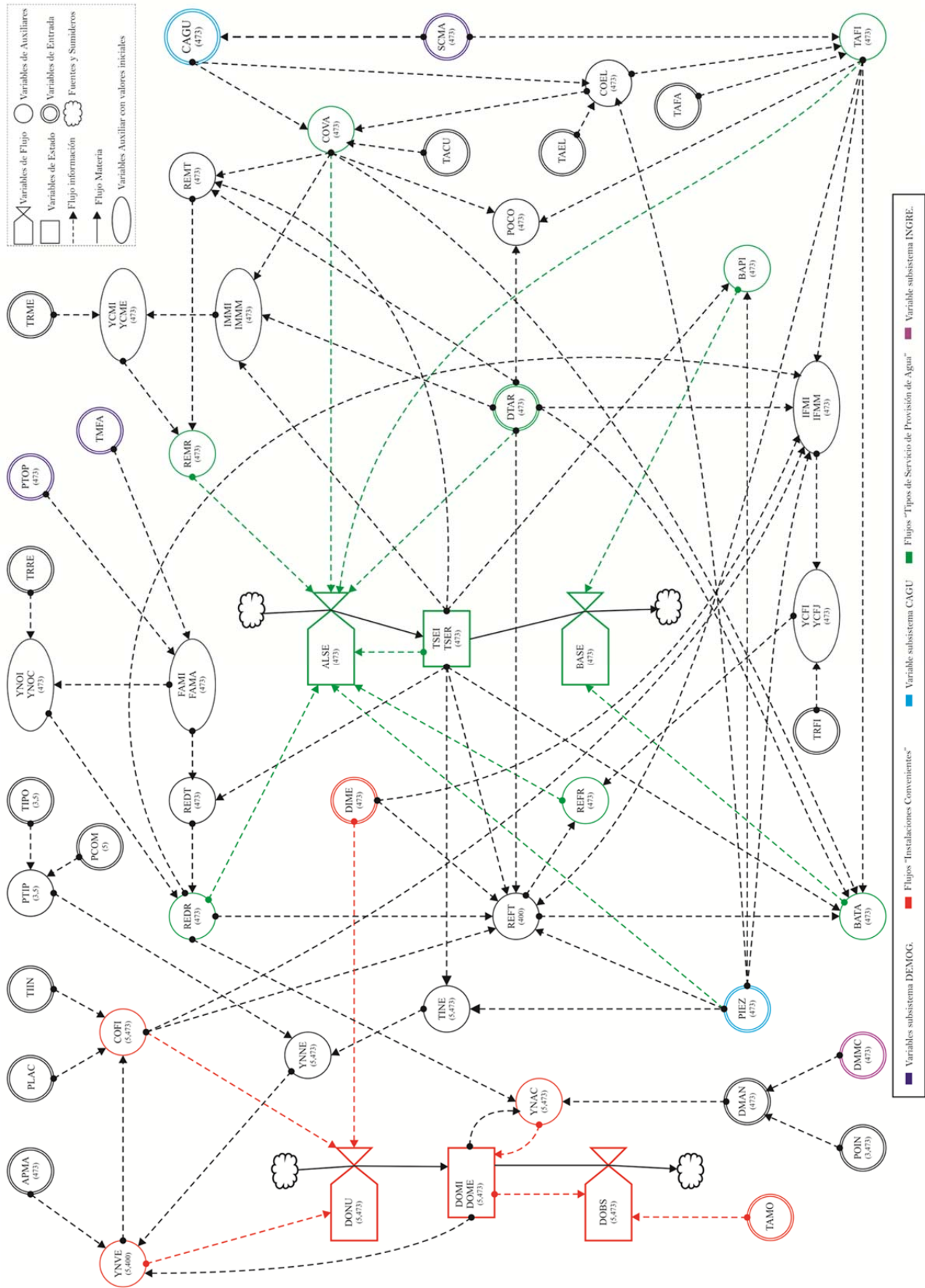


Figura 3 Diagrama de Forrester SubSistema "Acceso". Fuente: Elaboración Propia.

Variables implicadas
PTIP Precios de las Tipologías de Instalaciones de agua
TIPO Tipologías de Instalaciones de agua según los rangos de altura piezométrica
PCOM Precio de los componentes de instalaciones de Agua
Dimensiones
PCOM = NUCO Número de componentes de las Tipologías de Instalaciones para el Acceso al Agua (5)
PTIP Y TIPO = (NUCO) Y (NTIP) Número de Tipologías posibles de Acceso según la Altura piezométrica de servicio (3)
Ecuación que define a PTIP
$PTIP(i1, i2) = TIPO(i1, i2) * PCOM(i2)$

Los precios de los componentes incluyen materiales, equipos y mano de obra para su ejecución.

Las Tipologías son la forma de agrupar componentes de Instalaciones domiciliarias, según las condiciones de calidad de servicio cuando se dispone de red de abastecimiento de agua. Pueden agruparse en tres grupos:

Tipología	Altura piezométrica (mca)	Componentes de la tipología
1	$0.5 > PIEZ < 4$	Tanque de Bombeo + Bomba + Tanque distribuidor + Instalación básica
2	$4 > PIEZ < 9$	Tanque distribuidor para compensación en horas pico + Instalación Básica
3	$PIEZ > 9$	Instalación básica

Tabla 4. Tipologías de Instalaciones domiciliarias de agua según calidad de servicio.

Fuente: Elaboración Propia

Variables implicadas
TINE Tipologías Necesarias por Manzana
TSEI Tipo de Servicio de Provisión de Agua Potable Inicial
PIEZ Altura piezométrica de Servicio en cada Manzana con servicio de Red por Semestre
Dimensiones
NMAN Número de Manzanas (473)
Formulación lógica que define a TINE
Para $(TSEI(i2)=5 \text{ OR } TSEI(i2)=7)$
$IF (PIEZ(i2) > 0.5 \text{ AND } PIEZ(i2) < 4) \text{ THEN } TINE(i2)=1$
$IF (PIEZ(i2) \geq 4 \text{ AND } PIEZ(i2) < 9) \text{ THEN } TINE(i2)=2$
$IF PIEZ(i2) \geq 9 \text{ THEN } TINE(i2)=3$

TINE entonces expresa la necesidad de contar con un determinado tipo de instalaciones en función de las condiciones de calidad de servicio. Forma una de las “variables de enlace” entre los dos flujos presentados inicialmente.

Variables implicadas
YNNE Nuevas Instalaciones Necesarias
TINE Tipologías Necesarias por Manzana
PTIP Precios de las Tipologías de Instalaciones de agua
Dimensiones
YNNE Y TINE: NMAN Número de Manzanas (473)
YNNE Y PTIP: NUCO Número de componentes de las Tipologías de Instalaciones para el Acceso al Agua (5)
PTIP: NTIP Numero de Tipologías posibles de Acceso según la Altura piezométrica de servicio (3)
Formulación lógica que define a TINE
tn=TINE(i1): YNNE(i2,i1)=PTIP(tn,i2)

Variables implicadas
YNVE Inversión necesaria en instalaciones
YNNE Nuevas Instalaciones Necesarias
APMA Aportación de Mano de Obra del Propietario
DOMI Instalaciones Domiciliarias Iniciales
Dimensiones
Todas: NMAN Número de Manzanas (473)
Todas menos APMA: NUCO Número de componentes de las Tipologías de Instalaciones para el Acceso al Agua (5)
Formulación lógica y Ecuación que define a YNVE
YNVE(i1,i2)=YNNE(i1,i2)-DOMI(i1,i2)
IF APMA(i2)>0 THEN YNVE(i1,i2)=YNVE(i1,i2)*0.40*APMA

La diferencia entre los costos de la inversión necesaria menos la inversión ejecutada (DOMI) da como resultado a YNVE. Ahora bien, existe en las regiones en vías de desarrollo una cultura de la autoconstrucción, ya sea por aporte del mismo propietario o por lazos de cooperación entre familiares y/o vecinos (ayuda mutua). Eso permite con su valorización en (\$) la posibilidad de realizar un aporte “en especies” a la ejecución de las mejoras necesarias.

Variables implicadas
DMAN Disponibilidad de pago para Mantenimiento
DMMC Ingresos por manzana mensuales a precio constante
POIN Porcentaje del Ingreso destinado a Mejoras y Mantenimiento
Dimensiones
Todas: NMAN Número de Manzanas (473)
Solo POIN: NPVO Número de Dimensiones Porcentajes del Ingreso para Voluntad de pago (3)
Formulación lógica y Ecuación que define a DMAN
$DMAN(i1) = DMMC(i1) * POIN(2, i1)$

La voluntad de pago estudiada en la localidad de referencia POIN, como ya se expresó en el marco teórico, representa los intereses y prioridades de las UCE en referencia a los dos aspectos planteados en este grupo de variables: mejoras y mantenimiento, todo orientado a obtener una mejor calidad de acceso al agua. Está medido en (\$) y significa un porcentaje del ingreso total de la UCE. En cuanto a DMMC depende directamente del subsistema “Ingresos”, que se estudiará más adelante.

Variables implicadas
YNAC Instalaciones actualizadas en cuanto a mantenimiento
FAMI Número de Familias por Manzana inicial
DMAN Disponibilidad de pago para Mantenimiento
PIEZ Altura piezométrica de Servicio en cada Manzana con servicio de Red por Semestre
FAMA Número de Familias por Manzana
DOMI Instalaciones Domiciliarias Iniciales
Dimensiones
Todas: NMAN Número de Manzanas (473)
Solo DOMI e YNAC: NUCO Número de componentes de las Tipologías de Instalaciones para el Acceso al Agua (5)
Ecuación que define a YNAC
NTIP: $A = A + DOMI(i3, i2) (*)$
$YNAC(i1, i2) = DOMI(i1, i2) * (FAMI(i2) / FAMA(i2) - 1 / FAMI(i2)) + DMAN(i2) * DOMI(i1) / A$
(*) Observación: el valor A oficia de “contador” del número de tipologías NTIP

A continuación se presentan las variables implicadas en el grupo “Tipo de Servicios de Agua”

Variables implicadas
FAMA Número de Familias por Manzana
PTOP Población total por manzanas
TMFA Tamaño medio de la familia
Dimensiones
Todas, menos TMFA: NMAN Número de Manzanas (473)
Ecuación que define a FAMA
FAMA(i1)=PTOP(i1) / TMFA

FAMA representa la Cantidad de familias por Manzana en Valores actualizados.

PTOP representa a variables que se obtienen en el SubSistema Demográfico “DEMOG”, que se verá más adelante.

Variables implicadas
REDT Servicio por Manzana de Red Pública Fácil Acceso Teórica
TSEI Tipo de Servicio de Provisión de Agua Potable Inicial
FAMA Número de Familias por Manzana
Dimensiones
NMAN Número de Manzanas (473)
Formulación lógica que define a REDT
IF (FAMA(i1)<>0 AND TSEI(i1)=1) THEN REDT(i1)=2
ELSE REDT(i1)=1

La idea de “Red Pública Teórica” es la de registrar solo el momento donde se dio el cumplimiento de estas dos condiciones: Tendrá servicio “Red Pública Fácil Acceso” (2) si se cumplen las condiciones: TSEI = (1) “Sin Servicio de Red” y FAMI con valores <> 0.

Variables implicadas
REDR Servicio de Red Pública Fácil Acceso Real
REDT Servicio por Manzana de Red Pública Fácil Acceso Teórica
YNOI Instantes hasta la instalación de agua en las manzanas en su valor inicial
Dimensiones
NMAN Número de Manzanas (473)
Formulación lógica que define a REDR
IF REDT(i1)=1 AND YNOI(i1)=1 THEN REDR(i1)=2

REDR representa la situación de Cumplida la Condición de FAMA<>0 y transcurrido TRRE, el servicio pasa de “1” a “2”. Registra el Paso de “Teórica” a “Real”, transcurrido el retardo.

Variables implicadas
YNOC Instantes hasta la instalación de agua en las manzanas
FAMI Número de Familias por Manzana inicial
FAMA Número de Familias por Manzana
TRRE Tiempo de Retardo para la implementación de Red Pública Fácil Acceso
YNOI Instantes hasta la instalación de agua en las manzanas en su valor inicial
Dimensiones
NMAN Número de Manzanas (473)
Formulación lógica que define a YNOC
FAMI(i1)=0 and FAMA(i1)<>0 THEN YNOC(i1)=TRRE
IF FAMI(i1)<>0 and FAMA(i1)<>0 THEN YNOC(i1)=YNOI(i1)-1
ELSE YNOC(i1)=0

YNOC expresa el Registro del tiempo expresado en semestres que transcurren hasta que se construya la Red Pública. Es una variable auxiliar, que cuenta con su situación inicial (YNOI) que permite guardar dicho conteo hasta que se cumpla el tiempo TRRE.

Variables implicadas
REFT Servicio por Manzana con Red Domiciliaria con Tarifa Fija Teórica
REDR Servicio de Red Pública Fácil Acceso Real
TAFI Coste Fijo de la Tarifa de Agua por Manzana
DTAR Disponibilidad de pago de Tarifas
COFI Costo Financiado de Instalaciones por Semestre (NUCO;NMAN)
DIME Disponibilidad de pago de mejoras en cada Manzana
PIEZ Altura piezométrica de Servicio en cada Manzana con servicio de Red por Semestre
Dimensiones
Todas: NMAN Número de Manzanas (473)
Solo COFI: NUCO Numero de componentes de las Tipologías de Instalaciones para el Acceso al Agua (5)
Formulaciones lógicas que definen a REFT
IF REDR(i1)=2 AND TAFI(i1)<=DTAR(i1) AND COFI(i1)<DIME(i1) AND PIEZ(i1)>=0.5 THEN REFT(i1)=5
IF (TSEI(i1)=2 AND (TAFI(i1)<=DTAR(i1)) AND (COFI(i1)<DIME(i1)) AND PIEZ(i1)<0.5) THEN REFT(i1)=4
ELSE REFT(i1)=2

Las situaciones “5”, “4” y ”2”, son las tres situaciones de servicio ya mencionadas en las diversas situaciones de Servicios de Agua en la baja o alta del servicio (ALSE O BASE) para red de agua con tarifa fija. Como ya se mencionó más arriba, REFT oficia de “contador” de las situaciones que van convergiendo hacia estos tipos de servicios, pero que se hacen efectivas cuando terminan de transcurrir los tiempos de retardo.

Variables implicadas
REFR Servicio por Manzana con Red Domiciliaria con Tarifa Fija Real
REFT Servicio por Manzana con Red Domiciliaria con Tarifa Fija Teórica
YCFI Instantes hasta la instalación de agua (Tarifa fija) en las manzanas en su valor inicial
Dimensiones
NMAN Número de Manzanas (473)
Formulación lógica que define a REFR
Si REFT(i1)=5 AND YCFI(i1)=1 THEN REFR(i1)=5

Cumplida la Condición de expresadas en REFT y transcurrido el tiempo TRFI; REFR = "5" (Servicio Domiciliario de Agua Potable con tarifa fija).

Variables implicadas
YCFJ Instantes hasta la instalación de agua (Tarifa fija) en las manzanas
IFMI Instantes desde condiciones tarifa fija por manzanas en su valor inicial
IFMM Instantes desde condiciones tarifa fija por manzanas
TRFI Tiempo de Retardo para Incorporación a Red Domiciliaria con Tarifa Fija (Semestres)
Dimensiones
NMAN Número de Manzanas (473)
Formulación lógica que define a YCFJ
IF IFMI(i1)=0 AND IFMM(i1)=1 THEN YCFJ(i1)=TRFI
IF IFMI(i1)=1 AND IFMM(i1)=1 AND YCFJ(i1)>1 THEN YCFJ(i1)=IFMM(i1)-1
ELSEYCFJ(i1)=0

YCFJ representa el registro del tiempo que transcurre hasta que se construya la Red de Provisión Domiciliaria de Agua con tarifa fija. Es una variable auxiliar que cuenta con situación inicial (IFMI) que permite guardar dicho conteo hasta que se cumpla el tiempo TRFI.

Variables implicadas
IFMM Instantes desde condiciones tarifa fija por manzanas
REDR Servicio de Red Pública Fácil Acceso Real
TAFI Coste Fijo de la Tarifa de Agua por Manzana
DTAR Disponibilidad de pago de Tarifas
COFI Costo Financiado de Instalaciones por Semestre
DIME Disponibilidad de pago de mejoras en cada Manzana
PIEZ Altura piezométrica de Servicio en cada Manzana con servicio de Red por Semestre
Dimensiones
NMAN Número de Manzanas (473)
Formulación lógica que define a IFMM
IFMM(i1)=(REDR(i1)=2 AND TAFI(i1)<=DTAR(i1) AND COFI(i1)<DIME(i1) AND PIEZ(i1)>=0.5)

Se sigue la misma lógica expresada precedentemente, pero pasando desde la situación de “servicio de canilla pública” o “fácil acceso” al de servicio domiciliario con tarifa fija. Se define primeramente las condiciones que debe cumplir ese paso, por eso se lo denomina “teórico”, cumpliendo condiciones no solo mínimas técnicas (PIEZ >= a 0.5) si no también económicas, tanto en lo que se refiere a mejoras en las instalaciones como para absorber la tarifa. (DTAR y DIME superiores a TAFI y COFI respectivamente).

Variables implicadas
REMT Servicio por Manzana con Red Domiciliaria con Tarifa con Micro-medición Teórica
TSEI Tipo de Servicio de Provisión de Agua Potable Inicial
COVA Coste Variable de la Tarifa de Agua por Manzana
DTAR Disponibilidad de pago de Tarifas
Dimensiones
NMAN Número de Manzanas (473)
Formulación lógica que define a REMT
REMT IF (TSEI(i1)=5 AND COVA(i1)<=DTAR(i1)) THEN REMT(i1)=7

Variables implicadas
REMR Servicio por Manzana con Red Domiciliaria con Tarifa con Micro-medición Real
REMT Servicio por Manzana con Red Domiciliaria con Tarifa con Micro-medición Teórica
YCMI Instantes hasta la instalación de agua (Medidor) en las manzanas en su valor inicial
Dimensiones
NMAN Número de Manzanas (473)
Formulación lógica que define a REMR
IF REMT(i1)=7 AND YCMI(i1)=1 THEN REMR(i1)=7

Variables implicadas
YCME Instantes hasta la instalación de agua (Medidor) en las manzanas
IMMI Instantes desde condiciones medidor por manzanas en su valor inicial
IMMM Instantes desde condiciones medidor por manzanas
TRME Tiempo de Retardo para Incorporación de Micro-medidores para Tarifa Variable
Dimensiones
NMAN Número de Manzanas (473)
Formulación lógica que define a
IF IMMI(i1)=0 AND IMMM(i1)=1 THEN YCME(i1)=TRME
IF IMMI(i1)=1 AND IMMM(i1)=1 AND YCME(i1)>1 THEN YCME(i1)=IMMM(i1)-1
ELSE YCME(i1)=0

Lo mismo que lo descrito para las variables auxiliares que “contean”, en este caso lo hace durante el transcurso del lapso de tiempo de retardo TRME, pasando de la situación de tarifa fija a la de tarifa ajustada según registro de micro-mediciones. Para una cooperativa de servicios de agua de una región en vías de desarrollo, el crecimiento y mantenimiento de un parque de medidores, resulta una inversión que solo puede absorberse progresivamente, en virtud de las administración y gestión con que la misma se desempeñe. Esto contando con una situación de aceptación social de este tipo de estrategia de servicio, cosa que en no todos los países o regiones es homogénea.

Variables implicadas
IMMM Instantes desde condiciones medidor por manzanas
TSEI Tipo de Servicio de Provisión de Agua Potable Inicial
COVA Coste Variable de la Tarifa de Agua por Manzana
DTAR Disponibilidad de pago de Tarifas
IMMI Instantes desde condiciones medidor por manzanas en su valor inicial
YCME Instantes hasta la instalación de agua (Medidor) en las manzanas
TRME Tiempo de Retardo para Incorporación de Micromedidores para Tarifa Variable
Dimensiones
NMAN Número de Manzanas (473)
Formulación lógica que define a IMMM
IF IMMM=(TSEI(i1)=5 AND COVA(i1)<=DTAR(i1)) YCME IF IMMI(i1)=0 AND IMMM(i1)=1 THEN YCME(i1)=TRME ELSEIF IMMI(i1)=1 AND IMMM(i1)=1 AND YCME(i1)>1 THEN YCME(i1)=IMMM(i1)-1

Variables implicadas
BAPI Baja del Servicio por Altura Piezométrica insuficiente
PIEZ Altura piezométrica de Servicio en cada Manzana con servicio de Red por Semestre
TSEI Tipo de Servicio de Provisión de Agua Potable Inicial
Dimensiones
NMAN Número de Manzanas (473)
Formulación lógica que define a BAPI
IF PIEZ(i1)>=0.5 THEN BAPI(i1)=0 IF TSEI(i1)=5 AND PIEZ(i1)<0.5 THEN BAPI(i1)=10 IF TSEI(i1)=7 AND PIEZ(i1)<0.5 THEN BAPI(i1)=11

BAPI registra los cambios en las condiciones de servicio que podrían modificar las condiciones de acceso por falta de una PIEZ insuficiente, lo que expresaría una dificultad en cuanto al cumplimiento de los objetivos de servicio de un CUA sostenible.

Variables implicadas
BATA Baja por no tener cobertura de Tarifas
TAFI Coste Fijo de la Tarifa de Agua por Manzana
COVA Coste Variable de la Tarifa de Agua por Manzana
Disponibilidad de pago de Tarifas
TSEI Tipo de Servicio de Provisión de Agua Potable Inicial
Dimensiones
NMAN Número de Manzanas (473)
Formulación lógica que define a BATA
IF TSEI(i1)=5 AND (TAFI(i1)>DTAR(i1)) THEN BATA(i1)=8
IF TSEI(i1)=7 AND (COVA(i1)>DTAR(i1)) THEN BATA(i1)=9
ELSE BATA(i1)=0

BATA, por otra parte, expresa otra dificultad en cuanto al mantenimiento en las condiciones de acceso pero por razones económicas para absorber los costos de la tarifa de agua.

Variables implicadas
COVA Precio Variable de la Tarifa de Agua por Manzana
CAGU Consumo de Agua por Manzana
TACU Tarifa del Costo de Agua por Metro Cúbico
COEL Coste de Electricidad para Bombeo Domiciliario por Manzana
TSEI Tipo de Servicio de Provisión de Agua Potable Inicial
Dimensiones
NMAN Número de Manzanas (473)
Formulación lógica y Ecuación que define a COVA
IF TSEI(i1)=7 THEN COVA(i1)=(CAGU(i1)*TACU)+COEL(i1)
ELSE COVA(i1)=0

COVA expresa el precio variable de la tarifa de agua, con los componentes básicos de la misma. Este precio se asigna a aquellos sectores donde dispongan de las condiciones de servicio y provisión pertinentes (TSEI=7)

Variables implicadas
COEL Coste de Electricidad para Bombeo Domiciliario por Manzana
PIEZ Altura piezométrica de Servicio en cada Manzana con servicio de Red por Semestre
CAGU Consumo de Agua por Manzana
TAEI Tarifa Eléctrica por Metro Cúbico de agua elevado por Bomba
Dimensiones
NMAN Número de Manzanas (473)
Formulación lógica y Ecuación que define a COEL
IF (PIEZ(i1)>0.5 AND PIEZ(i1)<4) THEN COEL(i1)=CAGU(i1)*TAEI
ELSE COEL(i1)=0

Mientras que COEL expresa el precio adicional del agua que por consumo eléctrico del bombeo deberán absorber aquellos usuarios con un rango de PIEZ que muestra una presión de servicio mínima, que no permite que el agua a lo largo de la jornada suba sin bombeo a un tanque distribuidor.

Variables implicadas
TAFI Coste Fijo de la Tarifa de Agua por Manzana
SCMA Superficie cubierta de cada manzana
TAFI Coste Fijo de la Tarifa de Agua por Familia
COEL Coste de Electricidad para Bombeo Domiciliario por Manzana
Dimensiones
NMAN Número de Manzanas (473)
Formulación lógica y Ecuación que define a TAFI
TAFI(i1)=(SCMA(i1)*TAFI)+COEL(i1)

En cuanto a la tarifa fija, la variable que es tenida en cuenta para la cuantificación de su precio es el de la superficie cubierta (SCMA). Como se expresó en COEL, solo se sumará esta término cuando sea distinto de 0, o sea cuando se tengan presiones de servicio mínimas.

Variables implicadas
POCO Porcentaje de cobertura de la Tarifa variable y fija respecto a la disponibilidad de pago
COVA Precio Variable de la Tarifa de Agua por Manzana
DTAR Disponibilidad de pago de Tarifas
TAFI Precio Fijo de la Tarifa de Agua por Manzana
Dimensiones
NMAN Número de Manzanas (473)
Formulación lógica y Ecuación que define a POCO
IF COVA(i1)<>0 THEN POCO(i1)=COVA(i1)/DTAR(i1)
ELSE POCO(i1)= TAFI(i1)/DTAR(i1)

A continuación se presenta un cuadro que describe cada una de las variables de entrada, esto es que no dependen de otras del SubSistema Acceso para quedar definidas. Varias se actualizan a partir de las interacciones de los SubSistemas Demográfico e Ingreso, que se presentarán luego del cuadro.

Variables de Entrada o Exógenas a "Acceso"	Dimensión y Valores	SubSistema
DMMC Ingresos por manzana mensuales a precio constante	NMAN Número de Manzanas (473) Contiene los valores actualizados en Pesos por Manzana del Promedio de Ingresos de todos los habitantes de la Manzana	Actualizado x "Ingresos"
POIN Porcentaje del Ingreso destinado a Mejoras y Mantenimiento	NMAN (473) y NPVO Número de Dimensiones Porcentajes del Ingreso para Voluntad de pago (3) Contiene los porcentajes del Ingreso que equivalen las cifras expresadas como "Disponibilidad de Pago" para cada uno de los tres items considerados: Mejoras, Mantenimiento y Tarifa	Acceso
PCOM Precio de los componentes de instalaciones de Agua	NUCO Número de componentes de las Tipologías de Instalaciones para el Acceso al Agua (5) Las Instalaciones Domiciliarias fueron divididas en cinco Componentes. Los precios de cada componentes son en \$. Los precios se ajustarán al cómputo estandarizado y se sumará un 40% del valor de los materiales, en calidad de Mano de Obra	Acceso
TIPO Tipologías de Instalaciones de agua según los rangos de altura piezométrica)	(NTIP,3) Número de Tipologías; (NUCO,5) Tipología 1: Solo Componente "1" (para PIEZ> 0,5 m and < 4 m); Tipología 2: Componente "1" y "2" (para PIEZ>=4m and < a 9m) y Tipología 3: Componentes "1", "2" y "3" (para PIEZ<=9m and <=20 m)	Acceso
PTOP Población total por manzanas	(NMAN, 473) Valores correspondientes en términos absolutos	Actualizado por "Demográfico"
TMFA Tamaño medio	(0) Valores correspondientes (Promedio	Actualizado

de la familia	+ Desviación de todos los tamaños de familias encuestados)	por "Demográfico"
TRME Tiempo de Retardo para Incorporación de Micro-medidores para Tarifa Variable	(0) Tiempo en Semestres. Estimación basada en el tiempo promedio que demando a la Cooperativa, cambiar los usuarios con Tarifa fija a micro-mediciones	Acceso
SCMA Superficie cubierta de cada manzana	(NMAN, 473) Valores de Promedios por Mz de las Superficies Cubiertas	Actualizado por "Demográfico"
TAFU Coste Fijo de la Tarifa de Agua por Familia (Por M2 Cubierto)	(0) Valor en \$/M2 cubierto - Acuerdo entre Municipio y Cooperativa.	Acceso
TAEL Tarifa Eléctrica por Metro Cúbico de agua elevado por Bomba	(0) \$/M ³ - Se calculará el costo de Tarifa Eléctrica por cada M3 de agua elevado con electrobombas domésticas	Acceso
DTAR Disponibilidad de pago de Tarifas	(NMAN, 473) Valores promedio mensuales por Manzana y unidad familiar Los valores iniciales estarán entre 1 a 50 pesos, según consta en el estudio de campo. Valores en \$ que expresan un % del Ingreso Promedio por Manzana	Acceso
TACU Tarifa del Costo de Agua por Metro Cúbico	(0) Valor en \$/m ³ consumido - Valores acordados entre la Municipalidad y la Cooperativa de Agua	Acceso
TRFI Tiempo de Retardo para Incorporación a Red Domiciliaria con Tarifa Fija	(0) Tiempo en semestres, estimado basado en el tiempo promedio que demando a la Municipalidad/Cooperativa pasar de un servicio a los vecinos con red Pública al de Red Domiciliaria.	Acceso
TRRETiempo de Retardo para la implementación de Red Pública Fácil Acceso	(0) Tiempo en semestres, estimado basado en el tiempo promedio que demando a la Municipalidad/Cooperativa pasar de un asentamiento de los vecinos sin servicio al de red Pública "Fácil acceso".	Acceso
DIME Disponibilidad de pago de mejoras en cada Manzana	(NMAN, 473) Valores promedio mensuales por Manzana y unidad familiar Los valores iniciales estarán entre 1 a 50 pesos, según consta en el estudio de campo. Valores en \$ que expresan un % del Ingreso Promedio por Manzana	Acceso
PIEZ Altura piezométrica de Servicio en cada Manzana con servicio de Red por	(NMAN, 473) Valores que adquiere la altura piezométrica para cada manzana abastecida por red de agua. Valores entre 0 y 20 m.c.a (altura del Tanque de servicio). Mediación del Programa EPANET que recibe	Actualizado por "Consumo de Agua"

Semestre	Info del Subsistema CAGU	
CAGU Consumo de Agua	(NMAN, 473) Valores en M3/Familia/Manzana , estacionalizada por Semestres (cálido o frío)	Actualizado por “Consumo de Agua”
TAMO Tiempo de amortización de las Instalaciones	(0) 15 años a partir del Año 0 = 29 SEMESTRES	Acceso

Tabla 5. Variables de Entrada al SubSistema “Acceso”

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo a los pasos metodológicos presentados para el diseño de un modelo de simulación para ser generado utilizando el programa SIGEM, se confeccionaron dos archivos de inicio con la información presentada hasta aquí: LACCES.txt, listado y tipo de variables y GACCES.txt con la pre-programación que expresa las interrelaciones entre variables. Los contenidos de ambos figuran en el Anexo 2.

6.3.6 SubSistema Demográfico

Este SubSistema estocástico busca interpretar la dinámica poblacional dentro del término municipal, no solo en forma agregada para toda la localidad, sino también la forma en que la población se distribuye en el espacio urbanizado.

Otro elemento destacable de este SubSistema, es que además de la migración externa, busca representar la migración interna, aquella que se da con población propia dentro del término municipal.

Pero también se realizó un desarrollo que busca aproximarse a la forma en que la dinámica del crecimiento de las unidades familiares va acompañada con el del entorno construido, la “cáscara” que en definitiva posibilitará el acceso al agua. A continuación se presenta el Diagrama de Forrester de dicho SubSistema.

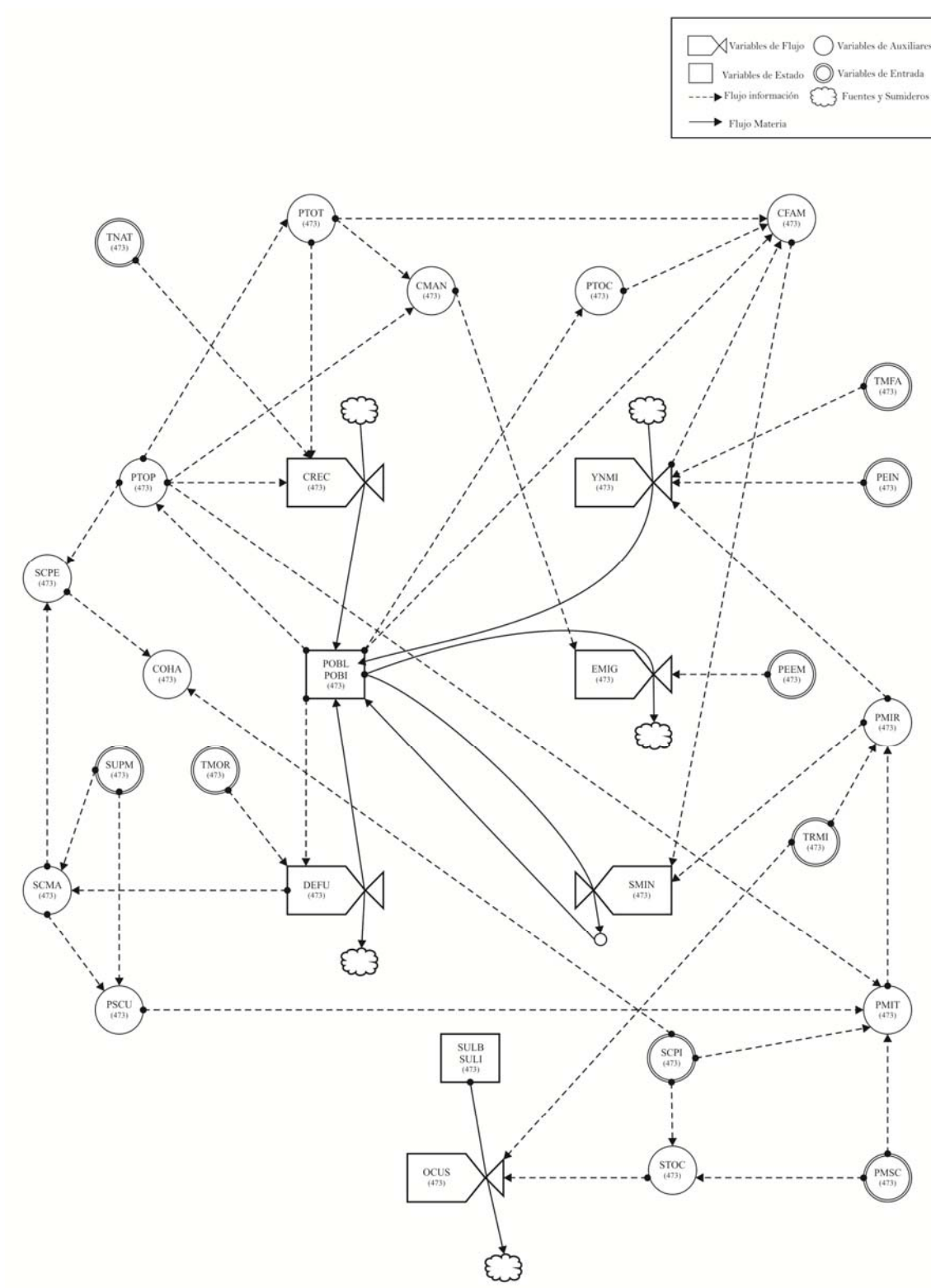


Figura 4. Diagrama de Forrester del SubSistema Demográfico.
Fuente: Elaboración Propia

Al igual que con el SubSistema Acceso, se seguirá aquí la lógica de presentar los principales flujos de crecimiento y de-crecimiento poblacional para luego extenderse al resto de variables auxiliares para cerrar con un cuadro con las variables externas.

Variables implicadas
POBI Población inicial por cohortes de edad y manzanas
POBL Población por cohortes de edad
Dimensiones
NCOO Número de cohortes de edad de la población (4)
NMAN Número de manzanas (473)
Ecuación de Actualización de POBL
IF i1<NCOO: POBL(I1,I2)=POBI(I1,I2)- CREC(I1+1,I2)+CREC(I1,I2)DEFU(I1,I2) +SMIN(I1,I2)+INMI(I1,I2)-EMIG(I1,I2)
ELSE POBL(I1,I2)=POBI(I1,I2)+CREC(I1,I2)- DEFU(I1,I2)+SMIN(I1,I2)+INMI(I1,I2)-EMIG(I1,I2)

La población se actualiza en virtud de la diferencia entre las personas que nacen e inmigran y las personas que fallecen y emigran. Esta ecuación se realiza en virtud de dos dimensiones: la población por cohortes de edades: niños, jóvenes, adultos, adultos mayores. Y la otra distinción es la ubicación por Manzana dentro del término municipal.

Variables implicadas
CREC Nacimientos y crecimiento de la población
PTOP Población total por manzanas
TNAT Tasa de natalidad (Tanto por mil anual)
POBI Población inicial por cohortes de edad y manzanas
XACO Numero de años de cada cohorte de población
Dimensiones
NCOO Número de cohortes de edad de la población (4)
NMAN Número de manzanas (473)
Ecuación de CREC
CREC(I1,I2)=PTOP(I2)*TNAT/2000
IF i1<NCOO: CREC(I1,I2)=(POBI(I1- 1,I2)+POBI(I1,I2))/2/XACO(I1)+(POBI(I1-1,I2)- POBI(I1,I2))/2/XACO(I1)/XACO(I1)
ELSE CREC(I1,I2)=(3*POBI(I1-1,I2)-POBI(I1- 2,I2))/2/XACO(I1)+(POBI(I1-2,I2)-POBI(I1- 1,I2))/2/XACO(I1)/XACO(I1)

En virtud de que la tasa de natalidad es anual, se tuvo que dividir la ecuación de crecimiento inicial por 2000, para adaptarse a la unidad de tiempo del modelo que es el semestre. Como con la actualización de la población, la ecuación responde a la distinción del crecimiento por cohortes y al “corrimiento” de la población de cada cohorte a medida que pasa el tiempo.

Variables implicadas
DEFU Defunciones por cohortes de edad
POBI Población inicial por cohortes de edad y manzanas
TMOR Tasa de mortalidad (Tanto por mil anual)
Dimensiones
NCOO Numero de cohortes de edad de la población (4)
Ecuación de DEFU
$DEFU(I1, I2) = POBI(I1, I2) * TMOR(I1) / 2000$

Como ya se explicó más arriba, aparte de las formas de actualización de población por crecimiento natural, está aquella que depende de los flujos migratorios.

Variables implicadas
YNMI Inmigración por cohortes y manzanas
PMIR Número de personas emigrantes internas reales (retardo)
PEIN Número de personas inmigrantes
CFAM Composición de la familia
Dimensiones
CFAM:NCOO Número de cohortes de edad de la población (4)
PMIR: NMAN Número de manzanas (473)
PEIN: (0)
Ecuación de YNMI
$ynmi(i3, ii) = pein * cfam(i3)$

Esta es la ecuación básica para la determinación de YNMI. Ahora bien, las personas que ingresan al término municipal lo hacen a una determinada manzana y a un determinado grupo étnico. Por ello en GDEMOG, en el Anexo 3 podrá verificarse la utilización de números aleatorios para la incorporación a las manzanas y un procedimiento para la incorporación a las cohortes.

Variables implicadas
EMIG Emigración por cohortes y manzanas
PEEM Número de personas emigrantes
CFAM Composición de la familia
CMAN Composición de la manzana (NMAN)
Dimensiones
CFAM:NCOO Número de cohortes de edad de la población (4)
CMAN: NMAN Número de manzanas (473)
PEEM: (0)
Ecuación de EMIG
$EMIG(I1, I2) = PEEM * CFAM(I1) * CMAN(I1)$

Variables implicadas
SMIN Saldo migratorio interno por cohortes y manzanas
PMIR Número de personas emigrantes internas reales (retardo)
CFAM Composición de la familia
Dimensiones
CFAM:NCOO Número de cohortes de edad de la población (4)
PMIR: NMAN Número de manzanas (473)
Ecuación de SMIN
$smin(i3,ii)=pmir(i2)*cfam(i3)$

Esta es la ecuación básica para la determinación de SMIN. Ahora bien, las personas que se desplazan internamente en el término municipal lo hacen desde y a una determinada manzana y a un determinado grupo etario. Por ello en GDEMOG, en el Anexo 3 podrá verificarse la utilización de números aleatorios para la incorporación a las manzanas. Además lo hacen dentro de los límites de una determinada unidad de tiempo que puede estimarse como “retardo” entre el arribo a una determinada unidad territorial.

Otro flujo importante en este SubSistema es que representa el pasaje de Superficie o Terreno Urbano Libre a Superficie o Terreno Urbano ocupado:

Variables implicadas	
SULB Superficie urbana libre	
SULI Superficie urbana libre inicial	
OCUS Ocupación de superficie	
Dimensiones	
NMAN Numero de manzanas (473)	
Ecuación de Actualización de SULB	
$sulb(i1)=suli(i1)-ocus(i1)$	If $sulb(i1)<0$ then $sulb(i1)=0$

Variables implicadas
OCUS Ocupación de superficie
STOC Superficie a ocupar teóricamente
TRMI Tiempo de retardo para migraciones internas
Dimensiones
NMAN Numero de manzanas (473)
Ecuación de OCUS
$ocus(i1)=stoc(i1)/trmi$

OCUS representa la “velocidad” de ocupación de las superficies urbanas en condiciones de ser ocupadas.

Variables implicadas
PTOP Población total por manzanas
POBI Población inicial por cohortes de edad y manzanas
Dimensiones
POBI: NCOONúmero de cohortes de edad de la población (4)
NMAN Numero de manzanas (473)
Ecuación de PTOP
$PTOP(I1) = PTOPI(I1) + POBI(I2, I1)$

PTOP representa una forma de agregación de la población para la realización de operaciones posteriores.

Variables implicadas
PTOC Población total por cohortes
POBI Población inicial por cohortes de edad y manzanas
Dimensiones
NCOONúmero de cohortes de edad de la población (4)
POBI: NMAN Número de manzanas (473)
Ecuación de PTOC
$PTOC(I1) = PTOCI(I1) + POBI(I1, I2)$

Lo mismo ocurre con PTOC, agregando la población, pero según la cohorte a la pertenece

Variables implicadas
PTOT Población total a principio de año
PTOP Población total por manzanas
Dimensiones
PTOT: (0)
NMAN Número de manzanas (473)
Ecuación de PTOT
$PTOT = PTOT + PTOPI(I1)$

Variables implicadas
CFAM Composición de la familia
PTOC Población total por cohortes
PTOT Población total a principio de año
Dimensiones
NCOONúmero de cohortes de edad de la población (4)
PTOT: (0)
Ecuación de CFAM
$CFAM(I1) = PTOCI(I1) / PTOT$

Variables implicadas
CMAN Composición de la población de la manzana
PTOP Población total por manzanas
PTOT Población total a principio de año
Dimensiones
NMAN Número de manzanas (473)
PTOT: (0)
Ecuación de CMAN
$CMAN(I1) = PTOP(I1) / PTOT$

Variables implicadas
PMIT Número de personas emigrantes internas teóricas
PTOP Población total por manzanas
SUPM Superficie de cada manzana
PMSC Porcentaje máximo de superficie cubierta
SCPI Superficie cubierta mínima por persona
Dimensiones
NMAN Número de manzanas (473)
PMSC Y SCPI: (0)
Formulación lógica y Ecuación que definen a PMIT
$a = ptop(i1) - supm(i1) * pmsc / scpi$
If $a > 0$ then $pmit(i1) = a$ else $pmit(i1) = 0$

Esta formulación busca expresar el proceso de crecimiento poblacional intra-manzana. Partiendo del hecho que una característica de las localidades de regiones en vías de desarrollo crecen generalmente en planta baja (salvo en los grandes conglomerados), se puede alcanzar un determinado grado de “saturación” a partir del cual, al verse disminuidas las demanda de superficie habitable, se estaría frente a población con necesidad de reubicación en manzanas del término municipal donde se esté en condiciones de satisfacerla, produciendo una migración interna.

Variables implicadas
PMIR Número de personas emigrantes internas reales (retardo)
PMIT Número de personas emigrantes internas teóricas
TRMI Tiempo de retardo para migraciones internas (semestres)
Dimensiones
NMAN Número de manzanas (473)
TRMI: (0)
Ecuación de PMIR
$pmir(i1) = pmit(i1) / trmi$

Los migrantes internos pasan de teóricos a reales una vez que transcurre el tiempo TMIR.

Este tiempo dependerá de retardo de la conjunción entre el grado de necesidad de disponer de un nuevo lugar para habitar, las disponibilidades y condiciones de acceso a nuevos terrenos, la disponibilidad de servicios, las condiciones laborales, etc.

Variables implicadas
SCMA Superficie cubierta de cada manzana
SUPM Superficie de cada manzana
SULI Superficie urbana libre inicial
Dimensiones
NMAN Numero de manzanas (473)
TRMI: (0)
Ecuación de SCMA
$SCMA(I1) = SUPM(I1) - SULI(I1)$

Variables implicadas
PSCU Porcentaje de superficie cubierta
SCMA Superficie cubierta de cada manzana
SUPM Superficie de cada manzana
Dimensiones
NMAN Número de manzanas (473)
TRMI: (0)
Ecuación de PSCU
$psc(i1) = scma(i1) / supm(i1) * 100$

Variables implicadas
SCPE Superficie cubierta por persona
SCMA Superficie cubierta de cada manzana
PTOP Población total por manzanas
Dimensiones
NMAN Numero de manzanas (473)
TRMI: (0)
Ecuación de SCPE
$SCPE(I1) = SCMA(I1) / PTOP(I1)$

Variables implicadas
COHA Coeficiente de hacinamiento por manzana
SCPI Superficie cubierta mínima por persona
SCPE Superficie cubierta por persona
Dimensiones
NMAN Número de manzanas (473)
TRMI: (0)
Ecuación de COHA
$coha(i1) = scpi / scpe(i1)$

Si bien COHA no responde en forma específica a la definición de Hacinamiento (relación entre cantidad de cuartos destinados al descanso y la cantidad de personas) puede ser representativo de la calidad habitacional de cada manzana en cuanto a las comodidades disponibles.

Por último, se presentan las variables de entrada del SubSistema Demográfico:

Variables de Entrada	Dimensión y Valores
TNAT Tasa de natalidad (Tanto por mil anual)	(0) Promedio de Tasas de Natalidad que represente la tendencia de los últimos diez años (tiempo intercensal)
TMFA Tamaño medio de la familia	(0) Valor promedio del tamaño de las familias. Calculable a partir de la Encuesta - Para la región este número oscila entre 4.6 y 5 integrantes
PEIN Número de personas inmigrantes	(0) $h = -6.817292139859602e+005 + 1.554431771752839e+008 / TTTT + 7.946786174979409e+004 * \log(TTTT)$ $s = 7.124169 * \sqrt{1 + 1/39 + 85447828421006.844 * (1/TTTT - 0.000505)^2 + 21916303.807198755 * (\log(TTTT) - 7.591193)^2 + 2*43274344728.21125 * (1/TTTT - 0.000505) * (\log(TTTT) - 7.591193)}$ Ecuación de carácter estocástico obtenida a partir de análisis de la encuesta Variable "Año de Ocupación" y tiempo transcurrido
PEEM Numero de personas emigrantes externas	(0) Valor que se desprende de los resultados obtenidos sobre el particular en la encuesta - Se pueden realizar análisis similares al realizado con PEIN
TRMI Tiempo de retardo para migraciones internas (semestres)	(0) Estimación proveniente de estudios de casos representativos.
SCPI Superficie cubierta mínima por persona	(0) Aportes de información de bibliografía especializada.
PMSC Porcentaje máximo de superficie cubierta	(0) Información especializada aportada por el Código Urbanístico de la localidad (FOS-FOT)
SUPM Superficie de cada manzana	(NMAN) Información aportada por Catastro de la localidad
TMOR Tasa de mortalidad (Tanto por mil anual)	(0) Promedio de Tasas de Mortalidad que represente la tendencia de los últimos diez años (tiempo intercensal)

Tabla 6 Variables de Entrada SubSistema "Demográfico"

Fuente: Elaboración Propia.

Sin dudas la dinámica poblacional asociada a la habitacional registra un grado de importancia superlativo en su incidencia sobre los cambios que terminarán incidiendo en la vigencia o no de un servicio de agua que responda a las pautas de sostenibilidad. De hecho, el grado de densificación de la población, su necesidad de contar con mejores condiciones de habitabilidad, impulsan a la migración, y por ende a la nueva radicación de servicios, especialmente si esta nueva condición de habitar, se da en terrenos donde aun no cuenta con redes de provisión de agua. Por otra parte, las restricciones que pudiesen ir dándose para que se dé dicha migración puede modificar con el tiempo la fisonomía constructiva de estos asentamientos, produciendo a futuro el crecimiento en altura de las viviendas, modificando las condiciones de la demanda de agua, lo que acarrearía con el tiempo modificaciones estructurales de los servicios.

En el Anexo 3 figuran los contenidos de los archivos de ingreso a SIGEM: LDEMOG (Listado de Variables) y GDEMOG (Pre-programación con las interrelaciones entre variables).

6.3.7 SubSistema Ingresos

Este subsistema representa la dinámica de los ingresos económicos a nivel de manzana. Es una aproximación a los principales componentes de esta, y tiene como finalidad conocer cuál es el nivel de ingresos en forma actualizada, lo que como se vio precedentemente, tiene una implicancia en cuanto a los márgenes que dispondría el servicio de agua para los niveles de tarifa, mantenimiento y mejoras a la hora de plantear las capacidades de la economías domésticas para participar en la absorción de dichos costos cuando existan modificaciones en pos de alcanzar niveles de sostenibilidad. Se recuerda que la Disponibilidad de pago (DMYT y DIME) del Subsistema “Acceso”, son un porcentaje del Ingreso por manzana, y son una de los componentes de las condicionales determinadas para los distintos tipos de Instalaciones y Servicios de agua, desde el punto de referencia del usuario.

Como se verá, existe una asociación entre este subsistema y el demográfico, puesto que cada movimiento de población también equivale a un movimiento de los recursos económicos que la acompañan.

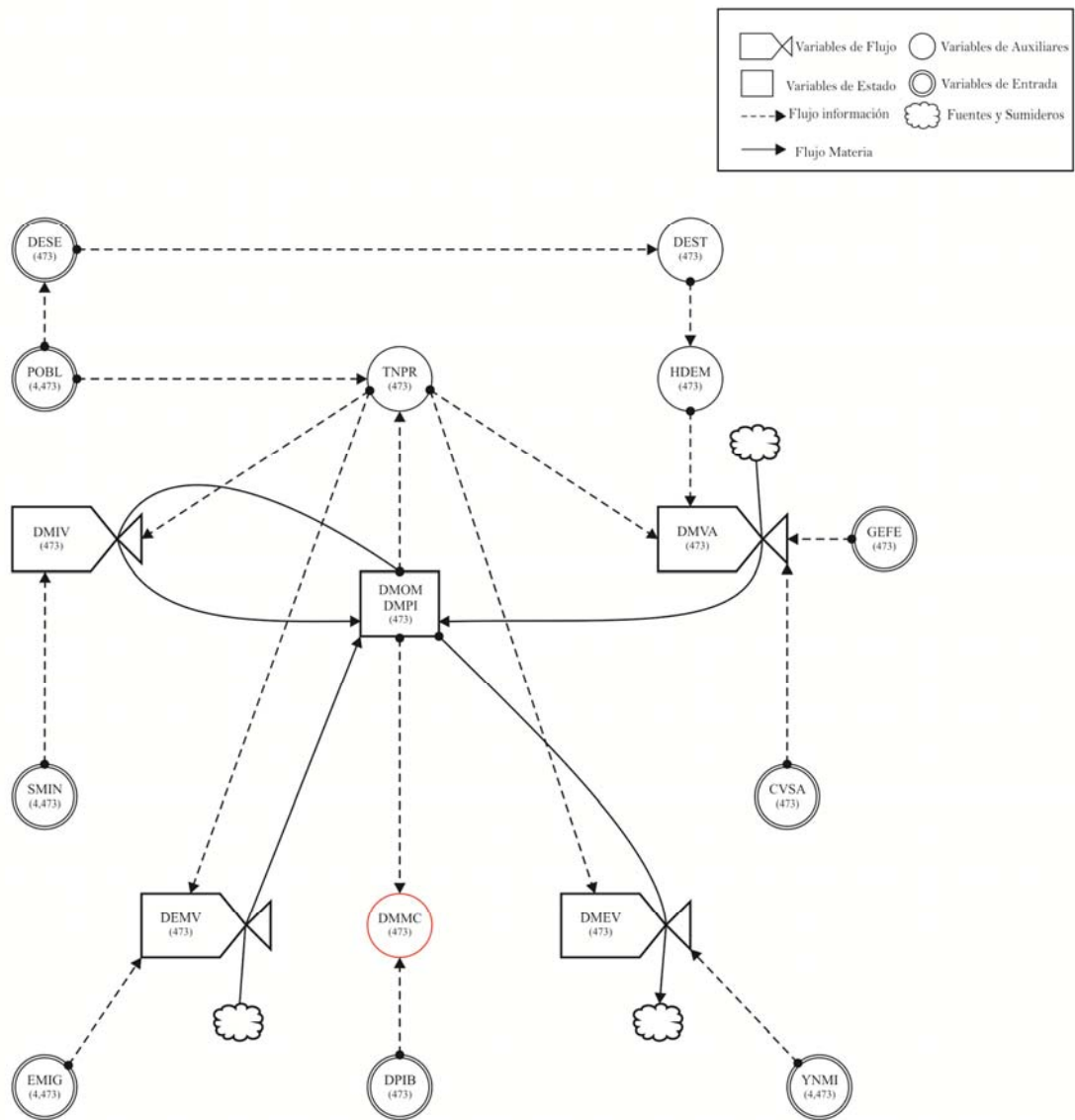


Figura 5. Diagrama de Forrester del SubSistema "Ingresos".
Fuente: Elaboración Propia

Siguiendo la lógica que guió la descripción de los subsistemas precedentes, se comienza con la presentación de las variables que definen el flujo principal del mismo, para luego seguir con las variables auxiliares relacionadas con los mismos, finalizando con una tabla que agrupa las variables de entrada.

Variables implicadas
DMPM Ingresos Mensuales Corrientes por manzana
DMPI Ingresos Mensuales Corrientes iniciales por Manzana
DMVA Nuevos Ingresos por variación salarial y desempleo por manzana
DMEV Variación de Ingresos por Inmigración por manzana
DEMV Variación Ingresos por emigración por manzana
DMIV Variación de Ingresos por Migraciones Internas
Dimensiones
NMAN Numero de manzanas (473)
Ecuación que define a DMPM
$DMPM(I2) = DMPI(I2) + DMVA(I2) + DMEV(I2) - DEMV(I2) + DMIV(I2)$

DMPI fue concebido a partir de los resultados de la lectura de la Encuesta, con una asignación genérica de ingresos a partir del tipo de actividad económica declarada para cada miembro. La simplificación que tiene este nivel de agregación por manzana implica poner en igualdad de condiciones a todas las actividades, cosa que no es fiel reflejo de la dinámica de la economía y el empleo, pero busca disponer de una base general que permita disponer de una cifra confiable a la hora de diseñar el SubSistema.

Si bien todos los términos de la ecuación resultan intuitivos y de fácil comprensión, vale la pena aclarar que el signo de DMIV, será (+) o (-) según la ubicación donde se encuentre el observador, puesto que si suma en una manzana es porque en otra del mismo término municipal, se restó.

Variables implicadas
DMVA Nuevos Ingresos por variación salarial y desempleo por manzana
DMPM Ingresos Mensuales Corrientes por manzana
YNPR Ingreso promedio por persona por manzana
HDEM Número de desempleados por manzana (Las Mz son seleccionadas aleatoriamente)
GEFE Ingreso fondo de desempleo
CVSA Coeficiente de Variacion Salarial
Dimensiones
NMAN Número de manzanas (473)
Ecuación que define a DMVA
$DMVA(I2) = DMPM(I2) - (YNPR(I2) * HDEM(I2)) + (GEFE * HDEM(I2)) + (CVSA * DMPM(I2))$

HDEM representa las condiciones de desempleo que se otorgan aleatoriamente. Estas por una parte restan a la ecuación como ingresos fijos, y pasan a sumar como aporte del fondo de desempleo (GEFE). Cuando se realizó el diseño inicial de este SubSistema estaba vigente el denominado “Plan Jefes y Jefas de hogar”, que otorgaba un subsidio a las personas desempleadas, pasando a desempeñar tareas de baja calificación al servicio del municipio. Actualmente, los subsidios en la Argentina han ampliado su horizonte (por ejemplo la Asignación Universal por Hijo, Subsidios por embarazo, subsidios en formatos de becas para estudiantes de bajos recursos económicos, etc.) aspecto que

implicarán a futuro un ajuste para que estas nuevas condiciones queden reflejadas en el Modelo.

Por último, CVSA, es un coeficiente que con distintos tipos de periodicidad ofrece el organismo de estadísticas de Argentina para distintas regiones del país.

Variables implicadas
DEM _V Variación Ingresos por emigración por manzana
EMIG Emigración por cohortes y manzanas
YNPR Ingreso promedio por persona por manzana
Dimensiones
NMAN Numero de manzanas (473)
EMIG: NCOO Número de cohortes de edad de la población (4)
Ecuación que define a DEM _V
$DEM(V, I2) = DEM(V, I2) + EMIG(i5, I2)$
$DEM(V, I2) = DEM(V, I2) * YNPR$

DEM_V representan los ingresos por manzana asociados a cada poblador que “salen” por emigración fuera del término municipal.

Variables implicadas
DMEV Variación de Ingresos por inmigración por manzana
YNMI Inmigración por cohortes y manzanas
YNPR Ingreso promedio por persona por manzana
Dimensiones
NMAN Numero de manzanas (473)
YNMI: NCOO Número de cohortes de edad de la población (4)
Ecuación que define a DMEV
$DMEV(I2) = DMEV(I2) + YNMI(i5, I2)$
$DMEV(I2) = DMEV(I2) * YNPR$

En este caso, YNMI, representa un aumento de los ingresos por manzana por ingresos asociados a la población que inmigra a la manzana.

Variables implicadas
DMIV Variación de Ingresos por Migraciones Internas por manzana.
SMIN Saldo migratorio interno por cohortes y manzanas
YNPR Ingreso promedio por persona por manzana
Dimensiones
NMAN Número de manzanas (473)
SMIN: NCOO Número de cohortes de edad de la población (4)
Ecuación que define a DMIV
$DMIV(I2) = DMIV(I2) + SMIN(i5, I2)$
$DMIV(I2) = DMIV(I2) * YNPR$

DMIV, como ya se adelantó más arriba, determina entonces las modificaciones de ingresos por manzana (en más o en menos) por migraciones dentro del término municipal.

Variables implicadas
YNPR Ingreso promedio por persona y manzana
POBL Población por cohortes de edad
DMPM Ingresos Mensuales Corrientes por manzana
Dimensiones
NMAN Número de manzanas (473)
POBL: NCOO Número de cohortes de edad de la población (4)
Ecuación que define a YNPR
$nn = nn + POBL(i5, I2)$
$YNPR(I2) = DMPM(I2) / nn$

La variable auxiliar YNPR, se determina dividiendo el ingreso promedio corriente por manzana, por el conteo de población por cohorte y manzana.

Variables implicadas
DMMC Ingresos Mensuales Constante por manzana
DMPI Ingresos Mensuales Corrientes iniciales por Manzana
DPBI Deflactor del PBI
Dimensiones
NMAN Numero de manzanas (473)
DPBI: (0)
Ecuación que define a DMMC
$DMMC(I2) = DMPI(I2) * DPBI$

A los efectos de disponer de información referida al ingreso no solo en moneda corriente sino también en moneda constante (sin el efecto de la inflación) se incorporó la variable auxiliar DMMC, donde se opera con el Deflactor del PBI. Este indicador es aportado periódicamente por el organismo oficial de estadísticas de la Argentina.

Variables implicadas	
DEST	Número de desempleados totales en municipio
POBL	Población por cohortes de edad
DESE	Variación semestral del número de personas desempleadas
Dimensiones	
NMAN	Número de manzanas (473)
DESE:	(0)
Ecuación que define a DEST	
nn1	$nn1 = nn1 + POBL(i5, I2)$
DEST(I2)	$DEST(I2) = nn1 * DESE$

Variables implicadas	
HDEM	Número de desempleados por manzana (Las Mz son seleccionadas aleatoriamente)
DEST	Número de desempleados totales en municipio
Dimensiones	
NMAN	Número de manzanas (473)
DEST:	(0)
Ecuación que define a HDEM	
nn1=DEST	nn2=int(RAN*NMAN):HDEM(nn2)=NDES:nn1=nn1-NDES
nn1>NDES ;If nn1<>0 then nn2=int(RAN*NMAN):HDEM(nn2)=nn1	

Por último, las variables de entrada al subsistema son las siguientes:

Variables de Entrada o Exógenas a “Ingresos”	Dimensión y Valores	SubSistema
DESE Variación semestral del número de personas desempleadas	(0) Información proveniente del organismo estadístico de Argentina en % de personas desempleadas - Encuesta permanente de hogares.	Ingresos
CVSA Coeficiente de Variación Salarial	(0) Información proveniente del organismo estadístico de Argentina en % de aumento del salario sobre el registro precedente.	Ingresos
DPIB Deflactor del PBI	(0) Indicador económico que permite obtener información sobre ingresos en valores constantes sin el efecto de la inflación - Brindado por el organismos estadístico de Argentina	Ingresos
SMIN Saldo migratorio interno por cohortes y manzanas	(4,473) Valores de población diferenciadas por cohortes que se trasladan internamente en el término municipal. Consultar Subsistema Demográfico	Actualizado por “Demográfico”
YNMI Inmigración por cohortes y manzanas	(4,473) Valores de población diferenciadas por cohortes que ingresan al término municipal provenientes de otras localidades. Consultar Subsistema Demográfico	Actualizado por “Demográfico”
EMIG Emigración por cohortes y manzanas	(4,473) Valores de población diferenciadas por cohortes que egresan del término municipal hacia otras localidades. Consultar Subsistema Demográfico	Actualizado por “Demográfico”

Tabla 7. Variables de Entrada SubSistema “Ingresos”

Elaboración Propia

En el Anexo 4 figuran los contenidos de los archivos de ingreso a SIGEM: LINGRE (Listado de Variables) y GINGRE (Pre-programación con las interrelaciones entre variables).

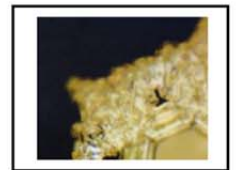
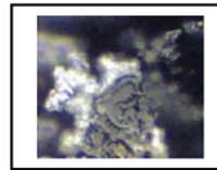
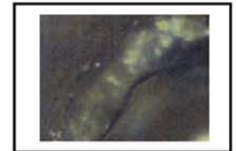
6.4 Relevancia de los SubSistemas presentados

Hasta este punto, se tiene desarrollado el Modelo de Simulación del Ciclo Urbano del Agua para una localidad de referencia en una región en vías de desarrollo. Si bien como reiteradamente se explicó los dos tramos principales “Saneamiento” y “Provisión de agua” ofrecen distintos grados de definición, aportan información sustantiva en la representación de la dinámica explicada en los primeros puntos del capítulo (modelo conceptual), poniendo énfasis en cuanto a la posibilidad concreta de:

- Representar la heterogeneidad de las condiciones de entorno urbano y las denominadas UCE en cuanto a la calidad de servicios, las diversas posibilidades de acceder a los mismos.

- Determinar las condiciones de sostenibilidad, posibilitando la verificación de los objetivos de servicio en cada punto del término municipal y generando la información que una vez agregada a nivel urbano, posibilitarán también la verificación de los objetivos de preservación.

En el próximo Capítulo se avanzará con el SubSistema “Consumo de Agua”. Este es el subsistema donde pudo alcanzarse un mayor desarrollo, pudiéndose obtener resultados numéricos que permitieron verificar el error estadístico de los resultados que arroja el subsistema modelizado. Conocer la dinámica de la demanda, en sí mismo, resulta un aporte superlativo en el avance hacia evidencias que fundamenten políticas de gestión de la demanda, un tema que será abordado en el mismo. Los resultados del SubSistema posibilitarán disponer de la información de entrada básica “consumo en los nudos” para la construcción del SubSistema “Red de Abastecimiento de agua”, utilizando la aplicación GISRED©, o lo que es lo mismo decir, EPANET© operando bajo el entorno ARC VIEWGIS ®. Una de las variables de salida del mismo será PIEZ (Altura piezométrica por manzana) que definirá la calidad de servicios, con incidencia ampliamente explicada en el SubSistema Acceso.



Capítulo 7

MODELO DE SIMULACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD DEL CICLO URBANO DEL AGUA (CUA) – SUBSISTEMA “CONSUMO DE AGUA”



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

7. Modelo de Simulación de la Sostenibilidad del Ciclo Urbano del Agua SubSistema “Consumo de Agua”

7. Introducción al Capítulo

El subsistema “Consumo de Agua”, denominado en el modelo como CAGU, presenta el máximo nivel de desarrollo del Modelo de simulación de la sostenibilidad del ciclo urbano del agua para regiones en vías de desarrollo. Se alcanzó como se verá un modelo numérico que permitirá obtener resultados de consumos calculados por manzana.

Dichos resultados podrán ser obtenidos gracias a un conjunto de ecuaciones que expresan un complejo nivel de interrelaciones existentes con la demanda. En el Capítulo 4 figuran todos los pasos metodológicos realizados para obtener dichas ecuaciones resultantes. Recordando lo expuesto allí, el eje fundamental de análisis seguido consistió en la subdivisión del término municipal en sectores, siguiendo las conclusiones de análisis previo realizadas donde se determinó que el consumo de agua tiene un grado de “semejanza” por sectores geográficos del municipio. Dichos sectores geográficos estuvieron definidos desde un principio por la unidad catastral “Chacra”, que agrupan superficies aproximadas de diez manzanas por diez manzanas. Por lo tanto toda la información disponible fue subdividida por chacras.

La otra importante condición tenida en cuenta para los análisis, fue que la dinámica del consumo en el semestre cálido, no es la misma que en el semestre frío. Como se verá no solo a nivel de la cantidad de agua que se consume, sino también del tipo de variables intervinientes.

Por lo tanto el subsistema CAGU queda definido fundamentalmente por un conjunto de veinte (20) ecuaciones, diez por cada chacra, una representando el consumo del semestre “cálido” y otra del “frío”.

La búsqueda de correlaciones “fuertes” (coeficientes de determinación R^2 superiores a 0.8) para todas las chacras y semestres constituyó una ardua tarea con las capacidades operativas, metodológicas y de información disponibles. Inclusive en un cuadro resumen que figura más adelante, podrá verse que en algunos casos se está por debajo de dicho estándar. Esto dio lugar inclusive a un planteo de mejora a futuro que se expondrán en el Capítulo de las conclusiones, denominado “áreas homogéneas de consumo”.

Se complementa la información numérica con otra de carácter gráfico que presenta el nivel inicial de las principales variables implicadas en las ecuaciones, en todo el término municipal.

Al final de la presentación del modelo figuran algunas variables que incipientemente persiguen introducir a la búsqueda de un Ciclo del Agua sostenible a nivel de provisión de agua de consumo humano, ampliando las fuentes de provisión al incorporar el agua de lluvia como un recurso seguro y disponible “in situ”. El panorama operativo que ofrece CAGU se completa con la posibilidad de incorporar en el balance los efectos de programas de uso eficiente del agua, tanto a nivel de usuarios como de la red de servicio.

7.1 SubSistema “Consumo de Agua”: Determinación de la Demanda de agua por UCE y Manzana

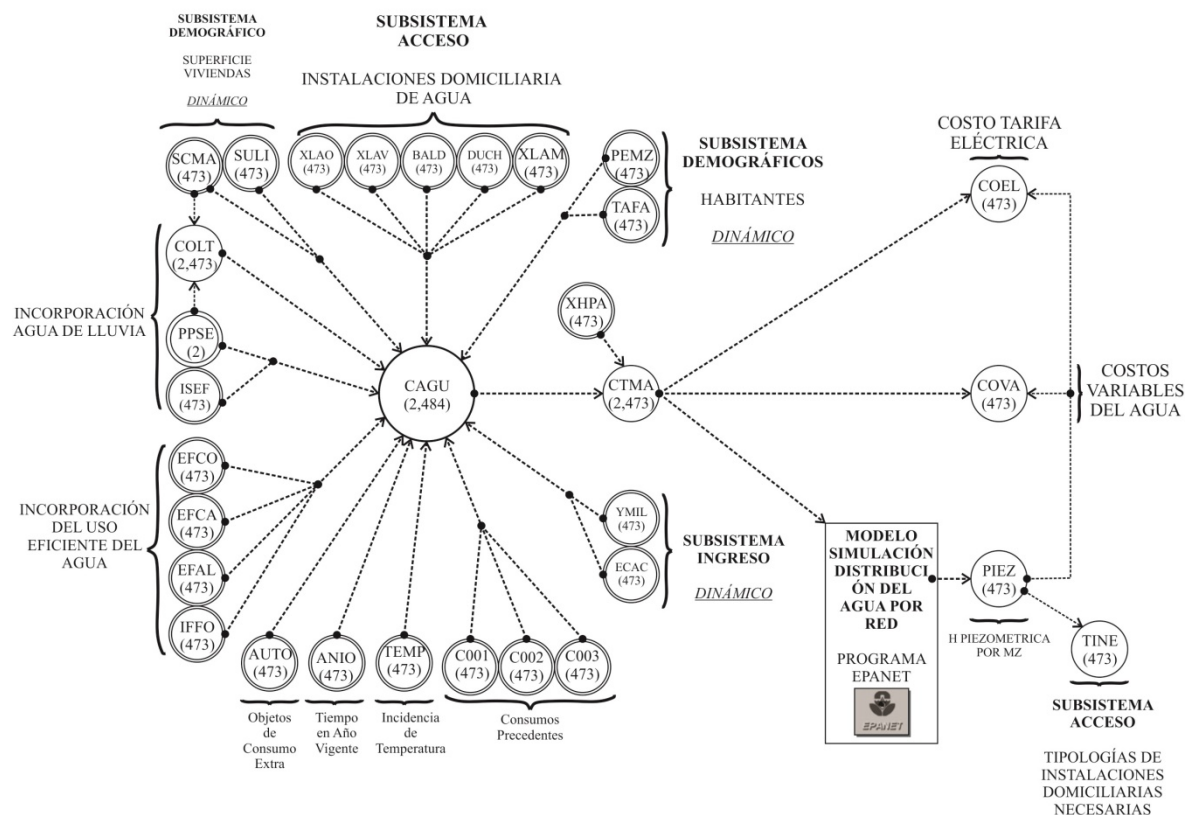


Figura 1. Diagrama de Forrester – SubSistema Consumo de Agua.
Fuente: Elaboración Propia

Variables Intervinientes en el “Subsistema Consumo de agua” Determinación de la demanda			
Código	Nombre de la Variable	Unidad	Observaciones
NMAN	Número de Manzanas	Nº Mz	Número de Manzanas comprendidas en el Ejido (Término) municipal
INCH	Número de la manzana en que se inicia cada chacra	Nº	Número auxiliar que indica el cambio de Chacra en el proceso de cálculo
BALD	Número medio de baños con ducha “a balde” por manzana	Nº	Indica la falta de disposición de ducha en la Instalación de Agua
XLAV	Número medio de lavadoras automáticas por manzana	Nº	Disponibilidad de Lavadoras Automáticas en la Mz
XLAO	Número medio de lavabos por manzana	Nº	Disponibilidad de Lavabos en los baños de la Mz
DUCH	Número medio de Higiene Personal usando ducha por manzana	Nº	Disponibilidad de Duchas en los baños de la Mz
XLAM	Número medio de Lavado de Ropa a Mano por manzana	Nº	Promedio de Unidades en la Manzana donde se lava la ropa a mano

ANIO	Año dentro del cual se efectuó consumo de agua potable dentro de la Chacra	Años a partir de 1995	Partiendo como año inicial aquel a partir del cual se disponen registros de micromediciones domiciliarias
YMIL	Ingreso medio por manzana, sobre población total	Pesos	$\frac{\sum \text{Ingresos en la Mz}}{\text{Población Total de la Mz}}$ (por razones de cálculo/1000)
ECAC	Ingreso medio por manzana, sobre población económicamente activa	Pesos	$\frac{\sum \text{Ingresos en la Mz}}{\text{Población E.A. de la Mz}}$ (por razones de cálculo/1000)
PEMZ	Número de Personas por manzana	Nº Personas	Nº de personas que habita en la manzana (por razones de cálculo/1000)
TAFA	Tamaño medio de las familias de la Mz.	Nº Personas	Promedio x Mz del Nº de integrantes (por razones de cálculo/1000)
SULI	Promedio de Superficie Libre en cada parcela por Manzana	M2	Promedio de Superficie sin construir en cada parcela por Mz (por razones de cálculo/1000)
SCMA	Promedio de Superficie Cubierta construida en cada Parcela por Manzana	M2	Promedio de Superficie Construida en cada parcela por Mz (por razones de cálculo/1000)
AUTO	Promedio de Autos particulares por Manzana	Nº	Forma de dimensionar uso del agua para lavado periódico de autos
CO01	Promedio de Consumo de Agua por Manzana y Semestre durante el año 2001	M3	Patrón de consumo por Manzana del año 2001 como Variable Independiente que influye sobre el patrón general o del año subsiguiente en la Chacra (por razones de cálculo/1000)
CO02	Promedio de Consumo de Agua por Manzana y Semestre durante el año 2002	M3	Patrón de consumo por Manzana del año 2002 como Variable Independiente que influye sobre el patrón general o del año subsiguiente en la Chacra (por razones de cálculo/1000)
CO03	Promedio de Consumo de Agua por Manzana y Semestre durante el año 2003	M3	Patrón de consumo por Manzana del año 2003 como Variable Independiente que influye sobre el patrón general o del año subsiguiente en la Chacra (por razones de cálculo/1000)
TEMP	Promedio de Temperatura de cada Semestre y Año	°C	Temperatura obtenida en la estación meteorológica más cercana al Municipio de Referencia (por razones de cálculo/1000)
CAGU	Consumo de Agua por parcela y manzana	M3	Consumo calculado diferencialmente según la Chacra donde se esté ubicado

Tabla 1. Variables intervinientes en el “Subsistema Consumo de agua”

Fuente: Elaboración Propia

A continuación se presenta el sistema de ecuaciones que definen de manera estocástica la demanda de agua por UCE y Manzana, según la ubicación por Chacra y el ciclo estacional que corresponda.

Chacra 37-40	Semestre 1 "Cálido"	Coef. Det. R2 = 0.803
Variables Implicadas		
BALD Número medio de baños con ducha "a balde" por manzana		
SCMA Promedio de Superficie Cubierta construida en cada Parcela por Manzana dividido mil		
YMIL Ingreso medio por Manzana sobre población total dividido mil		
DUCH Número medio de Higiene Personal usando ducha por manzana		
XLAO Número medio de lavabos por manzana		
Ecuación (1)		
$h=3.081907748804457e+001-$ $1.351429400299261e+003*(BALD(i1)*SCMA(i1))+1.15692660795995$ $6e+003*(BALD(i1)*YMIL(i1))-$ $2.153807245174447e+001*(DUCH(i1)*XLAO(i1))-$ $4.158565581524871e+002*(YMIL(i1)*YMIL(i1))$ $AA=16435.101869377431*((BALD(i1)*SCMA(i1))-$ $0.006332)^2+11233.244583511367*((BALD(i1)*YMIL(i1))-$ $0.005209)^2+4.764687026067*((DUCH(i1)*XLAO(i1))-0.755138$ $)^2+3859.681762078099*((YMIL(i1)*YMIL(i1))-0.008047)^2$ $AB=$ $-2*10944.339894779960*((BALD(i1)*SCMA(i1))-$ $0.006332)*((BALD(i1)*YMIL(i1))-0.005209)$ $AC=2*181.872162830637*((BALD(i1)*SCMA(i1))-$ $0.006332)*((DUCH(i1)*XLAO(i1))-0.755138)$ $AD=2*6748.835769277135*((BALD(i1)*SCMA(i1))-$ $0.006332)*((YMIL(i1)*YMIL(i1))-0.008047)$ $AE=-2*55.553403113610*((BALD(i1)*YMIL(i1))-$ $0.005209)*((DUCH(i1)*XLAO(i1))-0.755138)$ $AF=-$ $2*4055.581561509233*((BALD(i1)*YMIL(i1))-$ $0.005209)*((YMIL(i1)*YMIL(i1))-0.008047)$ $AG=2*86.104438257044*((DUCH(i1)*XLAO(i1))-$ $0.755138)*((YMIL(i1)*YMIL(i1))-0.008047)$ $s=1.308039*\text{sqr}(1+1/35+AA+AB+AC+AD+AE+AF+AG)$		

Chacra 37-40	Semestre 2 "Frío"	Coef. Det. R2 = 0.892
Variables implicadas		

BALD Número medio de baños con ducha "a balde" por manzana
YMIL Ingreso medio por Manzana sobre población total dividido mil
PEMZ Promedio de Personas por Manzana dividido mil
SULI Promedio de Superficie Libre en cada parcela por Manzana dividido mil
Ecuación (2)
$h=4.803558126974103e+000-$ $1.295353712747910e+003*(BALD(i1)*PEMZ(i1))+6.44384889608664$ $0e+002*(BALD(i1)*SULI(i1))+7.158699806539819e+002*(BALD(i1)$ $*YMIL(i1))$ $AA=10266.300507383368*((BALD(i1)*PEMZ(i1))-$ $0.005928)^2+5260.952340437043*((BALD(i1)*SULI(i1))-$ $0.010788)^2+8027.285838346739*((BALD(i1)*YMIL(i1))-$ $0.005209)^2$ $AB=-$ $2*5725.981263105973*((BALD(i1)*PEMZ(i1))-$ $0.005928)*((BALD(i1)*SULI(i1))-0.010788)$ $AC=2*924.197171099735*((BALD(i1)*PEMZ(i1))-$ $0.005928)*((BALD(i1)*YMIL(i1))-0.005209)$ $AD=-$ $2*3914.036644367193*((BALD(i1)*SULI(i1))-$ $0.010788)*((BALD(i1)*YMIL(i1))-0.005209)$ $s=1.188879*sqr(1+1/35+AA+AB+AC+AD)$

Chacra 41	Semestre 1 "Cálido"	Coef. Det. R2 = 0.983
Variables Implicadas		
ANIO Año con disponibilidad de Información del Consumo de Agua con Micromediciones dividido mil		
TEM1 Temperatura Media del Semestre 1 y Año en la Localidad de Referencia dividida mil		
Ecuación (3)		
$h=8.107279727767550e-002-$ $1.116407972403929e+000*(ANIO(t)*TEM1(t))$ $AA=210737.170866348980*((ANIO(t)*TEM1(t))- 0.060597)^2$ $s=0.000220*sqr(1+1/35+AA)$		

Chacra 41	Semestre 2 "Frío"	Coef. Det. R2 = 0.836
Variables Implicadas		
ANIO Año con disponibilidad de Información del Consumo de Agua con Micromediciones dividido mil		
Ecuación (4)		
$h = -2.052974729236798e+000 + 4.134865608929356e+000 * (1/ANIO(t))$ $AA = 2360421.282533907300 * ((1/ANIO(t)) - 0.499551)^2$ $s = 0.000687 * \text{sqr}(1 + 1/35 + AA)$		

Chacra 42	Semestre 1 Cálido"	Coef. Det. R2 = 0.97
Variables Implicadas		
ANIO Año con disponibilidad de Información del Consumo de Agua con Micromediciones dividido mil		
Ecuación (5)		
$h = 2.469659197536780e+002 - 8.470088550790401e+001 * (1/ANIO(t)) - 1.675169176740869e+002 * \exp(0.100000 * ANIO(t))$ $AA = 142293985211.24161 * ((1/ANIO(t)) - 0.500151)^2 + 597161535224.86389 * (\exp(0.100000 * ANIO(t)) - 1.221330)^2$ $AB = 2 * 291500199725.25665 * ((1/ANIO(t)) - 0.500151) * (\exp(0.100000 * ANIO(t)) - 1.221330)$ $s = 0.000407 * \text{sqr}(1 + 1/35 + AA + AB)$		

Chacra 42	Semestre 2 "Frío"	Coef. Det. R2 = 0.807
Variables Implicadas		
ANIO Año con disponibilidad de Información del Consumo de Agua con Micromediciones dividido mil		
Ecuación (6)		
$h = -9.124977690985817e+002 + 1.076878847603510e+003 * (1/ANIO(t)) + 5.396628691985615e+002 * \log(ANIO(t))$ $AA = 688603448198.073240000000 * ((1/ANIO(t)) - 0.500151)^2 + 172285095116.303680000000 * (\log(ANIO(t)) - 0.692846)^2$ $AB = 2 * 344435877308.496700000000 * ((1/ANIO(t)) - 0.500151) * (\log(ANIO(t)) - 0.692846)$ $s = 0.000842 * \text{sqr}(1 + 1/35 + AA + AB)$		

Chacra 43	Semestre 1 "Cálido"	Coef. Det. R2 = 0.866
Variables Implicadas		
ANIO Año con disponibilidad de Información del Consumo de Agua con Micromediciones dividido mil		
Ecuación (7)		
$h = -1.394256413717146e+004 + 1.647207705028611e+004 * (1/ANIO(t)) + 8.232791950480103e+003 * \log(ANIO(t))$ $AA = 1262345333000.9075 * (1/ANIO(t)) - 0.500029^2 + 315680425508.78088 * (\log(ANIO(t)) - 0.693091)^2$ $AB = 2 * 631266676150.03259 * (1/ANIO(t)) - 0.500029 * (\log(ANIO(t)) - 0.693091)$ $s = 0.003515 * \text{sqr}(1 + 1/35 + AA + AB)$		

Chacra 43	Semestre 2 "Frío"	Coef. Det. R2 = 0.828
Variables Implicadas		
ANIO Año con disponibilidad de Información del Consumo de Agua con Micromediciones dividido mil		
Ecuación (8)		
$h = 2.491761325540402e+003 + 6.225108418363101e+002 * (ANIO(t) * ANIO(t)) - 2.490897392260018e+003 * (ANIO(t))$ $AA = 4937393224.045956600000 * ((ANIO(t) * ANIO(t)) - 3.999561)^2 + 78975077407.176895000000 * ((ANIO(t)) - 1.999889)^2$ $AB = -2 * 19746668546.988541000000 * ((ANIO(t) * ANIO(t)) - 3.999561) * ((ANIO(t)) - 1.999889)$ $s = 0.002328 * \text{sqr}(1 + 1/35 + AA + AB)$		

Chacra 44	Semestre 1 "Cálido"	Coef. Det. R2 = 0.682
Variables Implicadas		
DUCH Número medio de Higiene Personal usando ducha por manzana		
C031 Consumo medio de agua por manzana en el año 2003 semestre 1		
TAFE Promedio del Tamaño de la Familia por Manzana dividido mil		
C011 Consumo medio de agua por manzana en el año 2001 semestre 1		
Ecuación (9)		
$h = 3.276979978383005e+001 + 1.790945531842004e+000 * (DUCH(i1) * C031(i1)) + 9.912864794938923e+000 * (TAFE(i1) * C011(i1)) - 2.561775800340850e+001 * \text{sqr}(DUCH(i1)) - 5.659970732256450e+000 * \text{sqr}(C031(i1))$ $AA = 0.010194934562 * ((DUCH(i1) * C031(i1)) -$		

$$\begin{aligned}
& 9.906592 \quad)^2 + 0.263469760712 * ((TAF A(i1) * C011(i1)) - \\
& 0.607578)^2 + 2.871327290878 * (\text{sqr}(DUCH(i1)) - \\
& 0.865828)^2 + 0.400002161533 * (\text{sqr}(C031(i1)) - 3.525724)^2 \\
& \quad AB = 2 * 0.003609817019 * ((DUCH(i1) * C031(i1)) - \\
& 9.906592) * ((TAF A(i1) * C011(i1)) - 0.607578) \\
& \quad AC = -2 * 0.158764764312 * ((DUCH(i1) * C031(i1)) - \\
& 9.906592) * (\text{sqr}(DUCH(i1)) - 0.865828) \\
& \quad AD = -2 * 0.060972883578 * ((DUCH(i1) * C031(i1)) - \\
& 9.906592) * (\text{sqr}(C031(i1)) - 3.525724) \\
& \quad AE = -2 * 0.084855490858 * ((TAF A(i1) * C011(i1)) - \\
& 0.607578) * (\text{sqr}(DUCH(i1)) - 0.865828) \\
& \quad AF = -2 * 0.069474796757 * ((TAF A(i1) * C011(i1)) - \\
& 0.607578) * (\text{sqr}(C031(i1)) - 3.525724) \\
& \quad AG = 2 * 0.955615534851 * (\text{sqr}(DUCH(i1)) - \\
& 0.865828) * (\text{sqr}(C031(i1)) - 3.525724) \\
& \quad s = 3.310847 * \text{sqr}(1 + 1/35 + AA + AB + AC + AD + AE + AF + AG)
\end{aligned}$$

Chacra 44	Semestre 2 "Frío"	Coef. Det. R2 = 0.932
Variables Implicadas		
C032 Consumo medio de agua por manzana en el año 2003 semestre 2		
C022 Consumo medio de agua por manzana en el año 2002 semestre 2		
Ecuación (10)		
$ \begin{aligned} & h = - \\ & 1.149575596233329e+000 + 1.033394048568070e+000 * (C032(i1)) + 1. \\ & 736999137165106e+001 * (1/C032(i1)) - \\ & 1.898360437699116e+000 * \exp(-0.100000 * C022(i1)) \\ & AA = 0.001875375551 * (C032(i1) - 12.771734 \\ &)^2 + 34.636566220132 * ((1/C032(i1)) - \\ & 0.088089)^2 + 0.698351336605 * (\exp(-0.100000 * C022(i1)) - \\ & 0.402484)^2 \\ & \quad AB = 2 * 0.216971986703 * (C032(i1) - \\ & 12.771734) * ((1/C032(i1)) - 0.088089) \\ & \quad AC = \quad \quad \quad -2 * 0.000256315769 * (C032(i1) - \\ & 12.771734) * (\exp(-0.100000 * C022(i1)) - 0.402484) \\ & \quad AD = \quad \quad \quad -2 * 0.745012947958 * ((1/C032(i1)) - \\ & 0.088089) * (\exp(-0.100000 * C022(i1)) - 0.402484) \\ & \quad s = 1.141102 * \text{sqr}(1 + 1/35 + AA + AB + AC + AD) \end{aligned} $		

Chacra 45	Semestre 1 "Cálido"	Coef. Det. R2 = 0.787
Variables implicadas		
TAFAs Promedio del Tamaño de la Familia por Manzana dividido mil		
C011 Consumo medio de agua por manzana en el año 2001 semestre 1		
C021 Consumo medio de agua por manzana en el año 2002 semestre 1		
Ecuación (11)		
$h=9.589201829261533e-001+1.388620492855219e+001*(TAFAs(i1)*C011(i1))-1.800049983142845e-001*(C011(i1)*C011(i1))+2.200956350503084e-001*(C011(i1)*C021(i1))+1.704560691328512e+000*exp(0.100000*CO03(i1))$ $AA=2.952086659964*((TAFAs(i1)*C011(i1))-0.321587)^2+0.000366549017*((C011(i1)*C011(i1))-99.974238)^2+0.000479759106*((C011(i1)*C021(i1))-83.340862)^2+0.005843717789*((exp(0.100000*CO03(i1))-2.861843)^2$ $AB=-2*0.015722325305*((TAFAs(i1)*C011(i1))-0.321587)*((C011(i1)*C011(i1))-99.974238)$ $AC=2*0.013769376524*((TAFAs(i1)*C011(i1))-0.321587)*((C011(i1)*C021(i1))-83.340862)$ $AD=-2*0.025533568806*((TAFAs(i1)*C011(i1))-0.321587)*((exp(0.100000*CO03(i1))-2.861843)$ $AE=-2*0.000414366655*((C011(i1)*C011(i1))-99.974238)*((C011(i1)*C021(i1))-83.340862)$ $AF=2*0.000379639850*((C011(i1)*C011(i1))-99.974238)*((exp(0.100000*CO03(i1))-2.861843)$ $AG=-2*0.000394038821*((C011(i1)*C021(i1))-83.340862)*((exp(0.100000*CO03(i1))-2.861843)$ $s=2.415264*sqr(1+1/35+AA+AB+AC+AD+AE+AF+AG)$		

Chacra 45	Semestre 2 "Frío"	Coef. Det. R2 = 0.922
Variables Implicadas		
TEM2 Temperatura Media del Semestre 2 y Año en la Localidad de Referencia dividida mil		
Ecuación (12)		
$h=2.679039248521098e+000+2.350932308009209e-002*(1/TEM2(t)) + 9.789891296461299e-001 *log(TEM2(t))$ $AA=1465.822805589972*((1/TEM2(t))-40.260717)$		

$$\begin{aligned}
& ^2+2386750.504174021100*(\log(\text{TEM2}(t))+3.694698)^2 \\
& \quad \text{AB}=2*59147.043996724620*((1/\text{TEM2}(t))- \\
& 40.260717)*(\log(\text{TEM2}(t))+3.694698) \\
& \text{s}=0.000471*\text{sqr}(1+1/35+\text{AA}+\text{AB})
\end{aligned}$$

Chacra 46	Semestre 1 "Cálido"	Coef. Det. R2 = 0.738
Variables Implicadas		
TAFa Promedio del Tamaño de la Familia por Manzana dividido mil		
XLAV Numero medio de lavadoras automáticas por manzana		
YMIL Ingreso medio por Manzana sobre población total dividido mil		
XLAO Número medio de lavabos por manzana		
DUCH Número medio de Higiene Personal usando ducha por manzana		
Ecuación (13)		
$ \begin{aligned} h &= 9.405179270909800e+000 + 1.303531075121132e+002 * (\text{TAFa}(i1) * \text{XLAV}(i1)) + 1.703939375930131e+001 * (\text{YMIL}(i1) * \text{XLAO}(i1)) - \\ & 2.822452265058277e+001 * (1/\text{DUCH}(i1)) + 2.611987434590440e+001 * (1/\text{XLAO}(i1)) \\ & \quad \text{AA} = 1146.707781135041 * ((\text{TAFa}(i1) * \text{XLAV}(i1)) - 0.006684)^2 + 14.940235040672 * ((\text{YMIL}(i1) * \text{XLAO}(i1)) - 0.093307)^2 + 4.919812943306 * ((1/\text{DUCH}(i1)) - 3.580403)^2 + 4.191338569795 * ((1/\text{XLAO}(i1)) - 3.864641)^2 \\ & \quad \text{AB} = -2 * 29.480554636427 * ((\text{TAFa}(i1) * \text{XLAV}(i1)) - 0.006684) * ((\text{YMIL}(i1) * \text{XLAO}(i1)) - 0.093307) \\ & \quad \text{AC} = -2 * 26.630879895221 * ((\text{TAFa}(i1) * \text{XLAV}(i1)) - 0.006684) * ((1/\text{DUCH}(i1)) - 3.580403) \\ & \quad \text{AD} = 2 * 24.617962245698 * ((\text{TAFa}(i1) * \text{XLAV}(i1)) - 0.006684) * ((1/\text{XLAO}(i1)) - 3.864641) \\ & \quad \text{AE} = -2 * 1.992911372906 * ((\text{YMIL}(i1) * \text{XLAO}(i1)) - 0.093307) * ((1/\text{DUCH}(i1)) - 3.580403) \\ & \quad \text{AF} = 2 * 1.853071703269 * ((\text{YMIL}(i1) * \text{XLAO}(i1)) - 0.093307) * ((1/\text{XLAO}(i1)) - 3.864641) \\ & \quad \text{AG} = -2 * 4.540915169092 * ((1/\text{DUCH}(i1)) - 3.580403) * ((1/\text{XLAO}(i1)) - 3.864641) \\ & \quad \text{s} = 1.398164 * \text{sqr}(1 + 1/35 + \text{AA} + \text{AB} + \text{AC} + \text{AD} + \text{AE} + \text{AF} + \text{AG}) \end{aligned} $		

Chacra 46	Semestre 2 "Frío"	Coef. Det. R2 = 0.781
Variables Implicadas		
XLAO Número medio de lavabos por manzana		
C012 Consumo medio de agua por manzana en el año 2001 semestre 2		
XLAV Número medio de lavadoras automáticas por manzana		
YMIL Ingreso medio por Manzana sobre población total dividido mil		
Ecuación (14)		
$h = -4.410547272121510e+000 - 8.426932880243730e-001 * (XLAO(i1) * C012(i1)) + 2.722530505492488e+000 * \exp(0.100000 * C012(i1)) + 7.082630545649797e+000 * \text{sqr}(XLAV(i1)) + 3.286714169789567e+001 * \text{sqr}(YMIL(i1))$ $AA = 0.008404068073 * (XLAO(i1) * C012(i1)) - 7.176106 * (XLAO(i1) * C012(i1))^2 + 0.038571741108 * (\exp(0.100000 * C012(i1)) - 2.933541)^2 + 2.091415627313 * (\text{sqr}(XLAV(i1)) - 0.379329)^2 + 9.650983159769 * (\text{sqr}(YMIL(i1)) - 0.332807)^2$ $AB = -2 * 0.013161857283 * (XLAO(i1) * C012(i1)) - 7.176106 * (\exp(0.100000 * C012(i1)) - 2.933541)$ $AC = -2 * 0.065838036920 * (XLAO(i1) * C012(i1)) - 7.176106 * (\text{sqr}(XLAV(i1)) - 0.379329)$ $AD = -2 * 0.169475083665 * (XLAO(i1) * C012(i1)) - 7.176106 * (\text{sqr}(YMIL(i1)) - 0.332807)$ $AE = 2 * 0.137282778440 * (\exp(0.100000 * C012(i1)) - 2.933541) * (\text{sqr}(XLAV(i1)) - 0.379329)$ $AF = 2 * 0.310879411590 * (\exp(0.100000 * C012(i1)) - 2.933541) * (\text{sqr}(YMIL(i1)) - 0.332807)$ $AG = 2 * 0.179631501435 * (\text{sqr}(XLAV(i1)) - 0.379329) * (\text{sqr}(YMIL(i1)) - 0.332807)$ $s = 1.303725 * \text{sqr}(1 + 1/35 + AA + AB + AC + AD + AE + AF + AG)$		

Chacra 47	Semestre 1 "Cálido"	Coef. Det. R2 = 0.808
Variables Implicadas		
SULI Promedio de Superficie Libre en cada parcela por Manzana dividido mil		
YMIL Ingreso medio por Manzana sobre población total dividido mil		
XLAO Número medio de lavabos por manzana		
Ecuación (15)		
$h = -4.677508930260714e+001 + 1.266837727919172e+003 * (SULI(i1) * YMIL(i1)) + 8.056630433531446e+001 * (SULI(i1) * XLAO(i1)) - 7.544713893855356e+002 * (YMIL(i1) * YMIL(i1)) + 5.009196109575697e+000 (1/SULI(i1))$ $AA = 11308.172928390179 * ((SULI(i1) * YMIL(i1)) - 0.026333)^2 + 21.055156766401 * ((SULI(i1) * XLAO(i1)) - 0.150098)^2 + 4419.743121702183 * ((YMIL(i1) * YMIL(i1)) - 0.025976)^2 + 0.136736319505 * ((1/SULI(i1)) - 6.193227)^2$ $AB = 2 * 223.734946391996 * ((SULI(i1) * YMIL(i1)) - 0.026333) * ((SULI(i1) * XLAO(i1)) - 0.150098)$ $AC = -2 * 6984.734005145042 * ((SULI(i1) * YMIL(i1)) - 0.026333) * ((YMIL(i1) * YMIL(i1)) - 0.025976)$ $AD = 2 * 35.775054663716 * ((SULI(i1) * YMIL(i1)) - 0.026333) * ((1/SULI(i1)) - 6.193227)$ $AE = -2 * 150.531648334618 * ((SULI(i1) * XLAO(i1)) - 0.150098) * ((YMIL(i1) * YMIL(i1)) - 0.025976)$ $AF = 2 * 0.967929200283 * ((SULI(i1) * XLAO(i1)) - 0.150098) * ((1/SULI(i1)) - 6.193227)$ $AG = -2 * 21.901901598152 * ((YMIL(i1) * YMIL(i1)) - 0.025976) * ((1/SULI(i1)) - 6.193227)$ $s = 1.621388 * \sqrt{1 + 1/35 + AA + AB + AC + AD + AE + AF + AG}$		

Chacra 47	Semestre 2 "Frío"	Coef. Det. R2 = 0.862
Variables Implicadas		
C012 Consumo medio de agua por manzana en el año 2001 semestre 2		
C022 Consumo medio de agua por manzana en el año 2002 semestre 2		
C032 Consumo medio de agua por manzana en el año 2003 semestre 2		
Ecuación (16)		
$h = -1.273959557798468e+001 + 2.121218289166152e-002 * (C012(i1) * C022(i1)) - 2.143708955906181e-001 * (C022(i1) * C032(i1)) + 1.708456460679722e+000 * (C022(i1)) + 8.986235835386692e+000 * (\exp(0.100000 * C032(i1)))$ $AA = 0.000049292697 * ((C012(i1) * C022(i1)) - 69.131360)^2 + 0.002604817931 * ((C022(i1) * C032(i1)) - 66.754982)^2 + 0.199326657582 * (C022(i1) - 7.197774)^2 + 1.989934165583 * (\exp(0.100000 * C032(i1)) - 2.520662)^2$ $AB = -2 * 0.000216334018 * ((C012(i1) * C022(i1)) - 69.131360) * ((C022(i1) * C032(i1)) - 66.754982)$ $AC = 2 * 0.000952412859 * ((C012(i1) * C022(i1)) - 69.131360) * (C022(i1) - 7.197774)$ $AD = 2 * 0.005465206686 * ((C012(i1) * C022(i1)) - 69.131360) * (\exp(0.100000 * C032(i1)) - 2.520662)$ $AE = -2 * 0.020974059665 * ((C022(i1) * C032(i1)) - 66.754982) * (C022(i1) - 7.197774)$ $AF = -2 * 0.069963367872 * ((C022(i1) * C032(i1)) - 66.754982) * (\exp(0.100000 * C032(i1)) - 2.520662)$ $AG = 2 * 0.554951143250 * (C022(i1) - 7.197774) * (\exp(0.100000 * C032(i1)) - 2.520662)$ $s = 0.870920 * \sqrt{1 + 1/35 + AA + AB + AC + AD + AE + AF + AG}$		

Chacra 48	Semestre 1 "Cálido"	Coef. Det. R2 = 0.893
Variables Implicadas		
XLAO Número medio de lavabos por manzana		
C011 Consumo medio de agua por manzana en el año 2001 semestre 1		
C021 Consumo medio de agua por manzana en el año 2002 semestre 1		
Ecuación (17)		
$h=3.957406857315453e+001-6.145291272468042e+001*(XLAO(i1)*XLAO(i1))+8.538701114407648e+000*(XLAO(i1)*C011(i1))-7.352171960551734e+000*C011(i1)+6.386708656709040e+000*\log(C021(i1))$ $AA=45.466568183004*((XLAO(i1)*XLAO(i1))-0.755281)^2+1.089411476448*((XLAO(i1)*C011(i1))-10.615446)^2+0.930482671599*(C011(i1)-12.064608)^2+1.196061400721*(\log(C021(i1))-2.573897)^2$ $AB=-2*6.495550284952*((XLAO(i1)*XLAO(i1))-0.755281)*(XLAO(i1)*C011(i1))-10.615446$ $AC=2*5.986250231168*((XLAO(i1)*XLAO(i1))-0.755281)*(C011(i1))-12.064608$ $AD=-2*4.459688217685*((XLAO(i1)*XLAO(i1))-0.755281)*(\log(C021(i1))-2.573897)$ $AE=-2*1.005904541343*((XLAO(i1)*C011(i1))-10.615446)*(C011(i1))-12.064608$ $AF=2*0.488250761830*((XLAO(i1)*C011(i1))-10.615446)*(\log(C021(i1))-2.573897)$ $AG=-2*0.469173095894*(C011(i1))-12.064608)*(\log(C021(i1))-2.573897)$ $s=1.145507*sqr(1+1/35+AA+AB+AC+AD+AE+AF+AG)$		

Chacra 48	Semestre 2 "Frío"	Coef. Det. R2 = 0.841
Variables Implicadas		
TEM2 Temperatura Media del Semestre 2 y Año en la Localidad de Referencia dividida mil		
Ecuación (18)		
$h=-4.172630162269493e+000-3.869777388826985e-002*(1/TEM2(t))-1.553490995226156e+000*\log(TEM2(t))$ $AA=1403.345799553395*((1/TEM2(t))-40.513370)^2+2287841.843074603900*(\log(TEM2(t))+3.700937)^2$ $AB=2*56661.180562294678*((1/TEM2(t))-40.513370)*(\log(TEM2(t))+3.700937)$ $s=0.000295*sqr(1+1/35+AA+AB)$		

Chacra 49	Semestre 1 "Cálido"	Coef. Det. R2 = 0.862
-----------	---------------------	-----------------------

Variables Implicadas
ECAC Ingreso medio por Manzana sobre población económicamente activa dividido mil
TAFA Promedio del Tamaño de la Familia por Manzana dividido mil
BALD Número medio de baños a balde por manzana
XLAV Número medio de lavadoras automáticas por manzana
Ecuación (19)
$h=1.174524059132316e+001-9.377450030848290e+002*(ECAC(i1)*TAFA(i1))+2.450575965294377e-001*(1/BALD(i1))-2.303116444178642e-001*(1/XLAV(i1))$ $AA=438694.865399425440*((ECAC(i1)*TAFA(i1))-0.004695)^2+0.021075905313*((1/BALD(i1))-34.988411)^2+0.018644684147*((1/XLAV(i1))-41.340600)^2$ $AB=-2*55.000887652568*((ECAC(i1)*TAFA(i1))-0.004695)*((1/BALD(i1))-34.988411)$ $AC=2*50.267105344013*((ECAC(i1)*TAFA(i1))-0.004695)*((1/XLAV(i1))-41.340600)$ $AD=-2*0.019813176095*((1/BALD(i1))-34.988411)*((1/XLAV(i1))-41.340600)$ $s=0.242013*sqr(1+1/35+AA+AB+AC+AD)$

Chacra 49	Semestre 2 "Frío"	Coef. Det. R2 = 0.829
Variables Implicadas		
SCMA Promedio de Superficie Cubierta construida en cada Parcela por Manzana dividido mil		
XLAM Número medio de Lavado de Ropa a Mano por manzana		
PEMZ Promedio de Personas por Manzana dividido mil		
Ecuación (20)		
$h=-1.184204112226301e+004-2.000902659711452e+002*(SCMA(i1) * XLAM(i1))+1.179064031791510e+004 *exp(0.100000*PEMZ(i1))$ $AA=36658.430173449058*((SCMA(i1) * XLAM(i1))-0.046097)^2+115973938.806756760000*(exp(0.100000*PEMZ(i1))-1.005578)^2$ $AB=-2*2055421.908212003300*((SCMA(i1) * XLAM(i1))-0.046097)*(exp(0.100000*PEMZ(i1))-1.005578)$ $s=0.178183*sqr(1+1/35+AA+AB)$		

Hasta aquí, el SubSistema “Consumo de agua” presenta el conjunto de veinte ecuaciones que integradas en la variable CAGU, permiten calcula para todo el término municipal, los consumos promedio por UCE y por Manzana. Antes de seguir avanzando, es necesario detenerse para presentar una lectura de dichas ecuaciones. Dicha lectura primero será de carácter general, para luego brindar un enfoque particular desde la “gestión de la demanda”.

Chacras	Transformada 1	Transformada 2	Transformada 3	Transformada 4
Chacras 37-40	BALD * SCMA	BALD*YMIL	DUCH*XLAO	YMIL*YMIL
Chacra 41	ANIO*TEM1	xxx	xxx	xxx
Chacra 42	1/ANIO	exp(0.1*ANIO)	xxx	xxx
Chacra 43	1/ANIO	log(ANIO)	xxx	xxx
Chacra 44	DUCH*C031	TAFA*C011	sqr(DUCH)	sqr(C031)
Chacra 45	TAFA*C011	C011*CO11	C011*C021	Exp(0.1*C031)
Chacra 46	TAFA*XLAV	YMIL*XLAO	1/DUCH	1/XLAO
Chacra 47	SULI*YMIL	SULI*XLAO	YMIL*YMIL	1/SULI
Chacra 48	XLAO*XLAO	XLAO*C011	C021	log(C01)
Chacra 49	ECAC*TAFA	1/BALD	1/XLAV	xxx

Tabla 2. Transformadas por Chacra que conforman las Ecuaciones que explican la variabilidad de la Demanda de Agua para el Semestre 1 “Cálido”.

Fuente: Elaboración Propia

Chacras	Transformada 1	Transformada 2	Transformada 3	Transformada 4
Chacras 37-40	BALD*PEMZ	BALD*SULI	BALD*YMIL	xxx
Chacra 41	1/ANIO	xxx	xxx	xxx
Chacra 42	1/ANIO	log(ANIO)	xxx	xxx
Chacra 43	ANIO*ANIO	ANIO	xxx	xxx
Chacra 44	C032	1/C032	exp(-0.1*C022)	
Chacra 45	1/TEM2	log(TEM2)	xxx	xxx
Chacra 46	XLAO*C012	exp(0.1*C012)	sqr(XLAV)	sqr(YMIL)
Chacra 47	C012*C022	C022*C032	C022	exp(0.1*C032)
Chacra 48	1/TEM2	log(TEM2)	xxx	xxx
Chacra 49	SCMA*XLAM	exp(0.1*PEMZ)	xxx	xxx

Tabla 3. Transformadas por Chacra que conforman las Ecuaciones que explican la variabilidad de la Demanda de Agua para el Semestre 2 “Frío”.

Fuente: Elaboración Propia

7.1.1 Lectura general de las componentes de las ecuaciones del SubSistema “Consumos de agua”

Aplicando a nuestro objeto principal de atención lo que propone Edgar Morin (cita), el establecimiento de un sistema no debe ser abordado como una verdad definitiva, sino como una oportunidad de diálogo con una realidad compleja que se desentraña no por una limitada reducción a componentes elementales, sino comprendida en sus interrelaciones, las cuales en este caso quedan expresadas en estos resultado parciales y provisorios. Se realizó un ingente esfuerzo de mantener un enfoque de “caja transparente”, donde se conozcan cuáles son las “fuerzas” intervinientes en la definición de la demanda de agua. Las notas salientes generales son las siguientes:

1. Queda clara la relación de la demanda con el territorio. Se alcanzaron niveles aceptables de comprensión de la variabilidad de la demanda a partir de un análisis geográfico de la misma. Se tomó como unidad territorial englobante de la misma a la Chacra, que no deja de ser una unidad territorial de carácter administrativo y por lo tanto arbitrario. Dentro de estas unidades territoriales, habilitadas a su ocupación según el dinamismo propio del crecimiento de la localidad hace más de cien años, podrían registrarse caracterizaciones particulares de los grupos de pobladores que van introduciéndose a procesos de

urbanización y socialización que modelan formas comunes de utilización del agua y de las funciones propias de las mismas.

2. Este primer punto lleva a suponer de que pueden darse límites más realistas al territorio no ya en función de límites como se dijo arbitrarios, sino en función de formas comunes de consumir el agua. A modo de líneas para trabajos a futuro, cabría la aplicación de metodologías similares a las utilizadas por Manuel Herrera para la determinación de sectorizaciones de redes de abastecimiento de agua según un conjunto establecido de criterios. La identificación de variables aportadas por el presente trabajo constituirían un valioso antecedente para la selección de aquellas que interactúan en el territorio comprenderían dichos sectores de demanda homogénea.
3. Otro aspecto destacable son las diferentes variables implicadas en cada chacra según se trate de un semestre “frío” o cálido.
4. Hay que reconocer que a los efectos de abarcar la totalidad del territorio que comprende la localidad en estudio, se realizaron análisis multivariante que implicaron únicamente el tiempo e inclusive los patrones de consumo de años precedentes. Si bien lo valioso ha sido incorporar ecuaciones explicativas de la demanda para dichas áreas, no se conciben con la búsqueda de “caja transparente” bajo la cual se desarrolló este subsistema del modelo de sostenibilidad del ciclo urbano del agua. Esto abre también las puertas a profundizar a futuro trabajos que logren desentrañar las variables implicadas en sectores urbanos que tengan las características por ejemplo de las Chacras 41, 42, 47 y otras.

7.1.2 Lectura particular de las ecuaciones desde la “gestión de la demanda”

Tradicionalmente se ha comprendido al término “gestión de la demanda” como un enfoque tendiente a eficientizar los servicios, poniendo el foco inicialmente en la “demanda no controlada”, que como se dijo al principio, en Latinoamérica ronda el 40% del agua inyectada. Ahora bien, el Marco Teórico de este trabajo presentó a la sostenibilidad del CUA como componente de una estrategia adaptativa frente al desafío mayúsculo del Cambio Climático y su incidencia directa sobre el Ciclo Hidrológico. Es más, se avanzó en el planteo de como los “estilos de vida” que nuestras sociedades han promovido, se han centrado en un modelo consumista, sin medir los impactos que estos estilos podrían traer aparejados primero para las personas y asociadamente con su soporte vital, el entorno natural. Puede distinguirse claramente en los componentes de estas ecuaciones, con todas las limitaciones transparentemente presentadas en el trabajo, como la interacción de las variables directamente asociadas a dichos estilos de vida, expresados multidimensionalmente, definen buena parte de la variabilidad del consumo.

Por lo tanto, no deja de ser un dato menor a la hora de planificar políticas locales eficientes y creativas orientadas a la gestión de la demanda, el hecho de conocer en qué sectores geográficos operar y sobre qué variables significativas trabajar en función de mejorar el comportamiento de la demanda en búsqueda de equilibrios tendientes a la sostenibilidad del CUA.

Dichas acciones comprenden obviamente potenciales intervenciones en los sectores urbanos residenciales estudiados. Como ya se destacó precedente, dichas intervenciones se diferenciarán ya sea se ubiquen en el calendario dentro de un semestre “frío” o “cálido”, en virtud de las variables objetivo que tiendan a modificar la demanda en las chacras implicadas.

1. Un aspecto interesante es visualizar como “pares de variables” se potencian entre sí para modificar la demanda. Por ejemplo en el semestre frío, en la chacra 45, la variabilidad de la demanda de la Chacra queda comprendida fundamentalmente por la interacción entre ECAC (Variable Ingreso de las familias) con PEMZ (Cantidad de Personas por Manzana); DUBA (Instalaciones de Ducha y Bañera) y la misma PEMZ, luego la ya mencionada DUBA con XLAM (Modalidad de lavada a mano). Por último la potenciación del patrón de consumo del año precedente.
2. El punto anterior nos muestra la necesidad de concebir medidas “asociadas”, integrales, a la hora de intervenir sectores urbanos determinados, ante la necesidad de equilibrar desde la demanda las condiciones del servicio. Para el caso precedente, una estrategia posible pasaría por introducir fontanería de bajo consumo en las Instalaciones de agua domiciliarias, ante la dificultad de control que podría ofrecer las variables de índole demográfica que se presentarían más bien como escenario.
3. En cuanto a intervenir en el campo de las economías domésticas, podríamos interpretar a ECAC o YMIL, como potenciadoras del consumo en su relación inversa con la tarifa. Cuando está última significa un cada vez menor porcentaje en referencia al ingreso familiar, el consumo asociado a la misma podría crecer sin incidir mayormente en el presupuesto familiar. Una estrategia tarifaria escalonada(*) pero también de carácter territorial, tendría un impacto más relevante y pertinente como medida de control de la demanda.
4. Participan en estas “potenciones” variables ligadas a la superficie cubierta (SCMA) y a la superficie libre (SULI). La primera estaría ligada a los consumos de agua en higiene del hogar, lo cual estaría asociado al medioambiente construido y a la calidad de los materiales de las viviendas. Normatizar adecuadamente y facilitar el acceso a terminaciones de viviendas que garanticen una fácil higiene no solo incidiría favorablemente en la disminución de consumo de agua, sino también en la mejora de la salud pública. La segunda variable estaría asociada a los consumos de agua en jardines y parques. Existen estrategias para la utilización de especies de bajo consumo de agua, reemplazo de césped por grava, etc. que podrían incidir positivamente en los sectores donde estas variables potencian la demanda.
5. La temperatura no faltó a la hora del análisis de la demanda, si bien los resultados han sido aún ambiguos. Solo una Chacra, la 41 encontró en la variación de temperatura ambiente una potenciación de la variabilidad de la demanda en el semestre frío. Mientras que en el semestre cálido aparecen dos (*) Penaliza la superación de ciertos rangos de consumo.

Chacras, la 45 y la 48. Aunque paradójicamente en estas últimas, una de lastransformadas integradas a la ecuación para esos sectores es la inversa de la temperatura. Sin dudas este también es un campo relevante de trabajo. Se está hablando de condiciones climáticas ordinarias para el período temporal de estudio. Actualmente se está trabajando, en Argentina (cita nota periodística) y también a nivel global, por ejemplo en el campo de la salud, estudiando la morbilidad en períodos con temperatura extraordinaria, las llamadas olas de calor. Un estudio particular de la demanda en períodos de temperaturas extraordinarias, aportará información para determinar de qué manera inciden en el consumo y poder hacer previsiones para períodos extensos de olas de calor.

6. Además, el hecho de que solo existiesen tres sectores de Fontana donde la temperatura explique la variabilidad de la demanda, indica también en qué manera los hábitos de consumo responden diferencialmente frente a las condiciones de variación de temperatura ambiente. En el caso de alcanzar situaciones extraordinarias con mayor frecuencia, tal como lo presentan los escenarios climáticos mencionados al principio de este trabajo, indicarían también la incorporación de nuevos hábitos tendientes a mitigar estos efectos, y el agua, sin dudas no estará ausente.

7.2 El SubSistema “Consumo de Agua”, el uso eficiente del agua y la diversificación de fuentes de abastecimiento

A continuación se presenta como fue concebido este SubSistema “Consumo de Agua”, para que pueda incorporar estas dos líneas estratégicas frente a la adaptación al cambio climático y la búsqueda de mantener condiciones de sostenibilidad en el CUA.

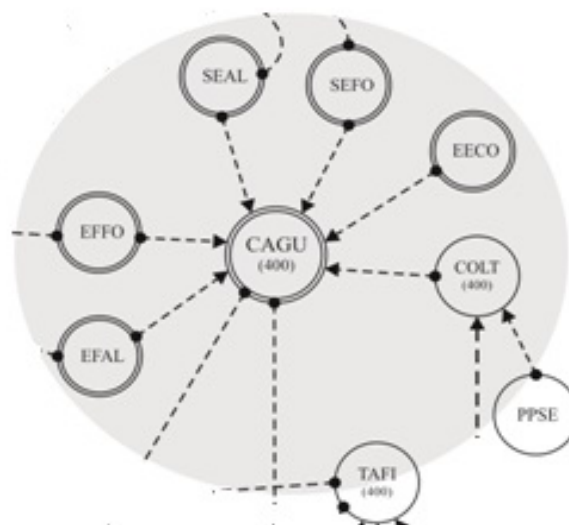


Figura 2. Diagrama de Forrester reducido: Subsistema CAGU
Variables intervinientes en estrategias de eficiencia y diversificación.

Variables Intervinientes en el “Subsistema Consumo de agua” Uso eficiente del agua y Diversificación de fuentes de abastecimiento “in situ”			
Código	Nombre de la Variable	Unidad	Observaciones
XHPA	Número de parcelas por manzana	Nº	Cantidad de parcelas en que fue loteada cada Mz
CTMA	Consumo total por manzana y día promedio semestral	M3	CAGU x XHPA /30
SEAL	Selección de un porcentaje de Manzanas en forma aleatoria para complementar consumo con Agua de Lluvia	Nº de Mz	Manzanas objeto de un programa de uso eficiente del agua difundido por medios de comunicación social
SEFO	Selección de un porcentaje de Manzanas en forma focalizada para complementar consumo con Agua de Lluvia	Nº de Mz	Manzanas objeto de un programa de uso eficiente del agua focalizado solo en Mz. deficitarias.
EFAL	Porcentaje de Consumo que se reduce por Uso Eficiente del Agua en Mz con selección aleatoria	M3/mes	Disminución del Consumo por efecto campaña en medios comunicación
EFFO	Porcentaje de Consumo que se reduce por Uso Eficiente del Agua en Mz con selección focalizada	M3/mes	Disminución del Consumo por efecto campaña focalizada.
PPSE	Promedio de Precipitaciones por Semestre en la Localidad	Mm /Semestre	Disponibilidad de Agua por Precipitaciones en la localidad
COLT	Consumo de agua de Lluvia Teórico	M3/ Semestre x Mz	Consumo de Agua de Lluvia en virtud de los m2 de captación disponibles.

Tabla 4. Variables intervinientes en estrategias de eficiencia y diversificación.

Fuente: Elaboración Propia

Variables implicadas
COLT Disponibilidad de agua de Lluvia Teórica
PPSE Promedio de Precipitaciones por Semestre en la Localidad
SCMA Promedio de Superficie Cubierta construida en cada Parcela por Manzana, dividido mil
ISEF Selección de un porcentaje de Manzanas en forma focalizada para complementar consumo con Agua de Lluvia (si=1;no=0)
Dimensiones
NMAN Numero de manzanas (473)
PPSE: 2
Ecuación que define a COLT
$COLT(i1) = PPSE(1) * SCMA(i1) * ISEF(i1) / 1000$

Siguiendo la lógica de “gestionar el agua allí donde se encuentre”, una variable nada desdeñable, como ya se presentó más arriba es la de la laminación de agua de lluvia a partir de las cubiertas de las viviendas. COLT expresa la incorporación de dicha fuente a la hora de equilibrar la demanda. La estrategia prevista en el modelo es la de seleccionar sectores con manzanas donde pudiesen estar en situaciones de déficit. Allí aparece la variable ISEF que representa la decisión de incorporar las manzanas indicadas a una estrategia de diversificación de las fuentes de agua de lluvia.

Aclaración: la formula indica división por 1000 a los efectos de llevar a la misma unidad de medida que CAGU M3/MES. Pero, en la práctica, como SCMA fue dividida por mil por motivos del análisis multivariante en REGINT (para que el programa opere con todas las cifras unificadas menores a 1), se suprimirá dicha división por 1000 en el modelo.

Variables implicadas
EFCO Porcentaje de Consumo que se reduce por Uso Eficiente del Agua en campaña dirigida (valores de 0 a 100)
IFFO Selección de un porcentaje de Manzanas en forma focalizada para reducir el consumo por Uso Eficiente (si=1;no=0)
Dimensiones
NMAN Número de manzanas (473)
EFCO: 0
Ecuación que define a reducciones de consumo por EFCO
$AA = ACAG(i1) * EFCO * IFFO(i1) / 100$

ACAG expresa el consumo calculado para cada Manzana. EFCO es una variable que busca reproducir las modalidades de promoción focalizada de uso eficiente del agua. Al decir focalizada, se hace referencia a que dicho programa está especialmente dirigido a un conjunto de manzanas donde los de sostenibilidad muestran desequilibrios entre oferta y demanda que inclusive pueden tener efectos sobre una área territorial que los supera. EFCO expresa en porcentaje (0 a 100) la expectativa de éxito que dicha campaña puede alcanzar en cuanto a reducción del consumo (términos normales pueden rondar entre un 5 a un 15% de reducción del consumo). Por su parte, IFFO, expresa la selección de las manzanas que serán objeto de dicho programa.

Variables implicadas
EFCA Porcentaje de Consumo que se reduce como máximo por Uso Eficiente del Agua en campaña aleatoria (valores de 0 a 100)
RND: selección aleatoria de manzanas
Dimensiones
NMAN Número de manzanas (473)
EFCA: 0
Ecuación que define reducción de consumo por EFCA
$AB = ACAG(i1) * EFCA * RND / 100$

La misma lógica que se siguió precedentemente pero para programas de índole masiva, utilizando medios de comunicación social o grupal. Cuando se ejecutan este tipo de programas, no quedan determinadas específicamente las manzanas que finalmente adherirán a medidas de uso más eficiente del agua, por lo que la selección de las mismas es de carácter aleatorio.

Variables implicadas
CTMA consumo total por manzana y día promedio semestral
XNPA Número de parcelas por manzana
Dimensiones
NMAN Número de manzanas (473)
EFCA: 0
Ecuación que define a CTMA
$ctma(i1) = cagu(i1) * xnpa(i1) / 30$

Por último, CTMA, expresa la necesidad de contar con la información del consumo de agua en un formato que permitiese su incorporación al programa GISRED /EPANET. Como ya se indicó CAGU permite valorar el consumo tipo de un consumidor por manzana, medido en M³ / mes. Por lo tanto, es necesario multiplicar CAGU por el número de parcelas de cada manzana XNPA, para luego dividirlo por 30, de esta manera se obtiene como unidad de medida M³ / día. A los efectos de completar un proceso de incorporación a GISRED/ EPANET, habría que completar la asignación de

las manzanas que corresponden a los nudos de consumo de la red de abastecimiento de agua modelada.

7.3 SubSistema “Consumo de Agua” y la calidad del servicio de agua

Durante la presentación del SubSistema Acceso, en el capítulo 6 se pudo comprobar la relevancia que tenía la calidad del servicio, a partir del comportamiento de la variable objetivo PIEZ (Altura piezométrica de servicio de agua por red, en m.c.a), en la definición de las tipologías de instalaciones domiciliarias y por ende las posibilidades reales de mantenerse dentro del sistema de abastecimiento en consonancia con los objetivos de servicio que enuncian la sostenibilidad.

Por lo tanto, una importante línea de trabajo constituyó la construcción de otro subsistema, el de la red de abastecimiento, dentro de un entorno altamente confiable como es el que ofrece el programa EPANET. Ahora bien, dado el enfoque geográfico de la información que el conjunto del modelo maneja, y los formatos de información de salida con que se trabajó el modelo hasta este punto, se optó, como ya se presentó en el Capítulo 4, la aplicación GISRED, que permite trabajar EPANET dentro del entorno ARCVIEW GIS.

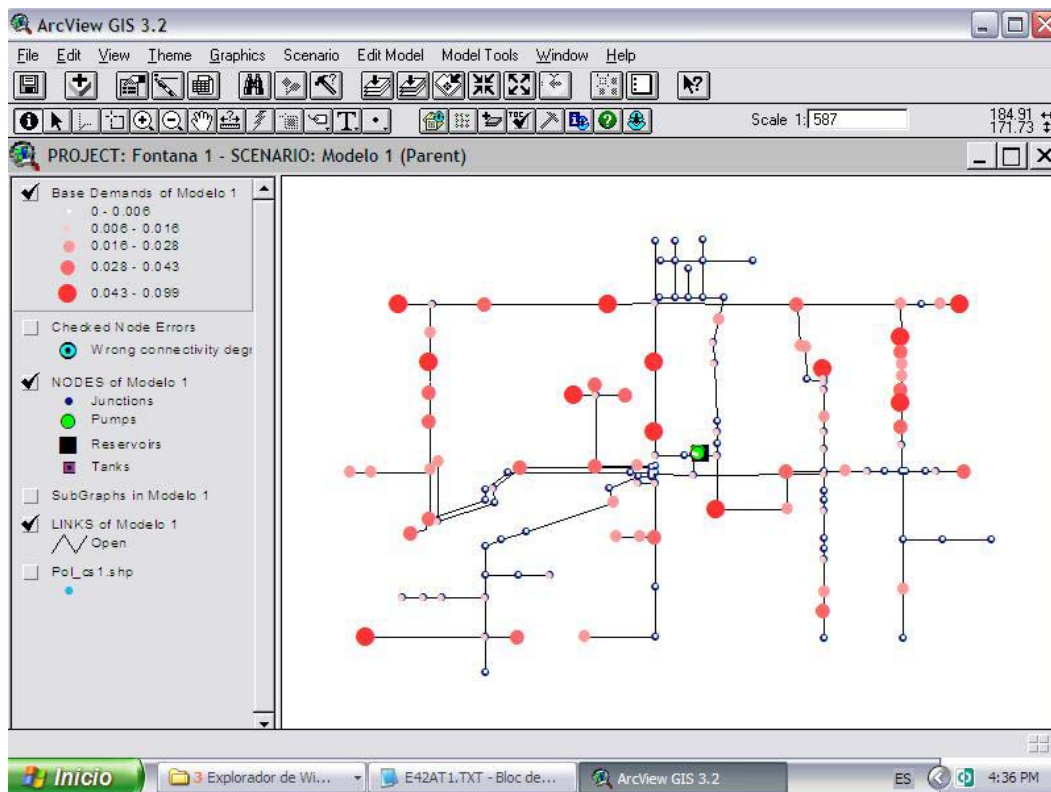


Figura 3. Red de Abastecimiento de Fontana dentro del entorno GIS RED
Fuente: Elaboración Propia

El esquema presentado muestra el máximo grado de avance alcanzado para este SubSistema. Si bien no se alcanzó un nivel de datos numéricos la estructura lógica de entradas y salidas está correctamente planteada.

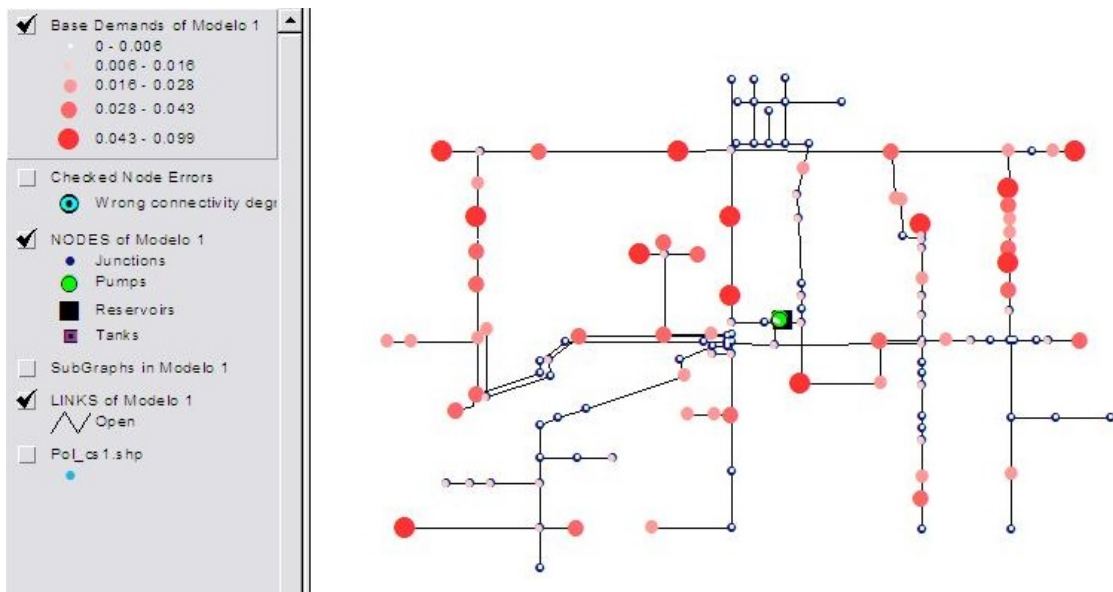


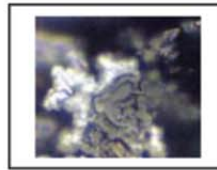
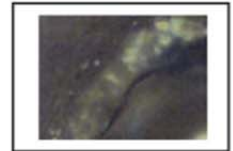
Figura 4. Detalle de la Red estructural de abastecimiento de agua de Fontana
Fuente: Elaboración Propia

Puede destacarse en el gráfico, un tramo central medio, horizontal, que es el que permite la “importación” en alta de agua del sistema de abastecimiento de la Ciudad de Resistencia. Dicho flujo es impulsado por un sistema de bombeo al reservorio central de agua de Fontana (ver fotografías presentadas en la descripción del Municipio, Capítulo 5) y de allí es distribuida por gravedad al aproximadamente 90% del término municipal. Cada punto color rosado presenta la demanda de agua al sistema. Las cifras que aparecen allí son solo simbólicas y no expresan los resultados aportados por el modelo.

El objetivo que se persigue a futuro es completar el siguiente circuito de integración de información:

- 1) CTMA, ingresa información de los Consumos x Manzana en Vol. de agua / tiempo. El Modelo tal cual fue presentado la calcula en M3/mes por manzana.
- 2) Se asigna los consumos de las manzanas a los nudos correspondientes de la red.
- 3) Se ejecuta el Modelo de la Red de Abastecimiento dentro del entorno GISRED/EPANET, obteniéndose como variable objetivo la altura piezométrica de servicio en los nudos, medida en m.c.a
- 4) Se asigna el resultado de los nudos a cada manzana correspondiente, constituyendo dicha información en la variable PIEZ del SubSistema Acceso, un vector de 473 celdas, una por cada manzana.

Por último, solo resta aclarar que los detalles de los dos archivos básicos para la generación del simulador, denominados LCAGU (Listado de Variables) y GCAGU (pre-programación con variables y las ecuaciones de interrelación) pueden verse en el Anexo 5.



Capítulo 8

CONCLUSIONES Y DESARROLLOS A FUTURO



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

8. Conclusiones y Desarrollos a futuro

La construcción de este Modelo de Simulación de la Sostenibilidad del Ciclo Urbano del Agua, arroja un conjunto de aspectos como conclusión que será importante un esfuerzo de clasificación para poder llegar enhebrarlo lógicamente y así poder contribuir a dar un cierre apropiado al conjunto. Es importante aquí recordar la profesión de grado del autor, puesto que sin dudas la visión del con junto pondrá su énfasis en los aspectos urbanos del producto obtenido.

8.1 En referencia directa a los objetivos

La amplitud del tema, como ya se presentó en un principio resultó “prima facies” un aspecto que conspiró en alcanzar una alto nivel de definición en los dos principales “tramos” del denominado CUA. Sin dudas ha sido un límite. Uno puede preguntarse entonces ¿fue un error mantener la amplitud del tema?. Y la respuesta es no. Los capítulos centrales han logrado presentar:

- Las relaciones paramétricas existentes entre el entorno físico/ambiental y el conjunto de soporte urbano y entorno construido de las UCE, tanto en ingreso de agua de consumo como en la adecuada disposición final de las aguas residuales. Los objetivos de preservación que hacen a la sostenibilidad del CUA imponen

en términos específicos, condiciones adecuadamente planteadas en el trabajo, y que incidirán en las posibilidades reales de alcanzar objetivos de servicio.

- Dichos objetivos de servicio, expresados a una escala urbana adecuada, también quedaron definidos dentro de un conjunto de variables que indican por una parte tipos de instalaciones convenientes para un acceso al sistema y por otro las condiciones de servicio según rangos establecidos basados en una lectura de la evidencia aportada por el registro de la realidad del municipio de referencia. Este planteo, más desarrollado en el SubSistema Acceso para el abastecimiento de agua, puede servir de guía para aplicarlo también al de saneamiento.
- El conjunto de SubSistemas complementarios “Demográfico” e “Ingresos”, permiten presentar coherentemente condiciones que garantizan al conjunto del Modelo una visión dinámica de las principales variables objetivos que hacen a la sostenibilidad tanto a nivel de objetivos de servicio como los de preservación. Vale la pena volver a destacar la asociación planteada entre la dinámica poblacional y su envolvente habitacional, llave de entrada tecnológica al agua y al saneamiento.
- A un nivel de resultados superior, el “corazón del modelo”, la generación de la demanda de agua, en este caso a nivel residencial, remite a los aspectos salientes ya presentados respecto a la lectura de las ecuaciones que conforman el SubSistema “Consumo de Agua”. Aquí es importante recalcar el aporte significativo en cuanto a la relación espacial entre formas de entender el consumo de agua, lo que se denominan comúnmente hábitos de consumo y su ubicación geográfica dentro del término municipal. Existen en los resultados obtenidos en la composición de las ecuaciones, datos de la realidad que fundamentan desde la Ciencia y la Técnica, ejes de trabajo en pos del equilibrio entre oferta y demanda desde la compleja gestión de esta última. Inclusive, ya a un plan de políticas a nivel superior, vale el dato de la realidad para alertar a cerca del impacto sobre el medioambiente que tienen las políticas económicas basadas en el consumo interno. Evidentemente un efecto indeseable es el impacto que tienen sobre los hábitos de la población y su escasa o nula contribución a contribuir con el sostenibilidad ambiental.
- Algo que ha sido rector y contribución particular de este trabajo al conocimiento, ha sido la particularidad de desarrollar un modelo que permita incorporar la heterogeneidad aportada por las condiciones de servicio, habitacionales, urbanas, sociales, económicas y ambientales de los asentamientos humanos de regiones en vías de desarrollo. Este es un punto donde se ha hecho hincapié en buena parte de los capítulos, y que sin dudas se ver reflejada en todo el modelo.

8.2 En referencia al Modelo en su conjunto

El marco teórico puso un acento relevante al hecho de que un modelo debería contribuir al diálogo y la participación de las personas en cuanto a actores activos de su propio desarrollo, sea la esfera que fuese a la que pertenecen.

Este modelo, en si mismo, tiene aun una gran camino para alcanzar un nivel de herramienta confiable y utilizable en instancias de toma de decisión local. Puede decirse que el enunciado precedente en una aspiración aun lejana.

Pero existen dos evidencias perceptibles a lo largo de estos años de trabajo en esta tesis doctoral: una alcanzada durante la ejecución del presente plan de trabajo y otra que proviene de la actuación del autor en el CEGELAH, el centro de I+D del cual es Director en la provincia argentina de Entre Ríos.

- Primera evidencia: la información sobre el sector adolece de graves “males”, no todos presentes en forma simultánea: es desactualizada, discontinua y atomizada.
- Segunda evidencia: la toma de decisiones locales en este campo, según el tema y la magnitud, no se suele tomar al nivel del gobierno local y los principales actores intervinientes en el sector y además, suele estar distanciada o inclusive a espaldas de la evidencia técnico-científica y de la intervención directa de los principales actores sociales implicados

Cabe entonces la pregunta: ¿es viable o conveniente desarrollar modelos que son altamente “consumidores de información” para sectores sociales vulnerables, donde muchas veces los sistemas de toma de decisiones actuales no incorporan los aportes de técnico-científicos para su ejecución?. No hay obviamente una respuesta única.

Siempre se espera que un trabajo de desarrollo, cumpla no solo las primordiales exigencias de confiabilidad y exactitud en los objetivos que persigue, sino también, que se incorpore a procesos para los cuales fue diseñado. En el caso de este trabajo, se presentaron fundamentos para entender que el proceso de incorporación del modelo a la toma de decisiones locales para la búsqueda de estrategias consensuadas para la sostenibilidad del CUA, no solo constituía un objetivo deseable sino un factor incorporado desde el momento mismo del diseño del modelo. En este aspecto elección de la metodología para el diseño de modelos de simulación desde la Teoría General de Sistemas presentada y ejecutada brinda una flexibilidad muy alta para la incorporación de interrelaciones entre variables expresadas con formulaciones lógicas, lo que ha permitido representar situaciones a partir de observaciones directas y evidencia de información de alcance limitado. Además la selección de variables y la incorporación de funcionalidades (como por ejemplo la últimas explicadas en el SubSistema “Consumo de Agua”), muestran un claro interés en que los decisores locales puedan obtener resultados que responden a lógicas vigentes de actuación en el sector.

Pero, más allá de estos primeros rasgos concretos que aparecen con este Modelo, hay que reconocer que el campo de aplicación de modelos de simulación en la toma de decisiones del sector urbano del agua y el saneamiento en regiones en vías de desarrollo es, según desde donde se lo mire, un páramo o un campo casi infinito de oportunidades.

Para que no quede este punto que se juzgó como fundamental en este campo, valga la mención de algunas acciones concretas que han tenido de actores en estos últimos ocho años al autor y sus directores y que muestran que se ha hecho una opción por la segunda mirada. El enunciado puntual puede contrastarse con lo expresado en el CV del autor:

- Fundación del CEGELAH/FCYT, como centro de I+D especializado en los instrumentos que faciliten la toma de decisiones locales para la sostenibilidad del Ciclo Urbano del Agua. Se está trabajando sobre diversos ejes y niveles con siete municipios de la Provincia de Entre Ríos (Argentina).
- Se ejecutaron cursos de posgrado sobre Modelos de Simulación según la TGS con profesionales ligados a los abastecimientos de agua a nivel municipal de Entre Ríos. Existe inclusive una publicación on line donde junto con los principales ejes del trabajo de cooperación técnica, figuran los resultados de las aplicaciones desarrolladas por los participantes.
- Se Formuló una red de centros de investigación y empresas de Latinoamérica financiada por el organismo internacional CYTED para la cooperación y transferencia tecnológica con abastecimientos de agua de diversas escalas que se ejecutó a lo largo de cuatro años. Cuando dicha reunión tuvo como sede a Paraná (ER-Argentina) se puso especial énfasis en presentar las demandas de cooperación técnica de unos veinte servicios de agua y saneamiento participantes de Entre Ríos y se diseñaron documentos para la identificación de Proyectos de I+D y Cooperación técnica que busque canalizar dichas demandas.
- Se trabajo con el Instituto Nacional del Agua de Argentina y avanzar en Talleres de transferencia tecnológica cuyo centro ha sido la sostenibilidad del Ciclo Urbano/rural del agua.

Se pueden seguir con varios ejemplos más. Queda suficientemente claro que el enunciado de estos puntos no constituye la investigación en sí misma. Pero sí que es necesario comprender que el sentido de trabajos como el que ocupa a esta tesis doctoral, depende y mucho de la creación de condiciones de acercamiento entre científicos y tecnólogos y los actores implicados en los servicios de agua y saneamiento, cooperativas o servicios públicos municipales. No solo a partir de una mera relación Investigador – Objeto de estudio, sino también en una iteración virtuosa que incluyan la transferencia tecnológica y la innovación, dentro de procesos experimentales de toma de decisiones.

En este campo específico existen dos ejes que deben ir de la mano para que los modelos puedan ser mucho más que aplicaciones compiladas en bibliotecas o reservorios web accesibles e interesantes para profesionales altamente calificados. :

- La necesidad de contar con acciones tendientes a desarrollar sistemas de información local que permitan disponer en forma confiable, actualizada y centralizada de información del conjunto de variables que, especialmente en este caso, estén vinculadas a la sostenibilidad del Ciclo Urbano del Agua.
- Que el modelo en su versión 1.0 incorpore desde el principio una “interface amigable”. Pero al decir “amigable” se está poniendo especialmente énfasis en quienes tienen intervención el Ciclo Urbano del Agua en regiones en vías de desarrollo y pequeños y medianos municipios. Se está hablando de recursos humanos, donde sobra la idoneidad, la experiencia y el deseo sincero de mejorar las prestaciones... pero escasea la formación profesional. Existen pocos profesionales implicados y desde el punto de vista informático, no superan un rudimentario nivel de usuarios elementales.

En el CV del autor podrá verificarse que ambos puntos han sido objeto de proyectos de I+D del CEGELAH/FCYT.

Sin dudas la respuesta más fácil hubiese sido pensar en modelos de simulación dirigidos a empresas que trabajan en las grandes urbes, donde un modelo encuentra ya estructurado su entorno operativo, pero esa decisión ya con fundamentos éticos (que se cree fueron expresados adecuadamente en el marco teórico), no es la asumida por el autor.

8.3 Desarrollos a futuro del Modelo presentado

En los capítulos 6 y 7 ya se hizo mención de varios aspectos que deben ser desarrollados para que el Modelo de simulación de la sostenibilidad del CUA pueda comenzar a arrojar información para la construcción de una prospectiva del comportamiento del Ciclo en cuanto a sus sostenibilidad, la construcción de escenarios y el diseño de estrategias.

8.3.1 Acciones de completamiento

1) El denominado “Tramo de Saneamiento” del CUA, debe ser completado según el proceso metodológico ya presentado y aplicado: Construcción de un Diagrama de Flujo que interprete el modelo conceptual presentado en el capítulo 6 para dicho tramo, enunciado de variables, pre-programación con el planteo de interrelaciones. Generación del modelo “Saneamiento”

2) Completamiento del proceso de introducción de información (Carga del fichero de Datos) en los Modelos “Saneamiento”, “Acceso”, “Demográfico” e “Ingresos”. Simulación independiente de cada subsistema. Búsqueda y solución de incongruencias. Cálculo de resultados y determinación del error estadístico de estos en comparación con los datos de registro, según cada “variable objetivo”. Existen aspectos específicos previos que sería importante considerar como por ejemplo en referencia al Subsistema

“Ingresos”, la posibilidad de contar con una diferenciación de los ingresos por rama económica, puesto que cada actividad tiene su propia dinámica en el comportamiento del salario. Otro aspecto que ya se mencionó es el del abanico de subsidios que han avanzado en Argentina, y pueden significar para los sectores más vulnerables un aporte muy significativo en sus economías domésticas.

3) Completamiento de información basada en los resultados que arroja el SubSistema “Consumo de Agua” con la conformación de los nudos de consumo y resultados que arroja el SubSistema “Red de Abastecimiento de agua” dentro del entorno GISRED/EPANET. Utilización de los resultados obtenidos en Altura piezométrica en los nudos para reintroducirlos en el SubSistema “Acceso” como variable PIEZ a nivel de manzana.

8.3.2 Acciones de verificación y utilización del Modelo

Según lo planteado en los pasos metodológicos, es necesaria la validación del modelo. Dada su complejidad, sería conveniente realizarla en cada SubSistema en forma independiente. Según la variable objetivo de cada una, se buscará información histórica de cada una, conformando series que permitiesen comparar los resultados obtenidos según series temporales establecidas con los registrados. El proceso como ya se explicó es iterativo, pues implicarán necesarios ajustes dentro de cada subsistema para alcanzar niveles aceptables de error. Con respecto a esto último, ya se mencionó oportunamente la línea de trabajo a futuro dentro del SubSistema “Consumo de Agua”, donde se proponía avanzar en una sectorización del término municipal en función del concepto “Áreas homogéneas de consumo”, donde se consuma el agua en virtud de la convergencia de variables que explican de la misma forma la variabilidad del consumo. Esto permitirá obtener coeficientes de determinación más robustos, sin necesidad de modelizar “ruido” para obtener niveles aceptables. Esto incidirá directamente en la reducción de los márgenes de error en cuanto a la demanda, con implicancias directas sobre el SubSistema Acceso.

Una vez validado cada subsistema, pueden ser sometidos, también en forma independiente, a la construcción de escenarios, planteando condiciones de entorno de las variables de entrada y operando sobre variables auxiliares para verificar los resultados en las variables objetivos. En esta etapa, también surgen iterativamente situaciones de ajustes del diseño del Modelo.

8.4 Desarrollos a futuro: Implicancias del diseño de Modelos en el entorno municipal

Como ya se lo mencionó más arriba, la utilización de modelos de simulación en el entorno municipal de regiones en vías de desarrollo exigen ser acompañados para un grado de “usabilidad” autónoma desarrollos respecto a los “inputs” y los “outputs”

En referencia a los “inputs” del modelo, es necesario que a diversos niveles y actores sociales, públicos e inclusive privados, se conforme un sistema de información local (escala urbana) y progresivamente regional (nivel de cuenca de captación y emisión) que permita contar con información de las variables identificadas en el modelo que sean confiables, actualizadas y centralizadas.

Con respecto a los “outputs” del modelo, hay que avanzar en el desarrollo de una interface amigable, que permita una rápida e intuitiva familiarización de los actores reales del CUA con el modelo, su actualización, la generación de informes, la incorporación de escenarios y estrategias que permitan su utilización en virtud de los procesos de toma de decisiones locales del sector.

Otro aspecto de desarrollo a futuro proviene de la estructura propia del Modelo: la necesidad de realizar un adecuado ensamble de cada parte presentada, inclusive aquellas que asocian al Modelo de Simulación con sus diversos SubSistemas con el realizado dentro del Entorno GISRED/EPANET.

Un desarrollo de carácter multidisciplinario, es la construcción de autonomía en los procesos de planificación local. Existe a nivel de asentamientos humanos pequeños y medianos de la región una limitada capacidad política y técnica para una toma de decisiones tendientes a la sostenibilidad del CUA basadas en evidencia. Los lineamientos que comienzan a presentarse respecto a políticas adaptativas al cambio climático hacen hincapié en este punto de la autonomía local. En América Latina existe una amplia trayectoria en el campo del hábitat popular de planificación participativa inter-actoral, tanto a nivel comunitario como urbano. Este “background” puede servir para abordar la temática de la planificación del agua y el saneamiento donde interactúen los actores sociales en pos de alcanzar consensos y altos niveles de compromiso y continuidad en el diseño y aplicación de políticas que busquen la sostenibilidad del CUA. El modelo puede constituir un formidable soporte para la construcción de un lenguaje común para que dichos esfuerzos participativos, cuenten también con un soporte operativo tanto para la toma de decisiones como para el monitoreo del comportamiento del CUA a lo largo del tiempo. Experiencias como la documentada en el capítulo 3 de la cooperación para el desarrollo de Alemania en la ciudad de Lima, marcan un auspicioso camino.

Mario Alejandro Nudelman

Paraná, Entre Ríos, Argentina – Diciembre del 2015

Bibliografía

Administración Provincial del Agua (APA). “Red de Telemedición de la Cuenca Baja del Río Negro”. Gobierno de la Provincia del Chaco. (on line). Extraída en octubre del 2015. Accesible en :

<http://www.rosario.gov.ar/ArchivosWeb/pluvial/chaco.pdf> . 2008

Administración Provincial del Agua (APA). Gobierno de la Provincia del Chaco. “Estudio comparativo de calidad de agua en el Río Negro, entre dos puntos de muestreo”. Documento de trabajo. Resistencia, Chaco. 2004

Ahlman, S., Sieker, H. y Svensson, G. "A modelling tool for simulation of sources and fluxes in wastewater systems: focus on stormwater source control. 10º International Conference on Urban Drainage, Copenhagen, Dinamarca. 2005

Altaf, Anjum , Aarón, Jamal y Whittington, Dale. “Willingness to pay for water in rural Punjab, Pakistan” . Water and Sanitation Report N° 4. United Nations Development Program / World Bank, Water an Sanitation Program. Washington, Estados Unidos de América. 1992

Apps, M.J., “Bosques, el ciclo mundial del carbono y el cambio climático”. Recursos Naturales del Canadá, Servicio Forestal del Canadá, Pacific Forestry Center, 506. West Burnside Road, Victoria, BC, V8Z 1M5, Canada, 2003 <http://www.fao.org/docrep/article/wfc/xii/ms14s.htm>. Extracción realizada en febrero del 2015.

Aquatool Software. Manuales para Usuarios. (on line) Extraído en julio 2015. Accesible en: http://www.upv.es/aquatool/es/manuales_es.html. 2015

Arc Gis. Desk Top "IDW - Spatial Analyst" (on line) Extraído en septiembre del 2015. Accesible en: <http://help.arcgis.com/es/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#/009z00> 2015

Arnold, M, Osorio, F. "Introducción a los conceptos básicos de la teoría general de sistemas". Cinta moebio 3: 40-49. (on line) Extraído en noviembre 2013. Accesible en: www.moebio.uchile.cl/03/frprinci.htm. 1998

Arnoletto, Eduardo. “Glosario de conceptos políticos usuales” http://institutopuiggros.com.ar/docs/doc-polit/04_Glosario.pdf. Extraído junio 2015

Assimacopoulos, D. "The WaterStrategyMan decision support system" (on line) Extraído en julio del 2015. Accesible en: <http://environ.chemeng.ntua.gr/wsm/Default.aspx?t=74> . 2004

Banco Mundial. “Desarrollo adaptado al cambio climático - Resumen”, 2014 <http://ep00.epimg.net/descargables/2014/06/25/e2abf409dc236ff67051ae66c9e9512f.pdf> Extracción realizada en mayo del 2015

Barraqué, Bernard. “La Sostenibilidad de las empresas de agua: aplicaciones al caso español de los indicadores de Eurowater”. Artículo compilado por Estevan y Viñuales en su libro “La Eficiencia del Agua en las Ciudades”. Bakeaz y Fundación Ecología y Desarrollo. Zaragoza, España. 2000

Bartolín, Hugo y Alzamora, Fernando. "GIS.RED v1.0. Extensión de ARCVIEW 3.2 para la confección de modelos de redes de distribución de agua”. Manual del Usuario. Grupo de Redes Hidráulica y Sistemas de Presión. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España. 2004

Bender, m. y Simonovic . “Consensus as the measure of sustainability”. Artículo publicado en la Revista “Hydrological Sciences-Journal” nº 42 del mes de Agosto, Pgs. 549 a 564. Wallingford, Oxfordshire, Reino Unido. 1997

Black, Maggie . “En busca de lo que da Resultado: Una mirada retrospectiva del PNUD y el Banco Mundial en proyectos de agua y saneamiento, 1978 – 98” . Programa Conjunto para el Agua y el Saneamiento. PNUD-Banco Mundial – Documento disponible en Internet en formato PDF , en la página web: http://www.wsp.org/pdfs/global_lww_sp.pdf. 1998

Buckley, W. "La Sociología y la Teoría Moderna de los Sistemas". Editorial Amorrortu. Buenos Aires, Argentina. 1973

Cabrera, Enrique. "Agua y Sostenibilidad". Artículo publicado en el Diario "Levante, el mercantil Valenciano". Miércoles, 9 de octubre del 2002. Valencia, España

Carr, Nicholas. "Superficiales ¿Qué está haciendo Internet con nuestras mentes? – Editorial Taurus, Pensamiento – Ciudad de Montevideo, Uruguay. 2010

Caselles, A. Modelización y simulación de sistemas complejos. Editorial Universitat de València. Valencia, España. 2008

Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera (CIMA) para la Secretaría de Medioambiente de la Nación Argentina, "Cambio climático en Argentina, tendencias y proyecciones", 2015. <http://www.ambiente.gov.ar/?idarticulo=13291> Extraído en junio del 2015

Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria (CEPIS) "Salud, Ambiente y Desarrollo sustentable". Repindex N° 68 "Introducción". Disponible en Formato HTML en la siguiente dirección web: www.cepis.ops-oms.org en la sección "Repindex", apartado "Repindex" N° 68. 1996.

Chocat, Bernard. "Gestión Sostenible del Agua en las Ciudades". Ponencia presentada en el Seminario "Los Retos de la Política del Agua en el Siglo XXI", organizada por el Instituto Tecnológico del Agua de la Universidad Politécnica de Valencia y la Universidad Internacional "Menéndez Pelayo". Valencia (España) 2002.

Comisión mundial sobre el medioambiente y el desarrollo de las Naciones Unidas. "Nuestro Futuro Común" (Informe Brundtland). Alianza Editora, Madrid, España . 1987

Conferencia de las Naciones Unidas sobre el medio ambiente y el desarrollo. "Programa 21" (Agenda 21) Capítulo 18 "Protección de la calidad y el suministro de los recursos de agua dulce: aplicación de criterios integrados para el aprovechamiento, ordenación y uso de los recursos de agua dulce". Disponible en formato HTML, en la dirección web: <http://www.un.org/esa/sustdev/agenda21sp/capitulo18.htm> 1992

Conferencia internacional sobre agua dulce. "El Agua, una de las claves del Desarrollo Sostenible", Preparatoria a la Cumbre de Johannesburgo sobre Medioambiente y Desarrollo Sostenible. Recomendaciones de Acción. Bonn, Alemania. Documento disponible en Formato PDF en la dirección web: http://www.water2001.de/outcome/BonnRecommendations/Bonn_Recommendations_sp.pdf2001 2001

Conferencia panamericana sobre salud y ambiente en el desarrollo humano sostenible. “Salud y Ambiente en el desarrollo humano sostenible de las Américas”. Organización Panamericana de la Salud / Organización Mundial de la Salud. Washington (Estados Unidos de América). Repindex N° 68 “Introducción”. Disponible en Formato HTML en la siguiente dirección web: www.cepis.ops-oms.org en la sección “Repidisca”, apartado “Repindex” N° 68. 1995

Cooperativa de Servicios de Agua y Saneamiento de Fontana. “Registros históricos de consumos de agua a nivel de usuarios”. Formato digital. Fontana, Chaco, Argentina. 2003
Cresswell, D. Piantadosi, j., Rosenberg, K. "Watercress User Manual" (on line) extraído en octubre del 2009. Accesible en <http://www.waterselect.com.au/>

Cunha Marques, R. y Van Leeuwen. "Current state of sustainability of urban water cycle services. Towards a baseline assessment of the sustainability of urban water cycle services". Center for Management Studies, Technical University of Lisbon y KWR Watercycle Research Institute. (on line) Extraído en noviembre 2015. Accesible en: https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/35724/Current_State_of_Sustainability_of_Urban_Water_Cycle_Services.pdf?sequence=1. 2012

De Mello, Anthony. “Autoliberación Interior”. Editorial Lumen – Edición de Bolsillo. Buenos Aires, Argentina. 1999

Dourojeanni, Axel y Jouravlev, Andrei. “Crisis de gobernabilidad en la gestión del agua”. CEPAL / ONU, 2011 <http://www.cepal.org/es/publicaciones/6395-crisis-de-gobernabilidad-en-la-gestion-del-agua-desafios-que-enfrenta-la>. Extraído en Diciembre del 2014

Dussel, Enrique. ”Filosofía de la producción” – Editorial Nueva América – Bogotá, Colombia. 1984

Emoto, Masaru. “El Agua, espejo de las palabras”. Editorial Sirio. Buenos Aires, Argentina. 2008

EU LIFE Programme. Project Background (on line) Extraído julio 2010. Accesible en: <http://www.smurf-project.info/background.html>. 2010

Ewater. (on line) Enterprise Environment Education. Extraído noviembre del 2009. Accesible en: <http://www.ewatercrc.com.au/> 2009

Francisco. "Laudato Si". Carta Encíclica del Santo Padre Francisco sobre el cuidado de la casa común. Editorial San Pablo. Buenos Aires, Argentina. 2015

Fromm, Erik. “ La revolución de la esperanza, hacia una tecnología humanizada “ – 15°Reinpresión, Editorial : Fondo de Cultura Económica - Ciudad de México, México. 2010

Giupponi, C., Mysiak, J., Fassio, C., Cogan, V. "Mulino-DSS: a computer tool for sustainable use of water resources at the catchment scale". *Mathematics and Computers in Simulation* 64. 13–24. 2004

Gleick, Peter. "The Changing Water Paradigm a Look at Twenty-first Century Water Resources Development". Artículo publicado en la "International Water Resources Association", N° 1, Volumen 25, pags. 127-138. 2000

Hamilton, Clive. "Réquiem para una especie. Cambio climático: porque nos resistimos a la verdad". Colección Claves del Siglo XXI. Editorial Capital Intelectual – Ciudad de Buenos Aires, Argentina. 2010

Hantke-Domas, Michael. y Jouravlev, Andrei. "Lineamientos de Políticas Públicas para la Gestión del Agua y el Saneamiento" CEPAL (Comisión Económica para América Latina) ONU. Santiago de Chile, Chile. 2011. http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/3863/S2011000_es.pdf?sequence=1.
Extraído en julio del 2015

Hardy et. al., "Integrated Urban Water Cycle Management: Redefining the Boundaries". 28° International Hydrology and Water Resources Symposium. 2003

Helmer, Richard y Hespagnol, Ivanildo. "Control de la Contaminación del Agua". Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente – Organización Panamericana de la Salud. Lima (Perú). 1999

Herrera, M., Pérez García, R., Nudelman, M., Izquierdo, J., Sánchez, M. "Caracterización de la demanda urbana de agua para la mejora en el abastecimiento del municipio de Fontana (Argentina)". VII SEREA - Seminario Iberoamericano sobre Planificación, Proyecto y Operación de Sistemas de Abastecimiento de Agua. Morelia, México. 18 -21 - 06. 2007.

Herzer, Hilda et. al. "Informe Final IAI: Gestión de riesgos de desastres" ENSO - EN AMÉRICA LATINA, Capítulo III: Análisis Regional Cuenca del Río Paraná, y otros. Centro de Estudios Ambientales, 2004. <http://www.cambioglobal.org/enso/informes/anho4/Argentina/Cap%203%20CUENCA%20DEL%20PARANA.pdf>. Extraído en junio del 2015

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) - México <http://cambioclimatico.inecc.gob.mx/pregfrecuentes.html>. Extracción realizada en noviembre del 2014

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). "Cambio Climático 2014. Informe de Síntesis para Responsables de Políticas". 2014 a https://www.ipcc.ch/news_and_events/docs/ar5/ar5_syr_headlines_es.pdf. Extraído en mayo del 2015

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), "Cambio climático 2014: Impactos, Adaptación, Vulnerabilidad". 2014b

https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg2/ar5_wgII_spm_es.pdf. Extraído en diciembre del 2015

Investigación y Ciencia, Revista. Versión impresa. Edición española de "Scientific American" Tema 24 "Agua". Editorial Prensa Científica, Barcelona, España. 2001

Jakeman, A., Letcher, R. Norton, J. "Ten iterative steps in development and evaluation environmental models". Environmental Modelling and Software 21 (5): 602 - 614. 2006

Jeppson, U., Baky, A., Hellstrom, D., Jonsson, H. y Karman, E. "The URWARE wastewater treatment plant models". Urban Water Report 2005: 5, Urban Water, Chalmers University of Technology, Goteburg, Suecia. 2005

Jia Y. , Ni G. , Yoshitani, J., Kawahara, Y. y Kinouchi, T. "Coupling simulation of water and energy budgets and analysis of Urban Development impact". Journal of Hydrologic Engineerin7 (4): 302-311. 2002

Larios Martón, José., "Calentamiento global, Al borde del Límite". Instituto de Estudios Transnacionales (INET) . Córdoba, España. 2008.

<https://descubrelaenergia.fundaciondescubre.es/files/2013/07/calentamientoglobal.pdf>.

Extracción realizada en diciembre del 2014

Last, Ewan. "City Water Balance: a new scoping tool for integrated urban water management options". A thesis submeeted to the University of Birmingham for the degree of Doctor of Philosophy. School of Geography, Earth and Environmental Sciences. University of Birmingham. Birmingham, United Kingdom. 2010

Lyon Dahl, Arthur. "Nuestro Planeta" . Capítulo 8 "Medir lo Inconmensurable". Disponible en Formato HTML en la siguiente dirección web: www.cepis.ops-oms.org en la sección "Repindex", apartado "Repindex" N° 68. 1996.

Maheepala, S., Leighton, B. Mirza, F. Rahilly, M. y Rahman, J. "HydroPlanner - a linked modelling system for water quantity and quality simulation of total water cycle". MODSIM 2005. International Congress on Modelling and Simulation, 12-15. Diciembre 2005. Australia. 2005

Makropoulos, C., Natsis, K., Liu, S., Mittas, K. y Butler, D. "Decision support for sustainable option selection in integrated urban management". Environmental Modelling and Software. 23: 1148-1460. 2008

Makropoulos, C., Natsis, K., Liu, S., Mittas, K. y Butler, D. "Decision support for sustainable option selection in integrated urban management". Environmental Modelling and Software. 23: 1148-1460. 2008

Martín, Miguel . Apuntes de Clases “Calidad de Agua”. Carrera Ingeniera Hidráulica y Medioambiente. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España. 2000

Mathworks Inc. "Simulink- Simulation an Model-Based Design" (on line) Extraído en Noviembre del 2014. Accesible en <http://www.mathworks.com/products/simulink>. 2007

Meadows, Donella; Randers, Jorgen; Meadows, Dennis. “Los límites del crecimiento” – Edición 2012. Editorial : Aguilar, Altea, Alfaguara, Taurus “Pensamientos” - Ciudad de Buenos Aires, Argentina. 2012

MetOffice. “Mapa del Calentamiento Global” es: <http://www.metoffice.gov.uk/climate-change/guide/effects/> Extracción realizada en Febrero del 2012

Mitchell, Bruce. “La Gestión de los Recursos y del Medioambiente” . Ediciones Mundi-Prensa, Madrid , España. 1999

Mitchell, V. y Diaper, C. "UVQ, User Manual". (on line) . Extraído en agosto del 2015. Accesible en: <http://www.clw.csiro.au/products/uvq/uvq-user-manual.pdf> . 2010

Mitchell, V., Mein, R. y McMahon, T. "Modelling the urban water cycle". Journal of Environmental Modelling an Software, 16, 615-629. 2001

Mokate, Karen Marie “Eficacia, Eficiencia Equidad y Sostenibilidad: ¿qué queremos decir?” . Documento de Trabajo I-24 del Instituto Interamericano de Desarrollo Social, del Banco Interamericano de Desarrollo . Disponible en Internet en formato PDF en la siguiente dirección web: <http://indes.iadb.org/verpub.asp?id=26> . 2001

Morin, Edgar. "Introducción al Pensamiento Complejo". Editorial Gedisa. Barcelona, España. 1998

Murguialday Clara. y otras. “Diccionario de Acción Humanitaria y Cooperación al Desarrollo”. 2014. http://www.dicc.hegoa.ehu.es/authors/entradas_by_author/6 . Extraído junio 2015.

National Geographic en español. Volumen 33. Nº 3. Septiembre 2013. Poster. Autores: Jason Treat y Mathew Twombly. Fuentes: Vrje Univesiteit Brussel; Richard S. Williams, Centro de Investigaciones Woods Hole, James Zachos, Universidad de California en Santa Cruz, Servicios Geológico de Estados Unidos. Versión Impresa. Buenos Aires, Argentina

Ortega Vázquez , Ariel Efrén Ecología EO.V. http://ecologiaeov.blogspot.com.ar/2009_03_22_archive.html. Extracción realizada en Abril del 2015.

Passell, H. Tidwell, V. y Webb, E. "Cooperative modelling: a tool for community based water management" Southest Hydrology:1 (4): 26. 2002

Pearce, David y Turner, Kerry. “Economía de los recursos naturales y del medio ambiente”. Colegio de Economistas de Madrid. Celeste Ediciones (España). 1995

Potsdam Institute for Climate Impact Research y Climate Analytics, "4°C BAJEMOS LA TEMPERATURA. Porqué se debe evitar un planeta 4°C más cálido" para el Banco Mundial. Volumen 2. 2012.

http://www.wds.worldbank.org/external/default/WDSContentServer/WDSP/IB/2013/06/13/000445729_20130613121114/Rendered/PDF/632190v20SPANI00heat0report0Spanish.pdf

Extracción realizada en noviembre del 2014

Potsdam Institute for Climate Impact Research y Climate Analytics, "4°C BAJEMOS LA TEMPERATURA. Cómo hacer frente a la nueva realidad climática. América Latina" para el Banco Mundial. Volumen. 2014. http://www-wds.worldbank.org/external/default/WDSContentServer/WDSP/IB/2015/03/10/00047043_20150310074021/Rendered/PDF/927040v30REVIS00Spanish0Inside0Text.pdf

Extracción realizada en noviembre del 2014

Raffault, Nancy, Otaño, Silvia, et.al. “Monitoreo del Río Negro. Informe Abril 2003”. Administración Provincial del Agua (APA). Gobierno de la Provincia del Chaco. 2003

Robleto, G. Schütze, M., Alex, J.: "Makromodellierung, ein Hilfsmittel zur Unterstützung des Wassermangements in einer Megastadt. VDI/VDE-DWA-Gemeinschaftstagung Mess- und Regelungstechnik in abwassertechnischen Anlagen, Wupertal, 17/18. 11. 2009

Rosnay, Joel de. “El Macroscopio, hacia una visión global”. AC. DL Editores. Madrid, España . 1977

Sanz García, María y Caselles Moncho, Antonio. "Módulo III. Herramientas y Métodos de la sistémica". Master en Gestión de la Complejidad y Ciencias de Sistemas. Universitat de Valencia. 2014

Saurral, R., “The hydrologic cycle of the La Plata basin in the wcrp-cmip3 multimodel dataset”. Journal of Hydrometeorology - American Meteorological Society, Volumen 11, 2010

Schmitt, T. y Huber, W. "The scope of integrated modelling-system boundaries, subsystems, scales and disciplines". 10º International Conference on Urban Drainage, 21-26. Copenague, Dinamarca

Thomas, Hernán. “De las tecnologías apropiadas a las tecnologías sociales conceptos / estrategias / diseños / acciones”.. Instituto de Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología. Universidad Nacional de Quilmes. http://inti.gob.ar/bicentenario/documentoslibro/pdf/anexo_4/jornadas_tecno_soc_hernan_thomas.pdf . 2010. Extraído en mayo del 2015

US Environmental Protection Agency (EPA)

<http://www.epa.gov/espanol/cambioclimatico/ciencia/causas.html#GreenhouseRole>

Extracción realizada en Abril del 2015

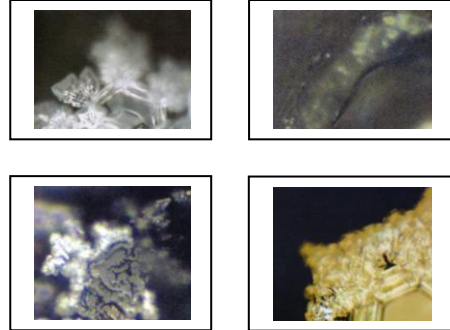
Von Bertalanffy, Ludwig. "Perspectivas en la teoría general de sistemas". Alianza Universidad . Madrid, España. 1992

Von Bertalanffy, L., Ross Ashby, W. , Weimberg, G., et.al.. "Tendencias en la teoría general de sistemas". Alianza Universidad . Madrid, España. 1987

Whittemore, R. y Beebe, J. "EPA's BASINS model: good science serindipitous modelling?". Journal of the American Water Resources Association: 36(3): 493 - 499. 2000

Yantoviski, E. "What is Exergy? (on line) Extraído en agosto 2010. Accesible en : <http://www.lcube.eu.com/relevant links/Exergy Builds/ WHAT IS EXERGY.pdf>. 2004

Yépez-Salmon, G. , Fillit, F., Salmon, N. "Environmental assessment of sustainable urban projects through NEST, a tool for urban planning actors". 4th European Conference on Energy Efficiency and Sustainability in Architecture and Planning. Donostia-San Sebastián, España. 2013



Anexo I

FORMULARIO PARA LA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN PRIMARIA



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Contenido:

- 1) Modelo de la Encuesta sobre el Ciclo Urbano del Agua ejecutada en Fontana

Dimensiones del lote:		x	Superficie del lote	
Dimens. Cubierta	<input type="text"/>	x	Superficie cubierta:	<input type="text"/>
	<input type="text"/>		Superficie libre:	<input type="text"/>
Dimens. posible	<input type="text"/>	x		<input type="text"/>
Captación Agua	<input type="text"/>		Sup. captación agua lluvia:	<input type="text"/>

5 – FUENTE DE PROVISIÓN DE AGUA

Red de provision	<input type="checkbox"/>	Agua acarreada desde cisterna publica	<input type="checkbox"/>
Agua envasada (Bidones, Soda, Agua Mineral)	<input type="checkbox"/>	Agua extraida de pozo (subterranea)	<input type="checkbox"/>
Agua comprada a aguatero	<input type="checkbox"/>	Agua acarreada desde canilla publica	<input type="checkbox"/>

6 – Disposición final de aguas residuales

Red cloacal	<input type="checkbox"/>	Pozo absorbente calzado	<input type="checkbox"/>
A cuneta a cielo abierto	<input type="checkbox"/>	Excusado (Letrina)	<input type="checkbox"/>

7 – Actividades residenciales consumidoras de agua

Aseo Personal

		Con ducha	<input type="checkbox"/>
Lavabo	<input type="checkbox"/>	Con ducha y bañera	<input type="checkbox"/>
A balde	<input type="checkbox"/>	Bidet	<input type="checkbox"/>
Otros	<input type="checkbox"/>	Aclarar	

Lavado de vajillas (tipo de lavado)

A mano	<input type="checkbox"/>	
Con lavavajillas comun	<input type="checkbox"/>	Año de compra <input type="text"/>
Con lavavajillas ecologico	<input type="checkbox"/>	Año de compra <input type="text"/>

Lavado de ropa

A mano	<input type="checkbox"/>	
Con lavarropas comun	<input type="checkbox"/>	Año de compra <input type="text"/>
Con lav. Automatico	<input type="checkbox"/>	Año de compra <input type="text"/>
Con lav. Ecologico	<input type="checkbox"/>	Año de compra <input type="text"/>

Deposito de inodoro

A balde	<input type="checkbox"/>	A cadena	<input type="checkbox"/>
A mochila	<input type="checkbox"/>	A boton	<input type="checkbox"/>

**Higiene de vivienda
(Limpieza de pisos)**

	<u>Cantidad de m2 cubiertos y habitables (lavados con agua)</u>	<u>Frecuencia</u>	
	Menos de 50 m. Aprox. <input type="checkbox"/>	Cada 3 dias	<input type="checkbox"/>
Menos de 100 m. Aprox. <input type="checkbox"/>	Mas de 100 m. Aprox. <input type="checkbox"/>	Por semana	<input type="checkbox"/>

Riego¹

	<u>Superficie que se riega</u>	<u>Tipo de riego</u>	
	Menos de 50 m. Aprox. <input type="checkbox"/>	Comun	<input type="checkbox"/>
	Menos de 100 m. Aprox. <input type="checkbox"/>	Aspersion	<input type="checkbox"/>
	Mas de 100 m. Aprox. <input type="checkbox"/>	Goteo	<input type="checkbox"/>

Lavado de automovil / es

	<u>Se Lava</u>	
Un auto <input type="checkbox"/>	Cada semana	<input type="checkbox"/>
Dos autos <input type="checkbox"/>	Cada 15 dias	<input type="checkbox"/>
	Una vez al mes	<input type="checkbox"/>

Pileta / Piscina

	<u>Capacidad</u>	
	Menos 300 lts. (Tipo Pelopincho 2.50x1.50x0.80 aprox.)	<input type="checkbox"/>
	Menos de 10.000 lts. (Tipo Pelop. 5.00x2.50x0.80 aprox.)	<input type="checkbox"/>
	Mas de 10.000 lts. (pileta de material)	<input type="checkbox"/>
	Con sist. De reciclado	<input type="checkbox"/>
	Sin sist. De reciclado	<input type="checkbox"/>

**8 – TIPO Y ESTADO DE LAS INSTALACIONES SANITARIAS
PROVISIÓN DE AGUA**

COMPONENTE DE LA INSTALACION	TIPO ²	ESTADO DE CONSERVACION
Cañeria de acceso del agua al domicilio	<u>Materiales:</u>	
	Plastico negro (PVC) <input type="checkbox"/>	Rotura <input type="checkbox"/>
	Plomo <input type="checkbox"/>	Fisuras <input type="checkbox"/>
	Hierro Galvanizado <input type="checkbox"/>	Perdidas <input type="checkbox"/>
	Plastico colorado (POLIPROPILENO) <input type="checkbox"/>	Otras observaciones:
	Diametros: 0,013..... 0,019..... +0,019.....

² Si el riego se remitiera solo a superficies muy pequeñas, por ejemplo un numero reducido de macetas, este se considerara despreciable, por lo tanto, se obviará.

² Tipo: se especificara en esta columna los datos relevables por simple observación que pueden obtenerse de la normativa vigente, para facilitar la determinación sobre el cumplimiento de la misma. Cada ítem será indicado con si o con no.

<p>Llave de paso exterior</p>	<p><u>Materiales:</u> Plastico <input type="checkbox"/> Bronce <input type="checkbox"/> Otros: <input type="checkbox"/> Aclarar </p>	<p>Dispone de caja de acceso? <input type="checkbox"/> Accionam. s/ problemas? <input type="checkbox"/> Rotura <input type="checkbox"/> Fisuras <input type="checkbox"/> Perdidas <input type="checkbox"/></p>
<p>Llave de paso interior</p>	<p><u>Materiales:</u> Plastico <input type="checkbox"/> Bronce <input type="checkbox"/> Otros: <input type="checkbox"/> Aclarar</p>	<p>Dispone de caja de acceso? <input type="checkbox"/> Accionam. s/ problemas? <input type="checkbox"/> Rotura <input type="checkbox"/> Fisuras <input type="checkbox"/> Perdidas <input type="checkbox"/></p>
<p>Abrazadera /Ferula</p>		<p>Algun tipo de problema en la entrada del agua al domicilio <input type="checkbox"/> Perdidas fuera del domicilio <input type="checkbox"/></p>
<p>Bomba de extraccion de agua subterranea</p>	<p><u>Fuente de energia</u> Manual <input type="checkbox"/> Electrica <input type="checkbox"/> Explosion <input type="checkbox"/> Energia solar <input type="checkbox"/> Potencia estimada Diametro de salida (cm o pulgadas) </p>	<p>Esta protegida de la Intemperie <input type="checkbox"/> Se acciona sin dificultad <input type="checkbox"/></p>
<p>Techo utilizado como captacion de agua de lluvia</p>	<p><u>Materiales:</u> Chapa galvanizada <input type="checkbox"/> Chapa de fibrocemento <input type="checkbox"/> Tejas <input type="checkbox"/> Losa de Hormigon <input type="checkbox"/> Chapas plasticas <input type="checkbox"/> Chapas de carton <input type="checkbox"/> Otros matreriales (Precisar)..... </p>	<p><u>Estado de higiene del techo</u> Mal estado <input type="checkbox"/> Buen estado <input type="checkbox"/></p>

Instrumento de acarreo de agua Estado de higiene de los

al domicilio	Con tachos metalicos abiertos Con tachos metalicos abiertos Bidones de plastico con tapa Otras formas de acarreo:.....	<u>elementos de acarreo</u> Bueno Malo
Bomba de extraccion de agua directamente desde la red	<u>Fuente de energia</u> Manual <input type="checkbox"/> Electrica <input type="checkbox"/> Explosion <input type="checkbox"/> Energia solar <input type="checkbox"/> Potencia estimada..... Diametro de salida (cm o pulgadas) Dispone de calderín <input type="checkbox"/>	Esta protegida de la Intemperie <input type="checkbox"/> Se acciona sin dificultad <input type="checkbox"/>

9 – DISTRIBUCIÓN DE AGUA EN LA UCE

COMPONENTE DE LA INSTALACION	TIPO	ESTADO DE CONSERVACION
Tanque de bombeo	<u>Materiales:</u> Mamp. + rev. impermeab. <input type="checkbox"/> Fibrocemento <input type="checkbox"/> Plastico <input type="checkbox"/> Otros matreriales (Precisar) <input type="checkbox"/> Capacidad aproximada	Rotura <input type="checkbox"/> Filtraciones <input type="checkbox"/> Dispone de tapa adecuada? <input type="checkbox"/>
Cisterna de almacenamiento	<u>Materiales:</u> Mamp. + rev. impermeab. <input type="checkbox"/> Fibrocemento <input type="checkbox"/> Plastico <input type="checkbox"/> Otros matreriales (Precisar) <input type="checkbox"/> Capacidad aproximada	Rotura <input type="checkbox"/> Filtraciones <input type="checkbox"/> Dispone de tapa adecuada? <input type="checkbox"/>
Bomba de elevacion	<u>Fuente de energia</u> Manual <input type="checkbox"/> Electrica <input type="checkbox"/> Explosion <input type="checkbox"/>	Esta protegida de la Intemperie ? <input type="checkbox"/>

	Potencia estimada	
	Diametro de salida (cm) 0,013..... 0,019..... +0,019.....	Se acciona sin dificultad? <input type="checkbox"/>
Cañeria de distribucion	<u>Materiales:</u> Plastico negro <input type="checkbox"/> Plomo <input type="checkbox"/> Hierro Galvanizado <input type="checkbox"/> Plastico colorado <input type="checkbox"/> Diametros (cm) 0,013..... 0,019..... +0,019.....	Rotura <input type="checkbox"/> Filtraciones <input type="checkbox"/> Fisuras <input type="checkbox"/> Perdidas <input type="checkbox"/>

10 – SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUAS RESIDUALES EN LA UCE

COMPONENTE DE LA INSTALACION	TIPO	ESTADO DE CONSERVACION
Conduccion de las aguas residuales	<u>Materiales:</u> PVC <input type="checkbox"/> Hierro fundido <input type="checkbox"/> Hormigon centrifugado <input type="checkbox"/> Diametro: m – 0,100 <input type="checkbox"/> m 0,100 <input type="checkbox"/> m 0,110 <input type="checkbox"/> m + 0,110 <input type="checkbox"/>	Rotura <input type="checkbox"/> Filtraciones <input type="checkbox"/> Fisuras <input type="checkbox"/> Perdidas <input type="checkbox"/> Atascamientos Porque motivos?.....
Camara de inspeccion	<u>Materiales:</u> Mamp. + rev. impermeab. <input type="checkbox"/> Premoldeada de hormigon <input type="checkbox"/> Otras (especificar) <input type="checkbox"/> Dimensiones: Profundidad: Ancho : Largo :	Rotura <input type="checkbox"/> Filtraciones <input type="checkbox"/> Fisuras <input type="checkbox"/> Perdidas <input type="checkbox"/> Malos olores <input type="checkbox"/> Tiene ventilacion <input type="checkbox"/>

Camara Septica	<u>Materiales:</u> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
----------------	--	--

	Mamp. + Rev. impermeab. Premoldeada de hormigon Otras (especificar) Diametro:..... Profundidad: Ancho : Largo :	Rotura Filtraciones Fisuras Perdidas Malos olores
Pozo Absorbente	<u>Materiales:</u> Mampost.Tipo <input type="checkbox"/> "Panel de abejas" Otros materiales (especificar) <u>Dimensiones:</u> Diametro:..... Profundidad: Ancho : Largo :	Rotura <input type="checkbox"/> Filtraciones <input type="checkbox"/> Fisuras <input type="checkbox"/> Malos olores <input type="checkbox"/> Llenado <input type="checkbox"/> Tiempo de durac. Sin Llenarse (Años) ----- Fecha de habilitacion del Nuevo pozo (Año) ----- Tiene ventilacion <input type="checkbox"/>
Otras instalaciones		

11– EJECUCIÓN DE LA INSTALACION

- Usted mismo
- Ud. c/ ayuda de plomero matriculado
- Ud. c/ ayuda de un plomero
- Un plomero
- Un plomero matriculado
- Empresa Constructora

Otros (Especificar) -----

12– Hábitos de Mantenimiento de las Instalaciones

Cada Cuanto realiza Ud. Las siguientes Actividades de Mantenimiento de las Instalaciones?

Actividad:	Muy Frecuente	Frecuente	Poco frecuente	Nunca
Reparación de pérdidas de agua	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Reparación de filtraciones	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Reparación de atascos en cañerías de desagüe de aguas residuales	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Limpieza de los tanques de reserva, bombeo, aljibe, etc.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Desagote de la cámara séptica (barros)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Desagote del pozo absorbente	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Incorporar químicos al pozo absorbente o a la cámara séptica para que funciona mejor	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Reparación de artefactos sanitarios (Deposito Inodoro, bidet, lavarropa, etc.)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mantenimiento de la bomba	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

13– Disposición a pagar por mejoras en los servicios e instalaciones

Cuánto Ud. Estaría dispuesto a pagar MENSUALMENTE para mejorar las condiciones de Provisión de Agua Potable y Eliminación de Aguas Residuales?

Aspecto	\$1 a 5	\$6 a 10	\$11 a 20	\$21 a 50	+\$50
Tarifa Servicio domiciliario de agua de buena calidad	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tarifa Servicio domiciliario de agua y cloaca de buena calidad	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mejoramiento de las instalaciones domiciliarias de agua (Artefactos, Almacenaje, distribución)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mejoramiento de las instalaciones domiciliarias de evacuación de aguas residuales (Artefactos, Tratamiento, destino, disminución de olores y riesgo para la salud)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Aspecto

\$1 a 5	\$6 a 10	\$11 a 20	\$21 a 50	+\$50
---------	----------	-----------	-----------	-------

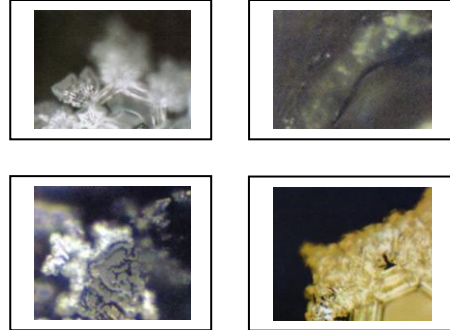
Mantenimiento de las instalaciones de agua, para que no perjudique la salud (limpieza de tanques y desinfección de cañerías)

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

Mantenimiento de las instalaciones de evacuación de aguas residuales, para que no perjudique la salud (Camaras, pozo absorbente : Pocero)

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

Observaciones de interés:



Anexo II

ARCHIVOS DE INICIO DEL MODELO DE SIMULACIÓN:

SUBSISTEMA “ACCESO”



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Contenido:

- 1) Contenido del Archivo “Listado de Variables” LACCES
- 2) Contenido Pre-Programación con interrelaciones entre variables GACCES

Contenidos del Archivo GACCES


```

PTIP PTIP(i1,i2)=TIPO(i1,i2)*PCOM(i2)

YNNE tn=TINE(i1): YNNE(i2,i1)=PTIP(tn,i2)

YNVE YNVE(i1,i2)=YNNE(i1,i2)-DOMI(i1,i2): IF YNVE(i1,i2)<0 THEN
YNVE(i1,i2)=0

    IF APMA(i2)<>0 THEN YNVE(i1,i2)=YNVE(i1,i2)*0.40*APMA

TINE IF (TSEI(i2)=5 OR TSEI(i2)=7) THEN

    IF (PIEZ(i2)>0.5 AND PIEZ(i2)<4) THEN TINE(i2)=1

    ELSEIF (PIEZ(i2)>=4 AND PIEZ(i2)<9) THEN TINE(i2)=2

    ELSEIF PIEZ(i2)>=9 THEN TINE(i2)=3

    ELSE TINE(i2)=-1

    ENDIF

    ENDIF

    ENDIF

    ELSE TINE(i2)=-2

    ENDIF

COFI COFI(i1,i2)=(YNVE(i1,i2)*TIIN)/PLAC

DONU IF (COFI(i1,i2)<=DIME(i1,i2)) THEN DONU(i1,i2)=YNVE(i1,i2)

    ELSE DONU(i1,i2)=0

    ENDIF

YNAC A=0: FOR i3=1 TO NTIP: A=A+DOMI(i3,i2): NEXT

    YNAC(i1,i2)=DOMI(i1,i2)*(FAMI(i2)/FAMA(i2)-
1/FAMI(i2))+DMAN(i2)*DOMI(i1)/A

DOBS DOBS(i1,i2)=((DOME(i1,i2)-(DOME(i1,i2)*0.10)))/TAMO

DOME DOME(i1,i2)=DOMI(i1,i2)+DONU(i1,i2)+YNAC(i1,i2)-DOBS(i1,i2)

FAMA FAMA(i1)=PTOP(i1) / TMFA

```

```

REDT IF (FAMA(i1)<>0 AND TSEI(i1)=1) THEN REDT(i1)=2

      ELSE REDT(i1)=1

      ENDIF

YNOC IF FAMI(i1)=0 and FAMA(i1)<>0 THEN
YNOC(i1)=TRRE(???????????)

      ELSEIF FAMI(i1)<>0 and FAMA(i1)<>0 THEN YNOI(i1)=YNOI(i1)-
1

      ELSE YNOC(i1)=0

      ENDIF

REDR IF REDT(i1)=1 AND YNOI(i1)=1 THEN REDR(i1)=2

REFT IF REDR(i1)=2 AND TAFI(i1)<=DTAR(i1) AND COFI(i1)<DIME(i1)
AND PIEZ(i1)>=0.5 THEN REFT(i1)=5

      ELSEIF (TSEI(i1)=2 AND (TAFI(i1)<=DTAR(i1)) AND
(COFI(i1)<DIME(i1)) AND PIEZ(i1)<0.5) THEN REFT(i1)=4

      ELSE REFT(i1)=2

      ENDIF

IFMM IFMM(i1)=(REDR(i1)=2 AND TAFI(i1)<=DTAR(i1) AND
COFI(i1)<DIME(i1) AND PIEZ(i1)>=0.5)

YCFJ IF IFMI(i1)=0 AND IFMM(i1)=1 THEN YCFJ(i1)=TRFI (?????????)

      ELSEIF IFMI(i1)=1 AND IFMM(i1)=1 AND YCFJ(i1)>1 THEN
YCFJ(i1)=IFMM(i1)-1

      ELSE YCFJ(i1)=0

      ENDIF

REFR IF REFT(i1)=5 AND YCFI(i1)=1 THEN REFR(i1)=5

TAFI TAFI(i1)=(SCMA(i1)*TAFI)+COEL(i1)

COEL IF (PIEZ(i1)>0.5 AND PIEZ(i1)<4) THEN
COEL(i1)=CAGU(i1)*TAEL ELSE COEL(i1)=0

```



```
COVA IF TSEI(i1)=7 THEN COVA(i1)=(CAGU(i1)*TACU)+COEL(i1) ELSE
COVA(i1)=0
```

```
REMT IF (TSEI(i1)=5 AND COVA(i1)<=DTAR(i1)) THEN REMT(i1)=7
```

```
IMMM IMMM=(TSEI(i1)=5 AND COVA(i1)<=DTAR(i1))
```

```
YCME IF IMMI(i1)=0 AND IMMM(i1)=1 THEN YCME(i1)=TRME
```

```
ELSEIF IMMI(i1)=1 AND IMMM(i1)=1 AND YCME(i1)>1 THEN
YCME(i1)=IMMM(i1)-1
```

```
ELSE YCME(i1)=0
```

```
ENDIF
```

```
REMR IF REMT(i1)=7 AND YCMI(i1)=1 THEN REMR(i1)=7
```

```
POCO IF COVA(i1)<>0 THEN POCO(i1)=COVA(i1)/DTAR(i1)
```

```
ELSE POCO(i1)=TAFI(i1)/DTAR(i1)
```

```
ENDIF
```

```
BATA IF TSEI(i1)=5 AND (TAFI(i1)>DTAR(i1)) THEN BATA(i1)=8
```

```
ELSEIF TSEI(i1)=7 AND (COVA(i1)>DTAR(i1)) THEN BATA(i1)=9
```

```
ELSE BATA(i1)=0
```

```
ENDIF
```

```
BAPI IF PIEZ(i1)>=0.5 THEN BAPI(i1)=0
```

```
ELSEIF TSEI(i1)=5 AND PIEZ(i1)<0.5 THEN BAPI(i1)=10
```

```
ELSEIF TSEI(i1)=7 AND PIEZ(i1)<0.5 THEN BAPI(i1)=11
```

```
ENDIF
```

```
ELSE IF TSEI(i1)=1 AND REDR(i1)=2 THEN ELSE(i1)=2
```

```
ELSEIF TSEI(i1)=2 AND REFR(i1)=5 THEN ELSE(i1)=5
```

```
ELSEIF TSEI(i1)=5 AND REMR(i1)=7 THEN ELSE(i1)=7
```

```
ELSEIF TSEI(i1)=8 AND PIEZ(i1)>=0.5 AND  
TAFI(i1)<=DTAR(i1) THEN ELSE(i1)=5
```

```
ELSEIF TSEI(i1)=9 AND PIEZ(i1)>=0.5 AND  
COVA(i1)<=DTAR(i1) THEN ELSE(i1)=7
```

```
ELSEIF TSEI(i1)=10 AND PIEZ(i1)>=0.5 AND  
TAFI(i1)<=DTAR(i1) THEN ELSE(i1)=5
```

```
ELSEIF TSEI(i1)=11 AND PIEZ(i1)>=0.5 AND  
TAFI(i1)<=DTAR(i1) THEN ELSE(i1)=7
```

```
ELSE ELSE(i1)=0
```

```
ENDIF
```

```
BASE IF TSEI(i1)=5 AND BATA(i1)=8 THEN BASE(i1)=8
```

```
ELSEIF TSEI(i1)=7 AND BATA(i1)=9 THEN BASE(i1)=9
```

```
ELSEIF TSEI(i1)=5 AND BAPI(i1)=10 THEN BASE(i1)=10
```

```
ELSEIF TSEI(i1)=7 AND BAPI(i1)=11 THEN BASE(i1)=11
```

```
ELSE BASE(i1)=0
```

```
ENDIF
```

```
TSER IF (ELSE(i1)<>0 AND BASE(i1)=0) THEN TSER(i1)=ELSE(i1)
```

```
ELSEIF (ELSE(i1)=0 AND BASE(i1)<>0) THEN  
TSER(i1)=BASE(i1)
```

```
ELSEIF (ELSE(i1)<>0 AND BASE(i1)<>0) THEN  
TSER(i1)=BASE(i1)
```

```
ELSE TSER(i1)=TSEI(i1)
```

```
ENDIF
```

```
DIME DIME(i1)=DMMC(i1)*POIN(1,i1)
```

```
DMAN DMAN(i1)=DMMC(i1)*POIN(2,i1)
```

```
DTAR DTAR(i1)=DMMC(i1)*POIN(3,i1)
```

```
COLT IF t MOD 2 = 1 THEN COLT(i1)=PPSE(1)*SCMA(i1)*ISEF(i1)
```

```

ELSE COLT(i1)=PPSE(2)*SCMA(i1)*ISEF(i1)
ENDIF
CAG1 FOR i1=1 TO INCH(2)-1
IF t MOD 2=1 THEN
h= -0.012202+0.221311*XLAO(i1)*XLAC(i1)
AA= 2.686246*((XLAO(I1)*XLAC(i1))-0.306667)^2
s= 0.018963*sqr(1+1/3+AA)
ELSE
h= -1.589041+234.417808*XLAM(i1)*XLAM(i1)
AA= 12.842466*((XLAM(I1)*XLAM(i1))-0.133333)^2
s= 2.400057*sqr(1/3+AA)
ENDIF
ACAG(i1)=CAG1-COLT(i1)
NEXT
CAG2 FOR i1=INCH(2) TO INCH(3)-1
IF t MOD 2=1 THEN
h= 0.973318+7.963949*((BALD(i1)*XLAC(i1))-
33.956008*(XLAC(i1)*YMIL(i1)))
AA= 1.743483*((BALD(i1)*XLAC(i1))-
0.328706)^2+124.395303*((XLAC(i1)*YMIL(i1))-0.052480))^2
AB= -2*12.679026*((BALD(i1)*XLAC(i1))-
0.328706)*((XLAC(i1)*YMIL(i1))-0.052480)
s= 0.997236*sqr(1+1/17+AA+AB)
ELSE
h= 1.331279-
5.781898*(XLAO(i1)*DUBA(i1))+23.660394*(XLAO(i1)*XLAV(i1))+4.954
206*(BALD(i1)*DUBA(i1))-95.705860*(XLAV(i1)*ECAC(i1))
AA= 4.983068*((XLAO(i1)*DUBA(i1))-
0.279412)^2+52.772921*((XLAO(i1)*XLAV(i1))-
0.061235)^2+4.142349*((BALD(i1)*DUBA(i1))-
0.301471)^2+950.983159*((XLAV(i1)*ECAC(i1))-0.013933)^2

```

```

        AB= 2*0.180605*((XLAO(i1)*DUBA(i1)-
0.279412)*(XLAO(i1)*XLAV(i1)-0.061235)
        AC= -2*4.324271*((XLAO(i1)*DUBA(i1))-
0.279412)*((BALD(i1)*DUBA(i1))-0.301471)
        AD= 2*0.105396*((XLAO(i1)*DUBA(i1))-
0.279412)*(XLAV(i1)*ECAC(i1))-0.013933)
        AE= 2*0.279080*((XLAO(i1)*XLAV(i1))-
0.061235)*((BALD(i1)*DUBA(i1))-0.301471)
        AF= -2*213.375326*((XLAO(i1)*XLAV(i1))-
0.061235)*(XLAV(i1)*ECAC(i1))-0.013933)
        AG= 2*0.216705*((BALD(i1)*DUBA(i1))-
0.301471)*(XLAV(i1)*ECAC(i1))-0.013933)
        s= 0.715384*sqr(1+1/17+AA+AB+AC+AD+AE+AF+AG)

```

```

    ENDIF

```

```

        ACAG(i1)=CAG2-COLT(i1)

```

```

    NEXT

```

```

CAG3 FOR i1=INCH(3) TO INCH(4)-1

```

```

    IF t MOD 2=1 THEN

```

```

        h= -1186707829.519037-27.717075*(BALD(i1)*DUCH(i1))-
5935310.955294*(XLAV(i1)*XLAV(i1))+593355650.755003*(exp(0.1*XLAV(i1)))
+593352178.467762*(exp(-0.1*(XLAV(i1))))
        AA= 5.438362*((BALD(i1)*DUCH(i1))-
0.088354)^2+6959100410.452123*(XLAV(i1)*XLAV(i1))-
0.035445)^2+69550272429112.234000*(exp(0.1*XLAV(i1))-
1.013113)^2+69549466405673.344000*(exp(-0.1*(XLAV(i1))-
0.987242)^2
        AB= 2*34591.057209*((BALD(i1)*DUCH(i1))-
0.088354)*(XLAV(i1)*XLAV(i1))-0.035445)
        AC= -2*3458360.228639*((BALD(i1)*DUCH(i1))-
0.088354)*(exp(0.1*XLAV(i1))-1.013113)
        AD= -2*3458339.555326*((BALD(i1)*DUCH(i1))-
0.088354)*(exp(-0.1*(XLAV(i1))-0.987242)
        AE= -2*695706349585.217650*(XLAV(i1)*XLAV(i1))-
0.035445)*(exp(0.1*XLAV(i1))-1.013113)
        AF= -2*695702318016.758060*(XLAV(i1)*XLAV(i1))-
0.035445)*(exp(-0.1*(XLAV(i1))-0.987242)
        AG= 2*69549869415637.602000*(exp(0.1*XLAV(i1))-
1.013113)*(exp(-0.1*(XLAV(i1))-0.987242)
        s= 0.574867*sqr(1+1/33+AA+AB+AC+AD+AE+AF+AG)

```

```

    ELSE

```

```

        h= -41.368398-
5.548454*(XLAO(i1)*XLAC(i1))+9.020257*(XLAM(i1)*YMIL(i1))+41.577
067*(exp(0.1*XLAC(i1))
        AA= 7.214294*((XLAO(i1)*XLAC(i1))-
0.178179)^2+19.350622*((XLAM(i1)*YMIL(i1))-
0.060579)^2+436.386609*(exp(0.1*XLAC(i1))-1.024399)^2
        AB= -2*2.570759*((XLAO(i1)*XLAC(i1))-
0.178179)*((XLAM(i1)*YMIL(i1))-0.060579)
        AC= -2*51.619075*((XLAO(i1)*XLAC(i1))-
0.178179)*(exp(0.1*XLAC(i1))-1.024399)
        AD= 2*26.966265*((XLAM(i1)*YMIL(i1))-
0.060579)*(exp(0.1*XLAC(i1))-1.024399)
        s= 0.407462*sqr(1+1/33+AA+AB+AC+AD)

```

```

    ENDIF

```

```

    ACAG(i1)=CAG3-COLT(i1)

```

```

NEXT

```

```

CAG4 FOR i1=INCH(4) TO INCH(5)-1

```

```

    IF t MOD 2=1 THEN

```

```

        h= 7.120933-0.098255*(DUBA(i1)*YMIL(i1))-
0.121149*(XLAC(i1)*ECAC(i1))-3.893638*(exp(-0.1*YMIL(i1))-
3.471957*exp(-0.1*ECAC(i1))
        AA= 0.000182*((DUBA(i1)*YMIL(i1))-
4.245529)^2+0.000276*((XLAC(i1)*ECAC(i1))-
10.594781)^2+0.408186*((exp(-0.1*YMIL(i1))-
0.501442)^2+0.462694*((exp(-0.1*ECAC(i1))-0.318463)^2
        AB= 2*0.000116*((DUBA(i1)*YMIL(i1))-
4.245529)*((XLAC(i1)*ECAC(i1))-10.594781)
        AC= 2*0.003971*((DUBA(i1)*YMIL(i1))-4.245529)*((exp(-
0.1*YMIL(i1))-0.501442)
        AD= 2*0.002987*((DUBA(i1)*YMIL(i1))-4.245529)*((exp(-
0.1*ECAC(i1))-0.318463)
        AE= 2*0.004867*((XLAC(i1)*ECAC(i1))-10.594781)*((exp(-
0.1*YMIL(i1))-0.501442)
        AF= 2*0.006114*((XLAC(i1)*ECAC(i1))-10.594781)*((exp(-
0.1*ECAC(i1))-0.318463)
        AG= -2*0.025029*((exp(-0.1*YMIL(i1))-0.501442)*((exp(-
0.1*ECAC(i1))-0.318463)
        s= 1.707371*sqr(1+1/35+AA+AB+AC+AD+AE+AF+AG)

```

```

    ELSE

```

```

      h= 5.573943+0.104424*(XLAM(i1)*YMIL(i1))-
8.634991*(XLAC(i1)*XLAC(i1))-0.001093*(YMIL(i1)*ECAC(i1))-
5.156888*(exp(-0.1*ECAC(i1)))
      AA= 0.000222*(XLAM(i1)*YMIL(i1))-
7.213083)^2+1.523137*(XLAC(i1)*XLAC(i1))-
0.138236)^2+0+0.373550*(exp(-0.1*ECAC(i1))-0.318463)^2
      AB= -2*0.004248*(XLAM(i1)*YMIL(i1))-
7.213083)*(XLAC(i1)*XLAC(i1))-0.138236)
      AC= -2*0.000001*(XLAM(i1)*YMIL(i1))-
7.213083)*(YMIL(i1)*ECAC(i1))-815.191891)
      AD= -2*0.000617*(XLAM(i1)*YMIL(i1))-7.213083)*(exp(-
0.1*ECAC(i1))-0.318463)
      AE= 2*0.000042*(XLAC(i1)*XLAC(i1))-
0.138236)*(YMIL(i1)*ECAC(i1))-815.191891)
      AF= 2*0.213255*(XLAC(i1)*XLAC(i1))-0.138236)*(exp(-
0.1*ECAC(i1))-0.318463)
      AG= 2*0.000045*(YMIL(i1)*ECAC(i1))-815.191891)*(exp(-
0.1*ECAC(i1))-0.318463)
      s= 1.690822*sqr(1+1/35+AA+AB+AC+AD+AE+AF+AG)

```

ENDIF

ACAG(i1)=CAG4-COLT(i1)

NEXT

CAG5 FOR i1=INCH(5) TO INCH(6)-1

IF t MOD 2=1 THEN

```

      h= 46.918693-113.446371*(XLAC(i1)*XLAV(i1))-
457.598480*(YMIL(i1)*ECAC(i1))+17.434564*log(ECAC(i1))
      AA= 400.589329*(XLAC(i1)*XLAV(i1))-
0.005200)^2+2145.678596*(YMIL(i1)*ECAC(i1))-
0.024218)^2+3.276758*(log(ECAC(i1))+1.872609)^2
      AB= 2*371.641547*(XLAC(i1)*XLAV(i1))-
0.005200)*(YMIL(i1)*ECAC(i1))-0.024218)
      AC= -2*13.056783*(XLAC(i1)*XLAV(i1))-
0.005200)*(log(ECAC(i1))+1.872609)
      AD= -2*74.766333*(YMIL(i1)*ECAC(i1))-
0.024218)*(log(ECAC(i1))+1.872609)
      s= 1.602281*sqr(1+1/11+AA+AB+AC+AD)

```

ELSE

```

      h= 0.691111-
5.235556*(XLAO(i1)*DUBA(i1))+4.926667*(BALD(i1)*DUBA(i1))
      AA= 5.234568*((XLAO(i1)*DUBA(i1))-
0.363636)^2+4.444444*((BALD(i1)*DUBA(i1))-0.409091)^2
      AB= -2*4.592593*((XLAO(i1)*DUBA(i1))-
0.363636)*((BALD(i1)*DUBA(i1))-0.409091)
      s= 0.389294*sqr(1+1/11+AA+AB)

```

```

      ENDIF

```

```

      ACAG(i1)=CAG5-COLT(i1)

```

```

      NEXT

```

```

CAG6 FOR i1=INCH(6) TO INCH(7)-1

```

```

      IF t MOD 2=1 THEN

```

```

      h= 1.701595-
30.814817*(BALD(i1)*DUCH(i1))+27.110645*(DUCH(i1)*XLAV(i1))+7.78
1046*(XLAM(i1)*XLAM(i1))
      AA= 30.885644*((BALD(i1)*DUCH(i1))-
0.047556)^2+11.699528*((DUCH(i1)*XLAV(i1))-
0.040539)^2+1.700099*((XLAM(i1)*XLAM(i1))-0.297260)^2
      AB= 2*2.048330*((BALD(i1)*DUCH(i1))-
0.047556)*((DUCH(i1)*XLAV(i1))-0.040539)
      AC= -2*10.613871*((BALD(i1)*DUCH(i1))-
0.047556)*((XLAM(i1)*XLAM(i1))-0.297260)
      AD= -2*4.768126*((DUCH(i1)*XLAV(i1))-
0.040539)*((XLAM(i1)*XLAM(i1))-0.297260)
      s= 1.621951*sqr(1+1/14+AA+AB+AC+AD)

```

```

      ELSE

```

```

      h= 1.004745-68.445361*(XLAO(i1)*XLAV(i1))-
58.604745*(DUBA(i1)*XLAV(i1))+67.925425*XLAV(i1)
      AA= 181.197515*((XLAO(i1)*XLAV(i1))-
0.112025)^2+155.511509*((DUBA(i1)*XLAV(i1))-
0.026786)^2+151.491113*(XLAV(i1)-0.152643)^2
      AB= 2*162.931860*((XLAO(i1)*XLAV(i1))-
0.112025)*((DUBA(i1)*XLAV(i1))-0.026786)
      AC= -2*163.864984*((XLAO(i1)*XLAV(i1))-
0.112025)*XLAV(i1)-0.152643)
      AD= -2*149.454253*((DUBA(i1)*XLAV(i1))-
0.026786)*XLAV(i1)-0.152643)
      s= 1.066997*sqr(1+1/14+AA+AB+AC+AD)

```

```

        ENDIF

        ACAG(i1)=CAG6-COLT(i1)

    NEXT

CAG7 FOR i1=INCH(7) TO INCH(8)-1

        IF t MOD 2=1 THEN

            h= -
0.674973+122.711457*(XLAM(i1)*YMIL(i1))+30.268480*(YMIL(i1)*ECAC
(i1))
            AA= 326.815601*((XLAM(i1)*YMIL(i1))-
0.027300)^2+76.417308*((YMIL(i1)*ECAC(i1))-0.042498)^2
            AB= 2*80.453292*((XLAM(i1)*YMIL(i1))-
0.027300)*((YMIL(i1)*ECAC(i1))-0.042498)
            s= 0.102811*sqr(1+1/5+AA+AB)

        ELSE

            h= 8.358606-10.251716*sqr(XLAC(i1))
            AA= 2.661444*(sqr(XLAC(i1))-0.524264)^2
            s= 1.262794*sqr(1+1/5+AA)

        ENDIF

        ACAG(i1)=CAG7-COLT(i1)

    NEXT

CAGU REM CAG1, CAG2, CAG3, CAG4, CAG5, CAG6, CAG7

        AA= ACAG(i1)*EFCO*IFFO(i1)

        AB= ACAG(i1)*EFCA*RAN

        CAGU(i1)= ACAG(i1)-AA-AB

```

□

Contenidos del Archivo LACCES

NMAN Numero de manzanas (400) [inced=n;cval=00;ndim=0;]
NUCO Numero de componentes de las Tipologías de Instalaciones para el Acceso al Agua (5) [inced=n;cval=00;ndim=0;]
NTIP Numero de Tipologías posibles de Acceso según la Altura piezométrica de servicio (3) [inced=n;cval=00;ndim=0;]
NPVO Número de Dimensiones Porcentajes del Ingreso para Voluntad de pago (3) [inced=n;cval=00;ndim=0;]
NSEM Número de Semestres para el Cálculo de Precipitaciones (2) [inced=n;cval=00;ndim=0;]
TIIN Tipo de Interés vigente para financiar Mejoras de Instalaciones [inced=s;cval=00;ndim=0;]
PLAC Plazo de Amortización del Crédito [inced=n;cval=00;ndim=0;]
DIME Disponibilidad de pago de mejoras en cada Manzana (Promedio Pesos por mes por Manzana) (NMAN) [inced=n;cval=00;esta=n;ndim=1;d1=NMAN;tabl=n;]
DMAN Disponibilidad de pago para Mantenimiento (NMAN) [inced=n;cval=00;esta=n;ndim=1;d1=NMAN;tabl=n;]
DTAR Disponibilidad de pago de Tarifas (NMAN) [inced=n;cval=00;esta=n;ndim=1;d1=NMAN;tabl=n;]
PIEZ Altura piezométrica de Servicio en cada Manzana con servicio de Red por Semestre [inced=n;cval=32;ndim=1;d1=NMAN;]
TAMO Tiempo de amortización de las Instalaciones [inced=n;cval=00;ndim=0;]
APMA Aportación de Mano de Obra del Propietario (NMAN) [inced=s;cval=00;ndim=1;d1=NMAN;]
COFI Costo Financiado de Instalaciones por Semestre (NUCO;NMAN) [inced=n;cval=00;ndim=2;d1=NUCO;d2=NMAN;esta=n;tabl=n;]
YNNE Nuevas Instalaciones Necesarias (NUCO;NMAN) [inced=n;cval=00;ndim=2;d1=NUCO;d2=NMAN;esta=n;tabl=n;]
DOMI Instalaciones Domiciliarias Iniciales (NUCO;NMAN) [inced=s;cval=00;ndim=2;d1=NUCO;d2=NMAN;esta=n;tabl=n;]
DOME Instalaciones Domiciliarias Existentes (Instalaciones por Personas y por Manzana) (NUCO;NMAN) [esta=s;inic=DOMI;ndim=2;d1=NUCO;d2=NMAN;inced=n;tabl=n;]
DONU Nuevas Instalaciones Domiciliarias (NUCO;NMAN) [esta=n;ndim=2;d1=NUCO;d2=NMAN;inced=n;tabl=n;]
DOBS Instalaciones Domiciliarias Obsoletas (Amortización) (NUCO;NMAN) [esta=n;ndim=2;d1=NUCO;d2=NMAN;inced=n;tabl=n;]
FAMA Número de Familias por Manzana [esta=s;inic=FAMI;ndim=1;d1=NMAN;inced=n;tabl=n;]
FAMI Número de Familias por Manzana inicial [cval=00;ndim=1;d1=NMAN;inced=s;]
TAFA Precio Fijo de la Tarifa de Agua por Familia (Por M2 Cubierto) [inced=s;cval=00;ndim=0;]

TAFI Precio Fijo de la Tarifa de Agua por Manzana (NMAN)
[esta=n;ndim=1;d1=NMAN;ince=n;tabl=n;]
TAEEL Tarifa Eléctrica por Metro Cúbico de agua elevado por Bomba
[ince=s;cval=00;ndim=0;]
COEL Coste de Electricidad para Bombeo Domiciliario por Manzana
(NMAN) [esta=n;ndim=1;d1=NMAN;ince=n;tabl=n;]
TACU Tarifa del Costo de Agua por Metro Cúbico
[ince=s;cval=00;ndim=0;]
COVA Precio Variable de la Tarifa de Agua por Manzana (NMAN)
[ince=n;cval=00;ndim=1;d1=NMAN;esta=n;tabl=n;]
TRRE Tiempo de Retardo para la implementación de Red Publica
Fácil Acceso (Semestres) [ince=s;cval=00;ndim=0;]
REDT Servicio por Manzana de Red Pública Fácil Acceso Teórica
(NMAN) [ince=n;cval=00;ndim=1;d1=NMAN;esta=n;tabl=n;]
REDR Servicio de Red Pública Fácil Acceso Real (NMAN)
[ince=n;cval=00;ndim=1;d1=NMAN;esta=n;tabl=n;]
TRFI Tiempo de Retardo para Incorporación a Red Domiciliaria con
Tarifa Fija (Semestres) [ince=s;cval=00;ndim=0;]
REFT Servicio por Manzana con Red Domiciliaria con Tarifa Fija
Teórica (NMAN) [ince=n;cval=00;ndim=1;d1=NMAN;esta=n;tabl=n;]
REFR Servicio por Manzana con Red Domiciliaria con Tarifa Fija
Real (NMAN) [ince=n;cval=00;ndim=1;d1=NMAN;esta=n;tabl=n;]
TRME Tiempo de Retardo para Incorporación de Micromedidores para
Tarifa Variable (Semestres) [ince=s;cval=00;ndim=0;]
REMR Servicio por Manzana con Red Domiciliaria con Tarifa con
Micromedición Real (NMAN)
[ince=n;cval=00;ndim=1;d1=NMAN;esta=n;tabl=n;]
REMT Servicio por Manzana con Red Domiciliaria con Tarifa con
Micromedición Teórica (NMAN)
[ince=n;cval=00;ndim=1;d1=NMAN;esta=n;tabl=n;]
BATA Baja por no tener cobertura de Tarifas (NMAN)
[ince=n;cval=00;ndim=1;d1=NMAN;esta=n;tabl=n;]
BAPI Baja del Servicio por Altura Piezométrica insuficiente
(NMAN) [ince=n;cval=00;ndim=1;d1=NMAN;esta=n;tabl=n;]
ALSE Alta del Servicio de Provisión de Agua Potable
[ince=n;cval=00;ndim=1;d1=NMAN;esta=n;tabl=n;]
TSEI Tipo de Servicio de Provisión de Agua Potable Inicial
[esta=n;cval=00;ndim=1;d1=NMAN;ince=s;tabl=n;]
TSER Tipo de Servicio de Provisión de Agua Potable Existente
[esta=s;inic=TSEI;ndim=1;d1=NMAN;ince=n;tabl=n;]
BASE Baja en el Servicio de Provisión de Agua Potable (NMAN)
[esta=n;ndim=1;d1=NMAN;ince=n;tabl=n;]
CAGU Consumo de Agua en M3 por persona y manzana (NMAN)
[ince=n;cval=00;ndim=1;d1=NMAN;esta=n;tabl=n;]
PPSE Promedio de Precipitaciones por Semestre en la Localidad
[ince=s;cval=00;ndim=1;d1=2;]

COLT Disponibilidad de agua de Lluvia Teórica (NMAN)
[ince=n;cval=00;ndim=1;d1=NMAN;esta=n;tabl=n;]

ISEF Selección de un porcentaje de Manzanas en forma focalizada para complementar consumo con Agua de Lluvia (si=1;no=0)
[ince=n;cval=00;ndim=1;d1=NMAN;]

EFCE Porcentaje de Consumo que se reduce por Uso Eficiente del Agua en campaña dirigida [ince=n;cval=00;ndim=0;]

EFCA Porcentaje de Consumo que se reduce como maximo por Uso Eficiente del Agua en campaña aleatoria [ince=n;cval=00;ndim=0;]

EFAL Porcentaje de Manzanas en forma aleatoria para reducir el consumo por Uso Eficiente [ince=n;cval=00;ndim=0;]

IFFO Selección de un porcentaje de Manzanas en forma focalizada para reducir el consumo por Uso Eficiente (si=1;no=0)
[ince=n;cval=00;ndim=1;d1=NMAN;]

POCO Porcentaje de cobertura de la Tarifa variable y fija respecto a la disponibilidad de pago
[ince=n;cval=00;ndim=1;d1=NMAN;esta=n;tabl=n;]

PCOM Precio de los componentes de instalaciones de Agua (NUCO=5)
[ince=n;cval=00;ndim=1;d1=NUCO;]

TIPO Tipologías de Instalaciones de agua según los rangos de altura piezométrica (NTIP;NUCO)
[ince=n;cval=00;ndim=2;d1=NTIP;d2=NUCO;]

PTIP Precios de las Tipologías de Instalaciones de agua (NTIP;NUCO)
[ince=n;cval=00;ndim=2;d1=NTIP;d2=NUCO;esta=n;inic=...;tabl=n;n pun=..;]

YNVE Inversión necesaria en instalaciones (NUCO 5;NMAN)
[ince=n;cval=00;ndim=2;d1=NUCO;d2=NMAN;esta=n;tabl=n;]

TINE Tipologías Necesarias por Manzana (NMAN)
[ince=n;cval=00;ndim=1;d1=NMAN;esta=n;tabl=n;]

YNAC Instalaciones actualizadas en cuanto a mantenimiento
[ince=n;cval=00;ndim=2;d1=NUCO;d2=NMAN;esta=n;tabl=n;]

POIN Porcentaje del Ingreso destinado a Mejoras; Mantenimiento (NPVO 3;NMAN) [ince=s;cval=00;ndim=2;d1=NPVO;d2=NMAN;]

PTOP Poblacion total por manzanas (NMAN)
[cval=29;esta=n;ndim=1;d1=NMAN;ince=n;tabl=n;]

TMFA Tamaño medio de la familia [ince=s;cval=00;ndim=0;]

SCMA Superficie cubierta de cada manzana
[cval=29;esta=n;ndim=1;d1=NMAN;ince=n;tabl=n;]

DMMC Ingresos por manzana mensuales a precio constante
[cval=29;esta=n;ndim=1;d1=NMAN;ince=n;tabl=n;]

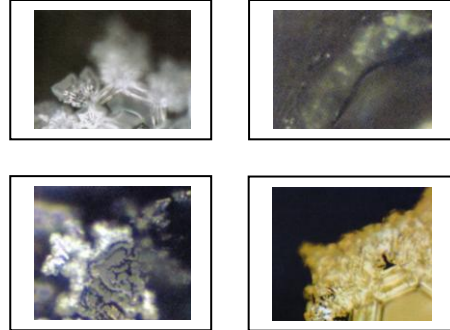
YNOC Instantes hasta la instalacion de agua en las manzanas
[ince=n;ndim=1;d1=NMAN;esta=s;inic=YNOI;tabl=n;]

YNOI Instantes hasta la instalacion de agua en las manzanas en su valor inicial
[cval=00;ince=s;ndim=1;d1=NMAN;esta=n;inic=...;tabl=n;]

YCFJ Instantes hasta la instalacion de agua (Tarifa fija) en las manzanas [ince=n;ndim=1;d1=NMAN;esta=s;inic=YCFI;tabl=n;]
YCFI Instantes hasta la instalacion de agua (Tarifa fija) en las manzanas en su valor inicial
[cval=00;ince=s;ndim=1;d1=NMAN;esta=n;inic=...;tabl=n;]
YCME Instantes hasta la instalacion de agua (Medidor) en las manzanas [ince=n;ndim=1;d1=NMAN;esta=s;inic=YCMI;tabl=n;]
YCFI Instantes hasta la instalacion de agua (Medidor) en las manzanas en su valor inicial
[cval=00;ince=s;ndim=1;d1=NMAN;esta=n;inic=...;tabl=n;]
IFMM Instantes desde condiciones tarifa fija por manzanas [ince=n;ndim=1;d1=NMAN;esta=s;inic=IFMI;tabl=n;]
IFMI Instantes desde condiciones tarifa fija por manzanas en su valor inicial
[cval=00;ince=s;ndim=1;d1=NMAN;esta=n;inic=...;tabl=n;]
IMMM Instantes desde condiciones medidor por manzanas [ince=n;ndim=1;d1=NMAN;esta=s;inic=IMMI;tabl=n;]
IMMI Instantes desde condiciones medidor por manzanas en su valor inicial
[cval=00;ince=s;ndim=1;d1=NMAN;esta=n;inic=...;tabl=n;]
INCH Numero de manzana en que se inicia cada chacra [ince=n;ndim=1;d1=9;cval=00;]
BALD Numero medio de baxos a balde por manzana [ince=s;ndim=1;d1=NMAN;cval=00;]
XLAV Numero medio de lavadoras automaticas por manzana [ince=s;ndim=1;d1=NMAN;cval=00;]
XLAO Numero medio de lavabos por manzana [ince=s;ndim=1;d1=NMAN;cval=00;]
DUCH Numero medio de Higiene Personal usando ducha por manzana [ince=s;ndim=1;d1=NMAN;cval=00;]
DUBA Numero medio de Higiene Personal usando ducha y bañera por manzana [ince=s;ndim=1;d1=NMAN;cval=00;]
XLAM Numero medio de Lavado de Ropa a Mano por manzana [ince=s;ndim=1;d1=NMAN;cval=00;]
XLAC Numero medio de Lavadoras Comunes por manzana [ince=s;ndim=1;d1=NMAN;cval=00;]
YMIL Ingreso medio por Manzana, sobre poblacion total, dividido mil [cval=29;esta=n;ndim=1;d1=NMAN;ince=n;tabl=n;]
ECAC Ingreso medio por Manzana, sobre poblacion económicamente activa, dividido mil
[cval=29;esta=n;ndim=1;d1=NMAN;ince=n;tabl=n;]
CAG1 Consumo de Agua en M3 por persona y manzana en chacra1 [ince=s;cval=00;ndim=0;esta=n;tabl=n;]
CAG2 Consumo de Agua en M3 por persona y manzana en chacra2 [ince=s;cval=00;ndim=0;esta=n;tabl=n;]
CAG3 Consumo de Agua en M3 por persona y manzana en chacra3 [ince=s;cval=00;ndim=0;esta=n;tabl=n;]

CAG4 Consumo de Agua en M3 por persona y manzana en chacra4
[ince=s;cval=00;ndim=0;esta=n;tabl=n;]
CAG5 Consumo de Agua en M3 por persona y manzana en chacra5
[ince=s;cval=00;ndim=0;esta=n;tabl=n;]
CAG6 Consumo de Agua en M3 por persona y manzana en chacra6
[ince=s;cval=00;ndim=0;esta=n;tabl=n;]
CAG7 Consumo de Agua en M3 por persona y manzana en chacra7
[ince=s;cval=00;ndim=0;esta=n;tabl=n;]
CAG8 Consumo de Agua en M3 por persona y manzana en chacra8
[ince=s;cval=00;ndim=0;esta=n;tabl=n;]
CAG9 Consumo de Agua en M3 por persona y manzana en chacra9
[ince=s;cval=00;ndim=0;esta=n;tabl=n;]
ACAG Consumo de Agua en M3 por persona y manzana en vacio (todo
ceros) [ince=n;cval=00;ndim=1;d1=NMAN;esta=n;tabl=n;]

□



Anexo III

ARCHIVOS DE INICIO DEL MODELO DE SIMULACIÓN:
SUBSISTEMA “DEMOGRÁFICO”



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Contenido:

- 1) Contenido del Archivo “Listado de Variables” LDEMOG
- 2) Contenido del Archivo Pre-Programación con interrelaciones entre variables GDEMOG

Contenidos del Archivo GDEMOG


```

CFAM CFAM(I1)=PTOC(I1)/PTOT
POBL IF I1<NCOO THEN
    POBL(I1,I2)=POBI(I1,I2)-CREC(I1+1,I2)+CREC(I1,I2)-
DEFU(I1,I2)+SMIN(I1,I2)+INMI(I1,I2)-EMIG(I1,I2)
    ELSE
    POBL(I1,I2)=POBI(I1,I2)+CREC(I1,I2)-
DEFU(I1,I2)+SMIN(I1,I2)+INMI(I1,I2)-EMIG(I1,I2)
    ENDIF
CREC IF I1=1 THEN
    CREC(I1,I2)=PTOP(I2)*TNAT/2000
    ELSE
    IF I1<NCOO THEN
        CREC(I1,I2)=(POBI(I1-
1,I2)+POBI(I1,I2))/2/XACO(I1)+(POBI(I1-1,I2)-
POBI(I1,I2))/2/XACO(I1)/XACO(I1)
        ELSE
        CREC(I1,I2)=(3*POBI(I1-1,I2)-POBI(I1-
2,I2))/2/XACO(I1)+(POBI(I1-2,I2)-POBI(I1-
1,I2))/2/XACO(I1)/XACO(I1)
        ENDIF
    ENDIF
DEFU DEFU(I1,I2)=POBI(I1,I2)*TMOR(I1)/2000
CMAN CMAN(I1)=PTOP(I1)/PTOT
EMIG EMIG(I1,I2)=PEEM*CFAM(I1)*CMAN(I1)
PTOC PTOC(I1)=0:FOR I2=1 TO
NMAN:PTOC(I1)=PTOC(I1)+POBI(I1,I2):NEXT
    IF PTOC(I1)<1 THEN PTOC(I1)=0
PTOP PTOC(I1)=0:FOR I2=1 TO
NCOO:PTOP(I1)=PTOP(I1)+POBI(I2,I1):NEXT
    IF PTOC(I1)<1 THEN PTOC(I1)=0
PTOT PTOT=0:FOR I1=1 TO NMAN:PTOT=PTOT+PTOP(I1):NEXT
    IF PTOT<1 THEN MSGBOX("Habitantes=0, Semestre=";T):stop
SCPE SCPE(I1)=SCMA(I1)/PTOP(I1)
COHA coha(i1)=scpi/scpe(i1)
SCMA SCMA(I1)=SUPM(I1)-SULI(I1)
PMIT a=ptop(i1)-supm(i1)*pmsc/scpi
    if a>0 then pmit(i1)=a else pmit(i1)=0
PMIR pmir(i1)=pmit(i1)/trmi
PSCU pscu(i1)=scma(i1)/supm(i1)*100
STOC b=scpi*ptop(i1): a=supm(i1)*pmsc/100-scma(i1)
    if b<=scma(i1) then
        stoc(i1)=0
    else
        if b-scma(i1)<=a then
            stoc(i1)=b-scma(i1)
        else
            stoc(i1)=a

```

```

        endif
    endif
OCUS ocus(i1)=stoc(i1)/trmi
SULB sulb(i1)=suli(i1)-ocus(i1): if sulb(i1)<0 then sulb(i1)=0

SMIN a=-pmir(i2)*cfam(i1):nn=0:nn1=0
do
    ii=Int(RAN*nman)
    if pmir(ii)=0 then
        for i3=1 to NCOO:smin(i3,ii)=pmir(i2)*cfam(i3):next
        exit do
    endif
    nn=nn+1
    if nn>1000 then
        for i3=1 to nman
            if pmir(i3)=0 then
                for i4=1 to NCOO:smin(i4,i3)=pmir(i2)*cfam(i4):next
                exit do
            endif
        next
        nn1=1:exit do
    endif
loop until b<>0
if nn1=0 then smin(i1,i2)=a else smin(i1,i2)=0

YNMI nn=0:nn1=0
do
    ii=Int(RAN*nman)
    if pmir(ii)=0 then
        for i3=1 to NCOO:ynmi(i3,ii)=pein*cfam(i3):next
        exit do
    endif
    nn=nn+1
    if nn>1000 then
        for i3=1 to nman
            if pmir(i3)=0 then
                for i4=1 to NCOO:ynmi(i4,i3)=pein*cfam(i4):next
                exit do
            endif
        next
        nn1=1:exit do
    endif
loop until b<>0
PEIN h=-
6.817292139859602e+005+1.554431771752839e+008/TTTT+7.94678617497
9409e+004*log(TTTT)

```

```
s=7.124169*sqr(1+1/39+85447828421006.844*(1/TTTT-
0.000505)^2+21916303.807198755*(log(TTTT)-
7.591193)^2+2*43274344728.21125*(1/TTTT-0.000505)*(log(TTTT)-
7.591193))
```

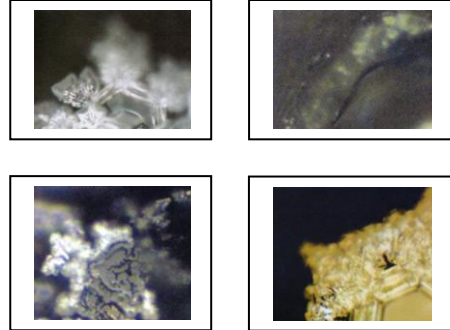
□

Contenidos del Archivo LDEMOG

NCOO Numero de cohortes de edad de la poblacion
[ince=n;cval=00;ndim=0;]
NMAN Numero de manzanas [ince=n;cval=00;ndim=0;]
XACO Numero de años de cada cohorte de poblacion
[ince=n;cval=00;ndim=1;d1=NCOO;]
TMOR Tasa de mortalidad (Tanto por mil anual)
[ince=n;cval=14;ndim=1;d1=NCOO;]
POBI Poblacion inicial por cohortes de edad y manzanas
(NCOO;NMAN) [ince=s;cval=00;ndim=2;d1=NCOO;d2=NMAN;]
POBL Poblacion por cohortes de edad
[esta=s;inic=POBI;ndim=2;d1=NCOO;d2=NMAN;ince=n;tabl=n;]
CREC Nacimientos y crecimiento de la poblacion (NCOO;NMAN)
[esta=n;ndim=2;d1=NCOO;d2=NMAN;ince=n;tabl=n;]
DEFU Defunciones por cohortes de edad (NCOO)
[esta=n;ndim=1;d1=NCOO;ince=n;tabl=n;]
PTOT Poblacion total a principio de año
[esta=n;ndim=0;ince=n;tabl=n;]
PTOP Poblacion total por manzanas (NMAN)
[esta=n;ndim=1;d1=NMAN;ince=n;tabl=n;]
CFAM Composicion de la familia (NCOO)
[esta=n;ndim=1;d1=NCOO;ince=n;tabl=n;]
CMAN Composicion de la población de la manzana (NMAN)
[esta=n;ndim=1;d1=NMAN;ince=n;tabl=n;]
TNAT Tasa de natalidad (Tanto por mil anual)
[ince=s;cval=00;ndim=0;]
YNMI Inmigracion por cohortes y manzanas (NCOO;NMAN)
[esta=n;ndim=2;d1=NCOO;d2=NMAN;ince=n;tabl=n;]
EMIG Emigracion por cohortes y manzanas (NCOO;NMAN)
[esta=n;ndim=2;d1=NCOO;d2=NMAN;ince=n;tabl=n;]
SMIN Saldo migratorio interno por cohortes y manzanas
(NCOO;NMAN) [esta=n;ndim=2;d1=NCOO;d2=NMAN;ince=n;tabl=n;]
PEIN Numero de personas inmigrantes
[esta=n;ndim=0;ince=s;tabl=n;]
PEEM Numero de personas emigrantes externas
[ince=n;cval=14;ndim=0;]
PMIT Numero de personas emigrantes internas teoricas (NMAN)
[esta=n;ndim=1;d1=NMAN;ince=n;tabl=n;]
PMIR Numero de personas emigrantes internas reales (retardo)
(NMAN) [esta=n;ndim=1;d1=NMAN;ince=n;tabl=n;]
TRMI Tiempo de retardo para migraciones internas (semestres)
[ince=n;cval=00;ndim=0;]
OCUS Ocupacion de superficie (NMAN)
[esta=n;ndim=1;d1=NMAN;ince=n;tabl=n;]
SULB Superficie urbana libre (NMAN)
[esta=s;inic=SULI;ndim=1;d1=NMAN;ince=n;tabl=n;]
SULI Superficie urbana libre inicial (NMAN)
[cval=00;ndim=1;d1=NMAN;ince=s;]

SUPM Superficie de cada manzana [ince=n;cval=00;ndim=1;d1=NMAN;]
SCMA Superficie cubierta de cada manzana
[esta=n;ndim=1;d1=NMAN;ince=n;tabl=n;]
SCPE Superficie cubierta por persona (NMAN)
[esta=n;ndim=1;d1=NMAN;ince=n;tabl=n;]
COHA Coeficiente de hacinamiento por manzana (NMAN)
[esta=n;ndim=1;d1=NMAN;ince=n;tabl=n;]
PMSC Porcentaje maximo de superficie cubierta
[ince=n;cval=00;ndim=0;]
STOC Superficie a ocupar teoricamente (NMAN)
[esta=n;ndim=1;d1=NMAN;ince=n;tabl=n;]
PSCU Porcentaje de superfice cubierta (NMAN)
[esta=n;ndim=1;d1=NMAN;ince=n;tabl=n;]
SCPI Superficie cubierta minima por persona
[ince=n;cval=00;ndim=0;]
PTOC Poblacion total por cohortes (NCOO)
[esta=n;ndim=1;d1=NCOO;ince=n;tabl=n;]
TTTT Tiempo a efectos de calculo [ince=n;cval=14;ndim=0;]
TMFA Tamayo medio de la familia [ince=s;cval=00;ndim=0;]
POEC Población Económicamente activa por Manzana
(NMAN) [esta=n;ndim=1;d1=NMAN;ince=n;tabl=n;]

□



Anexo IV

ARCHIVOS DE INICIO DEL MODELO DE SIMULACIÓN:

SUBSISTEMA “INGRESOS”



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Contenido:

- 1) Contenido del Archivo “Listado de Variables” LINGRE
- 2) Contenido del Archivo Pre-Programación con interrelaciones entre variables GINGRE

Contenidos del Archivo GINGRE


```

YNPR nn=0:FOR i5=2 TO NCOO:nn=nn+POBL(i5,I2):NEXT
      YNPR(I2)=DMPM(I2)/nn

DEMVA DEMVA(I2)=0:FOR i5=2 TO
NCOO:DEMVA(I2)=DEMVA(I2)+EMIG(i5,I2):NEXT
      DEMVA(I2)=DEMVA(I2)*YNPR

DMEV DMEV(I2)=0:FOR i5=2 TO
NCOO:DMEV(I2)=DMEV(I2)+YNMI(i5,I2):NEXT
      DMEV(I2)=DMEV(I2)*YNPR

DMIV DMIV(I2)=0:FOR i5=2 TO
NCOO:DMIV(I2)=DMIV(I2)+SMIN(i5,I2):NEXT
      DMIV(I2)=DMIV(I2)*YNPR

HDEM nn1=DEST
      do
          nn2=int(RAN*NMAN):HDEM(nn2)=NDES:nn1=nn1-NDES
      until nn1>NDES
      if nn1<>0 then
          nn2=int(RAN*NMAN):HDEM(nn2)=nn1
      endif

DMVA DMVA(I2)=DMPM(I2)-
      (YNPR(I2)*HDEM(I2))+(GEFE*HDEM(I2))+(CVSA*DMPM(I2))

DEST nn1=0:FOR i5=2 TO NCOO:nn1=nn1+POBL(i5,I2):NEXT
      DEST(I2)=nn1*DESE

DMMC DMMC(I2)=DMPI(I2)*DPIB

DMPM DMPM(I2)=DMPI(I2)+DMVA(I2)+DMEV(I2)-DEMVA(I2)+DMIV(I2)

```

¡¡¡OJO Borrar antes de introducir al SIGEM!!!

Aclaraciones:

DMPI (se carga en DATOS1.TXT)
CVSA (es estocastico)
DPIB (viene como dato)
DESE (se carga en DATOS1.TXT)

Vienen del Modelo DEMOG

NMAN
NCOO
EMIG
YNMI
SMIN
POBL

-----□

Contenidos del Archivo LINGRE

NCOO Numero de cohortes de edad de la poblacion (4)
[ince=n;cval=00;ndim=0;]

NMAN Numero de manzanas (473) [ince=n;cval=00;ndim=0;]

NDES Numero maximo de desempleados a asignar
[ince=n;cval=00;ndim=0;]

GEFE Ingreso fondo de desempleo [ince=n;cval=00;ndim=0;]

YNPR Ingreso promedio por persona por manzana (NMAN)
[esta=n;ince=n;cval=00;ndim=1;d1=NMAN;tabl=n;]

DEMV Variacion Ingresos por emigracion por manzana (NMAN)
[esta=n;ince=n;cval=00;ndim=1;d1=NMAN;tabl=n;]

DMVA Nuevos Ingresos por variacion salarial y desempleo por
manzana (NMAN) [esta=n;ince=n;cval=00;ndim=1;d1=NMAN;tabl=n;]

CVSA Coeficiente de Variacion Salarial
[esta=n;ince=s;cval=00;ndim=0;tabl=n;]

DEST Numero de desempleados totales en municipio
[esta=n;ince=n;cval=00;ndim=0;tabl=n;]

DESE Variacion semestral del numero de personas desempleadas
[esta=n;ince=s;cval=00;ndim=0;tabl=n;]

HDEM Numero de desempleados por manzana (Las Mz son
seleccionadas aleatoriamente) (NMAN)
[esta=n;ince=n;cval=00;ndim=0;tabl=n;]

DMEV Variacion de Ingresos por Inmigracion por manzana (NMAN)
[esta=n;ince=n;cval=00;ndim=1;d1=NMAN;tabl=n;]

DMPM Ingresos Mensuales Corrientes por manzana (NMAN)
[esta=s;inic=DMPI;ince=n;cval=00;ndim=1;d1=NMAN;tabl=n;]

DMPI Ingresos Mensuales Corrientes iniciales por Manzana (NMAN)
[esta=n;ince=s;cval=00;ndim=1;d1=NMAN;tabl=n;]

DMIV Variacion de Ingresos por Migraciones Internas por manzana
(NMAN) [esta=n;ince=n;cval=00;ndim=1;d1=NMAN;tabl=n;]

DPIB Deflactor del PBI [esta=n;ince=s;cval=00;ndim=0;tabl=n;]

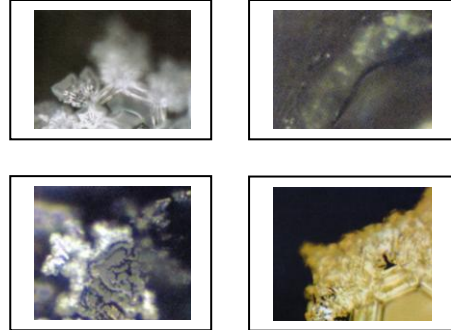
DMMC Ingresos Mensuales Constante por manzana (NMAN)
[esta=n;ince=n;cval=00;ndim=1;d1=NMAN;tabl=n;]

EMIG Emigracion por cohortes y manzanas (NCOO;NMAN)
[esta=n;ndim=2;d1=NCOO;d2=NMAN;ince=n;tabl=n;]

YNMI Inmigracion por cohortes y manzanas (NCOO;NMAN)
[esta=n;ndim=2;d1=NCOO;d2=NMAN;ince=n;tabl=n;]

SMIN Saldo migratorio interno por cohortes y manzanas
(NCOO;NMAN) [esta=n;ndim=2;d1=NCOO;d2=NMAN;ince=n;tabl=n;]

POBL Poblacion por cohortes de edad (NCOO;NMAN)
[esta=s;inic=POBI;ndim=2;d1=NCOO;d2=NMAN;ince=n;tabl=n;]



Anexo V

ARCHIVOS DE INICIO DEL MODELO DE SIMULACIÓN:
SUBSISTEMA “CONSUMOS DE AGUA”



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Contenido:

- 1) Contenido del Archivo “Listado de Variables” LCAGU
- 2) Contenido del Archivo Pre-Programación con interrelaciones entre variables GCAGU

Contenidos del Archivo GCAGU


```

COLT IF t MOD 2 = 1 THEN
  if ppse(1)<0 then ppse(1)=0
  COLT(i1)=PPSE(1)*SCMA(i1)*ISEF(i1)/1000
ELSE
  if ppse(2)<0 then ppse(2)=0
  COLT(i1)=PPSE(2)*SCMA(i1)*ISEF(i1)/1000
ENDIF
CA01 FOR i1=INCH(1) TO INCH(2)-1
  IF t MOD 2=1 THEN
    if bald(i1)<0 then bald(i1)=0
    if scma(i1)<0 then scma(i1)=0
    if ymil(i1)<0 then ymil(i1)=0
    if duch(i1)<0 then duch(i1)=0
    if xlao(i1)<0 then xlao(i1)=0
    h=3.081907748804457e+001-
1.351429400299261e+003*(BALD(i1)*SCMA(i1))+1.156926607959956e+00
3*(BALD(i1)*YMIL(i1))-
2.153807245174447e+001*(DUCH(i1)*XLAO(i1))-
4.158565581524871e+002*(YMIL(i1)*YMIL(i1))
    AA=16435.101869377431*((BALD(i1)*SCMA(i1))-
0.006332)^2+11233.244583511367*((BALD(i1)*YMIL(i1))-
0.005209)^2+4.764687026067*((DUCH(i1)*XLAO(i1))-0.755138
)^2+3859.681762078099*((YMIL(i1)*YMIL(i1))-0.008047)^2
    AB=-2*10944.339894779960*((BALD(i1)*SCMA(i1))-
0.006332)*((BALD(i1)*YMIL(i1))-0.005209)
    AC=2*181.872162830637*((BALD(i1)*SCMA(i1))-
0.006332)*((DUCH(i1)*XLAO(i1))-0.755138 )
    AD=2*6748.835769277135*((BALD(i1)*SCMA(i1))-
0.006332)*((YMIL(i1)*YMIL(i1))-0.008047)
    AE=-2*55.553403113610*((BALD(i1)*YMIL(i1))-
0.005209)*((DUCH(i1)*XLAO(i1))-0.755138 )
    AF=-2*4055.581561509233*((BALD(i1)*YMIL(i1))-
0.005209)*((YMIL(i1)*YMIL(i1))-0.008047)
    AG=2*86.104438257044*((DUCH(i1)*XLAO(i1))-
0.755138 )*((YMIL(i1)*YMIL(i1))-0.008047)
    s=1.308039*sqr(1+1/35+AA+AB+AC+AD+AE+AF+AG)
  ELSE
    if bald(i1)<0 then bald(i1)=0
    if ymil(i1)<0 then ymil(i1)=0
    if pemz(i1)<0 then pemz(i1)=0
    if sul1(i1)<0 then sul1(i1)=0
    h=4.803558126974103e+000-
1.295353712747910e+003*(BALD(i1)*PEMZ(i1))+6.443848896086640e+00
2*(BALD(i1)*SUL1(i1))+7.158699806539819e+002*(BALD(i1)*YMIL(i1))
    AA=10266.300507383368*((BALD(i1)*PEMZ(i1))-
0.005928 )^2+5260.952340437043*((BALD(i1)*SUL1(i1))-
0.010788)^2+8027.285838346739*((BALD(i1)*YMIL(i1))-0.005209)^2

```

```

        AB=-2*5725.981263105973*((BALD(i1)*PEMZ(i1))-
0.005928)*((BALD(i1)*SULI(i1))-0.010788)
        AC=2*924.197171099735*((BALD(i1)*PEMZ(i1))-
0.005928)*((BALD(i1)*YMIL(i1))-0.005209)
        AD=-2*3914.036644367193*((BALD(i1)*SULI(i1))-
0.010788)*((BALD(i1)*YMIL(i1))-0.005209)
        s=1.188879*sqr(1+1/35+AA+AB+AC+AD)
    ENDIF
    if caga<0 then caga=0
    ACAG(i1)=CA01-COLT(i1)
    if ACAG(i1)<0 then ACAG(i1)=0
NEXT
CA02 'FOR i1=INCH(2) TO INCH(3)-1
    IF t MOD 2=1 THEN
        if anio(t)<0 then anio(t)=0
        if tem1(t)<0 then tem1(t)=0
        h=8.107279727767550e-002-
1.116407972403929e+000*(ANIO(t)*TEM1(t))
        AA=210737.170866348980*((ANIO(t)*TEM1(t))-
0.060597)^2
        s=0.000220*sqr(1+1/35+AA)
    ELSE
        if anio(t)<0 then anio(t)=0
        h=-
2.052974729236798e+000+4.134865608929356e+000*(1/ANIO(t))
        AA=2360421.282533907300*((1/ANIO(t))-0.499551 )^2
        s=0.000687*sqr(1+1/35+AA)
    ENDIF
    if caga<0 then caga=0
    ACAG(i1)=CA02-COLT(i1)
    if ACAG(i1)<0 then ACAG(i1)=0
NEXT
CA03 'FOR i1=INCH(3) TO INCH(4)-1
    IF t MOD 2=1 THEN
        if anio(t)<0 then anio(t)=0
        h=2.469659197536780e+002-
8.470088550790401e+001*(1/ANIO(t))-
1.675169176740869e+002*exp(0.100000*ANIO(t))
        AA=142293985211.24161*((1/ANIO(t))-
0.500151)^2+597161535224.86389*(exp(0.100000*ANIO(t))-
1.221330)^2
        AB=2*291500199725.25665*((1/ANIO(t))-
0.500151)*(exp(0.100000*ANIO(t))-1.221330)
        s=0.000407*sqr(1+1/35+AA+AB)
    ELSE
        if anio(t)<0 then anio(t)=0

```

```

                h=-9.124977690985817e+002
+1.076878847603510e+003*(1/ANIO(t))+ 5.396628691985615e+002
*log(ANIO(t))
                AA=688603448198.073240000000*((1/ANIO(t))-
0.500151 )^2+172285095116.303680000000*(log(ANIO(t)-0.692846)^2
                AB=2*344435877308.496700000000*((1/ANIO(t))-
0.500151)*(log(ANIO(t))-0.692846)
                s=0.000842*sqr(1+1/35+AA+AB)
        ENDIF
        if caga<0 then caga=0
        ACAG(i1)=CA03-COLT(i1)
        if ACAG(i1)<0 then ACAG(i1)=0
'NEXT
CA04 'FOR i1=INCH(4) TO INCH(5)-1
        IF t MOD 2=1 THEN
                if anio(t)<0 then anio(t)=0
                h=-
1.394256413717146e+004+1.647207705028611e+004*(1/ANIO(t))+8.2327
91950480103e+003*log(ANIO(t))
                AA=1262345333000.9075*((1/ANIO(t))-
0.500029)^2+315680425508.78088*(log(ANIO(t))-0.693091)^2
                AB=2*631266676150.03259*((1/ANIO(t))-
0.500029)*(log(ANIO(t))-0.693091)
                s=0.003515*sqr(1+1/35+AA+AB)
        ELSE
                if anio(t)<0 then anio(t)=0

h=2.491761325540402e+003+6.225108418363101e+002*(ANIO(t)*ANIO(t)
)-2.490897392260018e+003*(ANIO(t))
                AA=4937393224.045956600000*((ANIO(t)*ANIO(t))-
3.999561 )^2+78975077407.176895000000*((ANIO(t))-1.999889)^2
                AB=-
2*19746668546.988541000000*((ANIO(t)*ANIO(t))-
3.999561)*((ANIO(t))-1.999889)
                s= 0.002328*sqr(1+1/35+AA+AB)
        ENDIF
        if caga<0 then caga=0
        ACAG(i1)=CA04-COLT(i1)
        if ACAG(i1)<0 then ACAG(i1)=0
'NEXT
CA05 'FOR i1=INCH(5) TO INCH(6)-1
        IF t MOD 2=1 THEN
                if duch(i1)<0 then duch(i1)=0
                if c031(i1)<0 then c031(i1)=0
                if tafa(i1)<0 then tafa(i1)=0
                if c011(i1)<0 then c011(i1)=0

```

```

h=3.276979978383005e+001+1.790945531842004e+000*(DUCH(i1)*C031(i
1))+9.912864794938923e+000*(TAFa(i1)*C011(i1))-
2.561775800340850e+001*sqr(DUCH(i1)-
5.659970732256450e+000*sqr(C031(i1))
      AA=0.010194934562*((DUCH(i1)*C031(i1))-9.906592
)^2+0.263469760712*((TAFa(i1)*C011(i1))-
0.607578)^2+2.871327290878*(sqr(DUCH(i1))-
0.865828)^2+0.400002161533*(sqr(C031(i1))-3.525724)^2
      AB=2*0.003609817019*((DUCH(i1)*C031(i1))-
9.906592)*((TAFa(i1)*C011(i1))-0.607578)
      AC=-2*0.158764764312*((DUCH(i1)*C031(i1))-
9.906592)*(sqr(DUCH(i1))-0.865828)
      AD=-2*0.060972883578*((DUCH(i1)*C031(i1))-
9.906592)*(sqr(C031(i1))-3.525724)
      AE=-2*0.084855490858*((TAFa(i1)*C011(i1))-
0.607578)*(sqr(DUCH(i1))-0.865828)
      AF=-2*0.069474796757*((TAFa(i1)*C011(i1))-
0.607578)*(sqr(C031(i1))-3.525724)
      AG=2*0.955615534851*(sqr(DUCH(i1))-
0.865828)*(sqr(C031(i1))-3.525724)
      s=3.310847*sqr(1+1/35+AA+AB+AC+AD+AE+AF+AG)
ELSE
      if c032(i1)<0 then c032(i1)=0
      if c022(i1)<0 then c022(i1)=0
      h=-
1.149575596233329e+000+1.033394048568070e+000*(C032(i1))+1.73699
9137165106e+001*(1/C032(i1))-1.898360437699116e+000*exp(-
0.100000*C022(i1))
      AA=0.001875375551*(C032(i1)-12.771734
)^2+34.636566220132*((1/C032(i1))-
0.088089)^2+0.698351336605*(exp(-0.100000*C022(i1))-0.402484)^2
      AB=2*0.216971986703*(C032(i1)-
12.771734)*((1/C032(i1))-0.088089)
      AC= -2*0.000256315769*(C032(i1)-12.771734)*(exp(-
0.100000*C022(i1))-0.402484)
      AD= -2*0.745012947958*((1/C032(i1))-
0.088089)*(exp(-0.100000*C022(i1))-0.402484)
      s= 1.141102*sqr(1+1/35+AA+AB+AC+AD)
ENDIF
      if caga<0 then caga=0
      ACAG(i1)=CA05-COLT(i1)
      if ACAG(i1)<0 then ACAG(i1)=0
'NEXT
CA06 'FOR i1=INCH(6) TO INCH(7)-1
      IF t MOD 2=1 THEN
            if tafa(i1)<0 then tafa(i1)=0

```

```

        if c011(i1)<0 then c011(i1)=0
        if c021(i1)<0 then c021(i1)=0
        h=9.589201829261533e-
001+1.388620492855219e+001*(TAFa(i1)*C011(i1))-
1.800049983142845e-001*(C011(i1)*C011(i1))+2.200956350503084e-
001*(C011(i1)*C021(i1))+1.704560691328512e+000*exp(0.100000*CO03
(i1))
        AA=2.952086659964*((TAFa(i1)*C011(i1))-
0.321587)^2+0.000366549017*((C011(i1)*C011(i1))-
99.974238)^2+0.000479759106*((C011(i1)*C021(i1))-
83.340862)^2+0.005843717789*(exp(0.100000*CO03(i1))-2.861843)^2
        AB=-2*0.015722325305*((TAFa(i1)*C011(i1))-
0.321587)*((C011(i1)*C011(i1))-99.974238)
        AC=2*0.013769376524*((TAFa(i1)*C011(i1))-
0.321587)*((C011(i1)*C021(i1))-83.340862)
        AD=-2*0.025533568806*((TAFa(i1)*C011(i1))-
0.321587)*(exp(0.100000*CO03(i1))-2.861843)
        AE=-2*0.000414366655*((C011(i1)*C011(i1))-
99.974238)*((C011(i1)*C021(i1))-83.340862)
        AF=2*0.000379639850*((C011(i1)*C011(i1))-
99.974238)*(exp(0.100000*CO03(i1))-2.861843)
        AG=-2*0.000394038821*((C011(i1)*C021(i1))-
83.340862)*(exp(0.100000*CO03(i1))-2.861843)
        s=2.415264*sqr(1+1/35+AA+AB+AC+AD+AE+AF+AG)
    ELSE
        if tem2(t)<0 then tem2(t)
        h=2.679039248521098e+000+2.350932308009209e-
002*(1/TEM2(t)) + 9.789891296461299e-001 *log(TEM2(t))
        AA=1465.822805589972*((1/TEM2(t))-40.260717
)^2+2386750.504174021100*(log(TEM2(t))+3.694698)^2
        AB=2*59147.043996724620*((1/TEM2(t))-
40.260717)*(log(TEM2(t))+3.694698)
        s=0.000471*sqr(1+1/35+AA+AB)
    ENDIF
    if caga<0 then caga=0
    ACAG(i1)=CA06-COLT(i1)
    if ACAG(i1)<0 then ACAG(i1)=0
NEXT
CA07 FOR i1=INCH(7) TO INCH(8)-1
    IF t MOD 2=1 THEN
        if tafa(i1)<0 then tafa(i1)=0
        if xlav(i1)<0 then xlav(i1)=0
        if ymil(i1)<0 then ymil(i1)=0
        if xlao(i1)<0 then xlao(i1)=0
        if duch(i1)<0 then duch(i1)=0

h=9.405179270909800e+000+1.303531075121132e+002*(TAFa(i1)*XLAV(i

```

```

1)) + 1.703939375930131e+001 * (YMIL(i1) * XLAO(i1)) -
2.822452265058277e+001 * (1/DUCH(i1)) + 2.611987434590440e+001 * (1/XL
AO(i1))
      AA = 1146.707781135041 * ((TAF A(i1) * XLAV(i1)) -
0.006684)^2 + 14.940235040672 * ((YMIL(i1) * XLAO(i1)) -
0.093307)^2 + 4.919812943306 * ((1/DUCH(i1)) -
3.580403)^2 + 4.191338569795 * ((1/XLAO(i1)) - 3.864641)^2
      AB = -2 * 29.480554636427 * ((TAF A(i1) * XLAV(i1)) -
0.006684) * ((YMIL(i1) * XLAO(i1)) - 0.093307)
      AC = -2 * 26.630879895221 * ((TAF A(i1) * XLAV(i1)) -
0.006684) * ((1/DUCH(i1)) - 3.580403)
      AD = 2 * 24.617962245698 * ((TAF A(i1) * XLAV(i1)) -
0.006684) * ((1/XLAO(i1)) - 3.864641)
      AE = -2 * 1.992911372906 * ((YMIL(i1) * XLAO(i1)) -
0.093307) * ((1/DUCH(i1)) - 3.580403)
      AF = 2 * 1.853071703269 * ((YMIL(i1) * XLAO(i1)) -
0.093307) * ((1/XLAO(i1)) - 3.864641)
      AG = -2 * 4.540915169092 * ((1/DUCH(i1)) -
3.580403) * ((1/XLAO(i1)) - 3.864641)
      s = 1.398164 * sqrt(1 + 1/35 + AA + AB + AC + AD + AE + AF + AG)
ELSE
      if xlao(i1) < 0 then xlao(i1) = 0
      if c012(i1) < 0 then c012(i1) = 0
      if xlav(i1) < 0 then xlav(i1) = 0
      if ymil(i1) < 0 then ymil(i1) = 0
      h = -4.410547272121510e+000 - 8.426932880243730e-
001 * (XLAO(i1) * C012(i1)) + 2.722530505492488e+000
* exp(0.100000 * C012(i1)) + 7.082630545649797e+000 * sqrt(XLAV(i1)) + 3.2
86714169789567e+001 * sqrt(YMIL(i1))
      AA = 0.008404068073 * (XLAO(i1) * C012(i1)) - 7.176106
)^2 + 0.038571741108 * (exp(0.100000 * C012(i1)) -
2.933541)^2 + 2.091415627313 * (sqrt(XLAV(i1)) -
0.379329)^2 + 9.650983159769 * (sqrt(YMIL(i1)) - 0.332807)^2
      AB = -2 * 0.013161857283 * (XLAO(i1) * C012(i1)) -
7.176106 * (exp(0.100000 * C012(i1)) - 2.933541)
      AC = -2 * 0.065838036920 * (XLAO(i1) * C012(i1)) -
7.176106 * (sqrt(XLAV(i1)) - 0.379329)
      AD = -2 * 0.169475083665 * (XLAO(i1) * C012(i1)) -
7.176106 * (sqrt(YMIL(i1)) - 0.332807)
      AE = 2 * 0.137282778440 * (exp(0.100000 * C012(i1)) -
2.933541) * (sqrt(XLAV(i1)) - 0.379329)
      AF = 2 * 0.310879411590 * (exp(0.100000 * C012(i1)) -
2.933541) * (sqrt(YMIL(i1)) - 0.332807)
      AG = 2 * 0.179631501435 * (sqrt(XLAV(i1)) -
0.379329) * (sqrt(YMIL(i1)) - 0.332807)
      s = 1.303725 * sqrt(1 + 1/35 + AA + AB + AC + AD + AE + AF + AG)
ENDIF

```



```

        if cagg<0 then cagg=0
        ACAG(i1)=CA07-COLT(i1)
        if ACAG(i1)<0 then ACAG(i1)=0
        NEXT
CA08 FOR i1=INCH(8) TO INCH(9)-1
        IF t MOD 2=1 THEN
                if sul1(i1)<0 then sul1(i1)=0
                if ymil(i1)<0 then ymil(i1)=0
                if xlao(i1)<0 then xlao(i1)=0
                h=-
4.677508930260714e+001+1.266837727919172e+003*(SULI(i1)*YMIL(i1)
)+8.056630433531446e+001*(SULI(i1)*XLAO(i1))-
7.544713893855356e+002*(YMIL(i1)*YMIL(i1))+5.009196109575697e+00
0(1/SULI(i1))
                AA=11308.172928390179*((SULI(i1)*YMIL(i1))-
0.026333)^2+21.055156766401*((SULI(i1)*XLAO(i1))-
0.150098)^2+4419.743121702183*((YMIL(i1)*YMIL(i1))-
0.025976)^2+0.136736319505*((1/SULI(i1))-6.193227)^2
                AB=2*223.734946391996*((SULI(i1)*YMIL(i1))-
0.026333)*((SULI(i1)*XLAO(i1))-0.150098)
                AC=-2*6984.734005145042*((SULI(i1)*YMIL(i1))-
0.026333)*((YMIL(i1)*YMIL(i1))-0.025976)
                AD=2*35.775054663716*((SULI(i1)*YMIL(i1))-
0.026333)*((1/SULI(i1))-6.193227)
                AE=-2*150.531648334618*((SULI(i1)*XLAO(i1))-
0.150098)*((YMIL(i1)*YMIL(i1))-0.025976)
                AF=2*0.967929200283*((SULI(i1)*XLAO(i1))-
0.150098)*((1/SULI(i1))-6.193227)
                AG=-2*21.901901598152*((YMIL(i1)*YMIL(i1))-
0.025976)*((1/SULI(i1))-6.193227)
                s=1.621388**sqr(1+1/35+AA+AB+AC+AD+AE+AF+AG)
        ELSE
                if c012(i1)<0 then c012(i1)=0
                if c032(i1)<0 then c032(i1)=0
                if c022(i1)<0 then c022(i1)=0
                h=-1.273959557798468e+001+2.121218289166152e-
002*(C012(i1)*C022(i1))-2.143708955906181e-
001*(C022(i1)*C032(i1))+1.708456460679722e+000*(C022(i1))+8.9862
35835386692e+000*(exp(0.100000*C032(i1)))
                AA=0.000049292697*((C012(i1)*C022(i1))-
69.131360)^2+0.002604817931*((C022(i1)*C032(i1))-
66.754982)^2+0.199326657582*(C022(i1)-
7.197774)^2+1.989934165583*(exp(0.100000*C032(i1))-2.520662)^2
                AB=-2*0.000216334018*((C012(i1)*C022(i1))-
69.131360)*((C022(i1)*C032(i1))-66.754982)
                AC= 2*0.000952412859*((C012(i1)*C022(i1))-
69.131360)*((C022(i1))-7.197774)

```

```

        AD= 2*0.005465206686*((C012(i1)*C022(i1))-
69.131360)*(exp(0.100000*C032(i1))-2.520662)
        AE=-2*0.020974059665*((C022(i1)*C032(i1))-
66.754982)*(C022(i1))-7.197774)
        AF=-2*0.069963367872*((C022(i1)*C032(i1))-
66.754982)*(exp(0.100000*C032(i1))-2.520662)
        AG=2*0.554951143250*((C022(i1))-
7.197774)*(exp(0.100000*C032(i1))-2.520662)
        s=0.870920*sqr(1+1/35+AA+AB+AC+AD+AE+AF+AG)
    ENDIF
    if cagh<0 then cagh=0
    ACAG(i1)=CA08-COLT(i1)
    if ACAG(i1)<0 then ACAG(i1)=0
NEXT
CA09 'FOR i1=INCH(9) TO INCH(10)-1
    IF t MOD 2=1 THEN
        if xlao(i1)<0 then xlao(i1)=0
        if c021(i1)<0 then c021(i1)=0
        if c011(i1)<0 then c011(i1)=0
        h=3.957406857315453e+001-
6.145291272468042e+001*(XLAO(i1)*XLAO(i1))+8.538701114407648e+00
0*(XLAO(i1)*C011(i1)) -
7.352171960551734e+000*C011(i1)+6.386708656709040e+000*log(C021(
i1))
        AA=45.466568183004*((XLAO(i1)*XLAO(i1))-
0.755281)^2+1.089411476448*((XLAO(i1)*C011(i1))-
10.615446)^2+0.930482671599*(C011(i1)-
12.064608)^2+1.196061400721*(log(C021(i1))-2.573897)^2
        AB=-2*6.495550284952*((XLAO(i1)*XLAO(i1))-
0.755281)*((XLAO(i1)*C011(i1))-10.615446)
        AC=2*5.986250231168*((XLAO(i1)*XLAO(i1))-
0.755281)*((C011(i1))-12.064608)
        AD=-2*4.459688217685*((XLAO(i1)*XLAO(i1))-
0.755281)*(log(C021(i1))-2.573897)
        AE=-2*1.005904541343*((XLAO(i1)*C011(i1))-
10.615446)*((C011(i1))-12.064608)
        AF=2*0.488250761830*((XLAO(i1)*C011(i1))-
10.615446)*(log(C021(i1))-2.573897)
        AG=-2*0.469173095894*((C011(i1))-
12.064608)*(log(C021(i1))-2.573897)
        s=1.145507*sqr(1+1/35+AA+AB+AC+AD+AE+AF+AG)
    ELSE
        if tem2(t)<0 then tem2(t)=0
        h= -4.172630162269493e+000-3.869777388826985e-
002*(1/TEM2(t))-1.553490995226156e+000*log(TEM2(t))
        AA=1403.345799553395*((1/TEM2(t))-40.513370
)^2+2287841.843074603900*(log(TEM2(t))+3.700937)^2

```

```

                AB=2*56661.180562294678*((1/TEM2(t))-
40.513370)*(log(TEM2(t))+3.700937)
                s=0.000295*sqr(1+1/35+AA+AB)
        ENDIF
        if cagh<0 then cagh=0
        ACAG(i1)=CA09-COLT(i1)
        if ACAG(i1)<0 then ACAG(i1)=0
    'NEXT
CA10 FOR i1=INCH(10) TO INCH(11)-1
    IF t MOD 2=1 THEN
        if ecac(i1)<0 then ecac(i1)=0
        if tafa(i1)<0 then tafa(i1)=0
        if bald(i1)<0 then bald(i1)=0
        if xlav(i1)<0 then xlav(i1)=0
        h=1.174524059132316e+001-
9.377450030848290e+002*(ECAC(i1)*TAFa(i1))+2.450575965294377e-
001*(1/BALD(i1))-2.303116444178642e-001*(1/XLAV(i1))
        AA=438694.865399425440*((ECAC(i1)*TAFa(i1))-
0.004695)^2+0.021075905313*((1/BALD(i1))-
34.988411)^2+0.018644684147*((1/XLAV(i1))-41.340600)^2
        AB=-2*55.000887652568*((ECAC(i1)*TAFa(i1))-
0.004695)*((1/BALD(i1))-34.988411)
        AC=2*50.267105344013*((ECAC(i1)*TAFa(i1))-
0.004695)*((1/XLAV(i1))-41.340600)
        AD=-2*0.019813176095*((1/BALD(i1))-
34.988411)*((1/XLAV(i1))-41.340600)
        s=0.242013*sqr(1+1/35+AA+AB+AC+AD)
    ELSE
        if scma(i1)<0 then scma(i1)=0
        if xlam(i1)<0 then xlam(i1)=0
        if pemz(i1)<0 then pemz(i1)=0
        h=-1.184204112226301e+004-
2.000902659711452e+002*(SCMA(i1) *
XLAM(i1))+1.179064031791510e+004 *exp(0.100000*PEMZ(i1))
        AA= 36658.430173449058*((SCMA(i1) * XLAM(i1))-
0.046097)^2+115973938.806756760000*(exp(0.100000*PEMZ(i1))-
1.005578)^2
        AB=-2*2055421.908212003300*((SCMA(i1) *
XLAM(i1))-0.046097)*(exp(0.100000*PEMZ(i1))-1.005578)
        s=0.178183*sqr(1+1/35+AA+AB)
    ENDIF
    if cagj<0 then cagj=0
    ACAG(i1)=CA10-COLT(i1)
    if ACAG(i1)<0 then ACAG(i1)=0
NEXT
CA11 'FOR i1=INCH(9) TO NMAN
    h=0 : s=0

```

```
'NEXT
CAGU REM CA01, CA02, CA03, CA04, CA05, CA06, CA07, CA08, CA09,
CA10, CA11
  AA=ACAG(i1)*EFCO*IFFO(i1)/100
  AB=ACAG(i1)*EFCA*RND/100
  CAGU(i1)=ACAG(i1)-AA-AB
CTMA ctma(i1)=cagu(i1)*xnpa(i1)/30
```

Contenidos del Archivo LCAGU

NMAN Numero de manzanas (473) [ince=n;cval=00;ndim=0;]
 YCRO Numero de años con Micromediciones (9)
 [ince=n;cval=00;ndim=0;]
 INCH Numero de manzana en que se inicia cada chacra
 [ince=n;ndim=1;d1=12;cval=00;]
 BALD Numero medio de baños a balde por manzana
 [ince=s;aldi=s;ndim=1;d1=NMAN;cval=00;]
 DUCH Numero medio de Higiene Personal usando ducha por manzana
 [ince=s;aldi=s;ndim=1;d1=NMAN;cval=00;]
 ECAC Ingreso medio por Manzana sobre poblacion económicamente
 activa dividido mil
 [cval=00;esta=n;ndim=1;d1=NMAN;ince=s;aldi=s;tabl=n;]
 DUBA Numero medio de baños que disponen de Ducha con Bañera por
 manzana [ince=s;aldi=s;ndim=1;d1=NMAN;cval=00;]
 PEMZ Promedio de Personas por Manzana dividido mil
 [cval=00;esta=n;ndim=1;d1=NMAN;ince=s;aldi=s;tabl=n;]
 SCMA Promedio de Superficie Cubierta construída en cada Parcela
 por Manzana dividido mil
 [cval=00;esta=n;ndim=1;d1=NMAN;ince=s;aldi=s;tabl=n;]
 SULI Promedio de Superficie Libre en cada parcela por Manzana
 dividido mil
 [cval=00;esta=n;ndim=1;d1=NMAN;ince=s;aldi=s;tabl=n;]
 TAFE Promedio del Tamaño de la Familia por Manzana dividido mil
 [cval=00;esta=n;ndim=1;d1=NMAN;ince=s;aldi=s;tabl=n;]
 XLAM Numero medio de Lavado de Ropa a Mano por manzana
 [ince=s;aldi=s;ndim=1;d1=NMAN;cval=00;]
 XLAV Numero medio de lavadoras automaticas por manzana
 [ince=s;aldi=s;ndim=1;d1=NMAN;cval=00;]
 YMIL Ingreso medio por Manzana sobre poblacion total dividido
 mil [cval=00;esta=n;ndim=1;d1=NMAN;ince=s;aldi=s;tabl=n;]
 XLAO Numero medio de lavabos por manzana
 [ince=s;aldi=s;ndim=1;d1=NMAN;cval=00;]
 C011 Consumo medio de agua por manzana en el año 2001 semestre 1
 [cval=00;esta=n;ndim=1;d1=NMAN;ince=s;aldi=s;tabl=n;]
 C012 Consumo medio de agua por manzana en el año 2001 semestre 2
 [cval=00;esta=n;ndim=1;d1=NMAN;ince=s;aldi=s;tabl=n;]
 C021 Consumo medio de agua por manzana en el año 2002 semestre 1
 [cval=00;esta=n;ndim=1;d1=NMAN;ince=s;aldi=s;tabl=n;]
 C022 Consumo medio de agua por manzana en el año 2002 semestre 2
 [cval=00;esta=n;ndim=1;d1=NMAN;ince=s;aldi=s;tabl=n;]
 C031 Consumo medio de agua por manzana en el año 2003 semestre 1
 [cval=00;esta=n;ndim=1;d1=NMAN;ince=s;aldi=s;tabl=n;]
 C032 Consumo medio de agua por manzana en el año 2003 semestre 2
 [cval=00;esta=n;ndim=1;d1=NMAN;ince=s;aldi=s;tabl=n;]
 ANIO Año con disponibilidad de Información del Consumo de Agua
 con Micromediciones dividido mil
 [cval=08;esta=n;ndim=1;d1=YCRO;ince=n;aldi=n;tabl=n;]

TEM1 Temperatura Media del Semestre 1 y Año en la Localidad de Referencia dividida mil
[cval=00;esta=n;ndim=1;d1=YCRO;ince=s;aldi=s;tabl=n;]
TEM2 Temperatura Media del Semestre 2 y Año en la Localidad de Referencia dividida mil
[cval=00;esta=n;ndim=1;d1=YCRO;ince=s;aldi=s;tabl=n;]
CA01 Consumo de Agua en M3 por parcela y manzana en chacra1
[ince=s;cval=00;ndim=0;esta=n;tabl=n;]
CA02 Consumo de Agua en M3 por parcela y manzana en chacra2
[ince=s;cval=00;ndim=0;esta=n;tabl=n;]
CA03 Consumo de Agua en M3 por parcela y manzana en chacra3
[ince=s;cval=00;ndim=0;esta=n;tabl=n;]
CA04 Consumo de Agua en M3 por parcela y manzana en chacra4
[ince=s;cval=00;ndim=0;esta=n;tabl=n;]
CA05 Consumo de Agua en M3 por parcela y manzana en chacra5
[ince=s;cval=00;ndim=0;esta=n;tabl=n;]
CA06 Consumo de Agua en M3 por parcela y manzana en chacra6
[ince=s;cval=00;ndim=0;esta=n;tabl=n;]
CA07 Consumo de Agua en M3 por parcela y manzana en chacra7
[ince=s;cval=00;ndim=0;esta=n;tabl=n;]
CA08 Consumo de Agua en M3 por parcela y manzana en chacra8
[ince=s;cval=00;ndim=0;esta=n;tabl=n;]
CA09 Consumo de Agua en M3 por parcela y manzana en chacra9
[ince=s;cval=00;ndim=0;esta=n;tabl=n;]
CA10 Consumo de Agua en M3 por parcela y manzana en chacra10
[ince=s;cval=00;ndim=0;esta=n;tabl=n;]
CA11 Consumo de Agua en M3 por parcela y manzana en chacra11
[ince=s;cval=00;ndim=0;esta=n;tabl=n;]
ACAG Consumo de Agua en M3 por parcela y manzana en vacio (todos ceros) [ince=n;cval=00;ndim=1;d1=NMAN;esta=n;tabl=n;]
COLT Disponibilidad de agua de Lluvia Teórica (NMAN)
[ince=n;cval=00;ndim=1;d1=NMAN;esta=n;tabl=n;]
ISEF Selección de un porcentaje de Manzanas en forma focalizada para complementar consumo con Agua de Lluvia (si=1;no=0)
[ince=n;cval=00;ndim=1;d1=NMAN;]
EFCO Porcentaje de Consumo que se reduce por Uso Eficiente del Agua en campaña dirigida [ince=n;cval=00;ndim=0;]
EFCA Porcentaje de Consumo que se reduce como maximo por Uso Eficiente del Agua en campaña aleatoria [ince=n;cval=00;ndim=0;]
EFAL Porcentaje de Manzanas en forma aleatoria para reducir el consumo por Uso Eficiente [ince=n;cval=00;ndim=0;]
IFFO Selección de un porcentaje de Manzanas en forma focalizada para reducir el consumo por Uso Eficiente (si=1;no=0)
[ince=n;cval=00;ndim=1;d1=NMAN;]
CAGU Consumo de Agua en M3 por parcela y manzana (NMAN)
[ince=n;cval=00;ndim=1;d1=NMAN;esta=n;tabl=n;]

PPSE Promedio de Precipitaciones por Semestre en la Localidad
[ince=s;aldis=s;cval=00;ndim=1;d1=2;]
XNPA numero de parcelas por manzana
[cval=00;esta=n;ndim=1;d1=NMAN;ince=n;tabl=n;]
CTMA consumo total por manzana y dia promedio semestral
[cval=00;esta=n;ndim=1;d1=NMAN;ince=n;tabl=n;]

