



Título del Trabajo Fin de Máster:

***GESTIÓN INTEGRADA DEL RIESGO
DE INUNDACIONES EN COLOMBIA***

Intensificación:

HIDRÁULICA URBANA

Autor:

SEDANO CRUZ, RUTH KARIME

Director/es:

DR. CARVAJAL ESCOBAR, YESID

DR. VALLÉS MORÁN, FRANCISCO

DR. ANDRÉS DOMÉNECH IGNACIO

Fecha: **JULIO, 2012**



Título del Trabajo Fin de Máster:
**GESTIÓN INTEGRADA DEL RIESGO DE INUNDACIONES EN
COLOMBIA**

Autor: **RUTH KARIME, SEDANO CRUZ**

Tipo	A <input type="checkbox"/> B <input checked="" type="checkbox"/>	Lugar de Realización	VALENCIA
Director	YESID, CARVAJAL ESCOBAR	Fecha de Lectura	JULIO, 2012
Codirector1	FRANCISCO, VALLÉS MORÁN		
Codirector2	IGNACIO, ANDRÉS DOMÉNECH		
Tutor			

Resumen:

Los perjuicios provocados por las inundaciones reducen el número de bienes en comunidades y sociedades al destruir cosechas en pie, edificaciones, infraestructura y maquinaria, sin contar con las pérdidas de vidas humanas. En ocasiones los efectos de las inundaciones son dramáticos, no sólo en casos particulares a nivel de hogares sino en todo un país, como en el caso de Colombia donde las fuertes anomalías de precipitación, sumadas a la construcción social del riesgo están impactando la comunidad y los sectores productivos, con pérdidas superiores a US \$4.870 millones en el 2011, evidenciando la necesidad de mejorar la gestión.

El objetivo general de la tesina es abordar el problema de los desastres socio-naturales por inundaciones en Colombia a partir un marco conceptual para la gestión integrada del riesgo de inundaciones y de la revisión del estado del conocimiento; el aporte consiste en documentar los problemas presentados a raíz de las inundaciones recientes, identificar las causas del desastre ocurrido en el periodo 2010 - 2011, y sentar las bases de una propuesta de sistema de gestión integrada del riesgo de inundaciones en La Victoria, Valle del Cauca, Colombia.

El documento se basa en la revisión de diferentes enfoques para gestionar inundaciones en armonía con una visión ecosistémica y de gestión integrada del recurso hídrico; se analizan los factores naturales y antrópicos que contribuyen a las inundaciones y se plantean aspectos a incorporar para mejorar la gestión del riesgo, analizando la necesidad de incluir nuevos conocimientos de clima en la evaluación.

Las inundaciones en el periodo 2010 - 2011 han ocasionado perdidas con un costo del 1% del PIB (US \$3.800 millones), dejan 203 muertos y más de cuatro millones de personas afectadas. El desastre se debe múltiples factores, en su mayoría de carácter antrópico. El análisis de datos históricos muestra que las medidas emprendidas hasta el momento no logran los objetivos en prevención y mitigación del riesgo. La baja inversión nacional en la gestión de desastres va en contravía, de las tendencias crecientes de los daños por inundaciones en los últimos 40 años. A diferencia de lo encontrado en otros países, Colombia no cuenta con una directriz para la evaluación y control del riesgo de inundaciones; se destaca en casi todas las causas de la catástrofe, las debilidades a nivel institucional para hacer cumplir la legislación ambiental y de ordenamiento territorial. El efecto de la variabilidad climática, combinado con el acelerado aumento de

la urbanización no planificada sobre áreas con riesgo de inundación y la deficiente gestión del uso del suelo son las principales causas de transformación de las inundaciones en desastres socio-naturales.

Para abordar el problema se plantea un modelo de gestión que incorpore el conocimiento del riesgo, estrategias de prevención y mitigación, planes de respuesta y recuperación. Tiene especial importancia la construcción de mapas de riesgo apoyados en Sistemas de Información Geográfica (SIG), ya que sintetizan el conocimiento sobre el daño potencial de una inundación y sirven como herramienta para la toma de decisiones. Dentro del grupo de actuaciones no estructurales ineludibles figuran los planes de cuenca, los planes de ordenamiento territorial, la normativa de urbanismo y los planes de respuesta a emergencias, rehabilitación y reconstrucción.

La propuesta aplicada al caso de estudio es: incorporar información sobre el fenómeno El Niño Oscilación del Sur (El ENOS) para evaluar los caudales de inundación, analizar otras amenazas que pueden afectar en la gestión de inundaciones, valorar ecosistemas estratégicos, incluir un escenario de inundación por fallo de estructuras de protección, evaluar la amenaza para periodos de retorno de 25, 100 y 200 años. Además, dependiendo de la disponibilidad de información plantear una estimación de la vulnerabilidad a partir de los daños sobre los bienes o a partir de indicadores desagregados de exposición física, fragilidad socioeconómica y nivel de resiliencia; aplicar métodos de toma de decisiones participativos para la selección de actuaciones; incluir la colaboración de la comunidad en la construcción de los planes de respuesta y recuperación; y por último, realizar la evaluación de los resultados para ajustar los planes a los cambios en la amenaza y la vulnerabilidad en el tiempo.

Abstract:

Damages from floods reduce the goods from communities and societies by destroying growing crops, buildings, infrastructure, machinery, and human lives. Many times, consequences from floods are dramatic, not only affecting individual households, but entire countries, as in Colombia. In this country, the strong anomalies in rainfall, together with the social construct of risk, affect both the communities and the productive sector, with financial losses higher than US \$4.870 in 2011, showing the need to improve management.

This thesis aims to address the problem of socio-natural disasters due to floods in Colombia, through a conceptual framework for the integrated flood management and a state of the art review. The contribution to knowledge is the documentation of problems from recent floods, identifying the causes of the disaster in the period 2010 – 2011, and the provision of the basis for a proposal to integrated flood risk management in La Victoria, Valle del Cauca, Colombia.

The document includes a review of different approaches to flood management under the ecosystem and the integrated water resource management approaches. Natural and anthropogenic factors to floods are analyzed and strategies to improve risk management are proposed, from an analysis of the need to introduce new climatic knowledge in assessments.

Floods during the period 2010 – 2011 represented losses equivalent to 1% of the GDP (US \$3.800 millions), 203 human deaths and around four million people affected. The

analysis shows the disaster was consequence of multiple factors, mainly anthropogenic. Assessment of historical data indicates that the implemented measures to address the problem have been insufficient to achieve the objectives of risk prevention and mitigation. The low national investment in disaster management mismatch with the increasing tendencies in floods over the last 40 years. Opposite to other countries, Colombia lack of a directive for the assessment and control of flood risks. In almost every catastrophe, the causes are associated to institutional weaknesses to enforce environmental and land regulations. The effect of climatic variability combined with rapid and unplanned urbanization, in areas with high risk to floods, and inadequate land use, are among the principal causes for the floods to become socio natural disasters.

To address this problem, a management model that takes into account risk knowledge, prevention and mitigation strategies, and response and recovery plans is proposed. An essential element of this model is risk mapping, supported by Geographic Information Systems (GIS), for its ability to synthesize knowledge on the potential damages of floods and as tools for decision making. Within the set of non-structural unavoidable strategies are watershed plans, land management plans, urbanism normative and plans for emergency response, rehabilitation and rebuilding.

The proposal applied to La Victoria case study comprises: introducing information on the phenomenon El Niño South Oscillation (ENSO) to evaluate flood flows, assessment of other hazards to flood management, strategic ecosystems valuing, consideration of one floods scenario due to failure of protection structures, evaluation of hazards for return periods of 25, 100 and 200 years. Further depending on data availability, performing vulnerability estimations from damages on property or from disaggregated indicators of physical exposure, socioeconomic fragility and resilience levels; application of participatory processes to select actions; community involvement to formulate response and recuperation plans; and finally, assessment of results to adjust plans and changes on the hazards and vulnerability in time.

Resum:

El perjudicis provocats per les inundacions, redueixen el nombre de béns en comunitats i societats en destruir collites en peu, edificacions, infraestructures i maquinària, sense contar amb les pèrdues de vides humanes. De vegades, els efectes de les inundacions són dramàtics, no per casos particulars en llars, sino en tot el país, com es el cas de Colombia, on les fortes anomalies de precipitacions, a més de les construccions socials del risc, estan impactant en la comunitat i els sectors productius, amb pèrdues majors a US \$4.870 milions en el 2011, evidenciant la necessitat de millorar la gestió.

El objectiu general de la tesina es abordar el problema dels desastres socio - naturals per inundacions en Colombia a partir d'un marc conceptual per la gestió integrada del risc d'inundacions i de la revisió del estat del coneixement; l'aportació consisteix en documentar els problemes presentats després de les inundacions recents, identificar les causes del desastre ocorregut en el període 2010 - 2011 i ficar les bases d'una proposta de sistema de gestió integrada del risc d'inundacions en La Victoria, Valle del Cauca, Colombia.

El document està basat en enfocaments per gestionar inundacions amb una visió ecosistèmica i de gestió integrada del recurs hídric; s'analitzen els factors naturals i

antròpics que contribueixen a les inundacions i es plantejen aspectes a incorporar per a millorar la gestió del risc, analitzant la necessitat d'incloure nous coneixements de clima dins l'evaluació.

Les inundacions del 2012 - 2011 varen ocasionar pèrdues amb costos del 1% del PIB (US \$3.800 milions), deixan 203 morts i més de 4 milions de persones afectades. El desastre va ser degut a múltiples factors, en la seua majoria de caràcter antròpic. L'anàlisi de dades històriques mostra que les mesures dutes a terme fins ara no aconseguen els objectius en prevenció i mitigació del risc. La baixa inversió nacional en la gestió de desastres va contra la tendència creixent del danys provocats per inundacions en els últims 40 anys. A diferència del trobat en altres països, Colòmbia no compta amb una directiva per la evaluació i control del risc d'inundacions. En quasi totes les causes, destaca les debilitats a nivell institucional per fer complir la legislació ambiental i d'ordenació del territori. L'efecte de la variabilitat climàtica, combinada amb el ràpid creixement de l'urbanització no planificada en zones amb risc d'inundació i la deficiente gestió de l'ús del sòl, són les principals causes de transformació de les inundacions de desastres socio - naturals.

Per abordar el problema, es planteja un model de gestió que incorpore el coneixement del risc, estratègies de prevenció i mitigació, plans de resposta i recuperació. Tenen especial importància la construcció de mapes de risc amb l'ajuda del SIG, ja que unifica el coneixement dels danys potencials d'una inundació i fan de ferramenta en les decisions tomades. Dins del grup d'actuacions no estructurals ineludibles, figuren els plans de conques, els plans d'ordenació del territori i els plans de resposta d'emergència, rehabilitació i reconstrucció.

La proposta del cas d'estudi és: incorporar informació del fenomen El Niño Oscilació del Sur (ENOS) per evaluar els caudals d'inundació, analitzar altres amenaces que poden afectar en la gestió d'inundacions, valorar ecosistemes estratègics, incloure un escenari d'inundació per error de les estructures de protecció, evaluar el perill per períodes de retorn de 25, 100 i 200 anys. A més més, depenen de la disponibilitat de l'informació, plantejar una estimació de la vulnerabilitat a partir dels danys o a partir d'indicadors desagregats d'exposició física, fragilitat socioeconòmica i nivell de resiliència; utilitzar mètodes de decisions participatius per la selecció de actuacions; incloure la col·laboració de la comunitat en la construcció dels plans de resposta i recuperació; i per últim, realitzar l'evaluació dels resultats per ajustar els plans als canvis en l'amenaça i la vulnerabilitat en el temps.

Palabras clave: Variabilidad climática / fenómeno ENOS / Gestión del riesgo de inundación / mapas de inundación / Colombia

Keywords: Climatic variability / ENSO phenomenon / Flood Risk Management / Risk maps / Colombia

A Juanca y Lesvy

AGRADECIMIENTOS.

Deseo expresar mi agradecimiento a todas las personas que, de una u otra forma, han estado presentes en el proceso de elaboración de este Trabajo de Fin de Master:

Especialmente a las tres personas implicadas directamente en este trabajo. A los codirectores Yesid Carvajal, Francisco Vallés e Ignacio Andres, por sus valiosos aportes y sugerencias, sin su apoyo y orientación no hubiese terminado este trabajo.

Al Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación de Colombia, Colciencias, por su apoyo al otorgarme la Beca Francisco José de Caldas para la realización del Master en Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente de la Universidad Politécnica de Valencia

A todos los miembros del grupo de Investigación en Ingeniería de Recursos Hídricos y Desarrollo de Suelos- IREHISA de la escuela EIDENAR de la Universidad del Valle, por hacerme sentir parte de su equipo.

Al Instituto de Investigación y Desarrollo en Abastecimiento de Agua, Saneamiento Ambiental y Conservación del Recurso Hídrico, Cinara de la Universidad del Valle, por todo lo aprendido, fue mi escuela y mi referente de modelo de ingeniería para el desarrollo. Mi especial gratitud para los profesores Mario Alejandro Pérez, Ines Restrepo y Luis Darío Sánchez por su respaldo para iniciar mis estudios de posgrado en la Universidad Politécnica de Valencia.

A mi familia, a mi madre y hermanos, la comprensión que han mostrado frente a mi trabajo y dedicación. En especial me gustaría resaltar el cariño y amor hacia mi esposo Juan Carlos, por su paciencia, confianza y ánimo permanente. Muchas gracias por haber sido el soporte perfecto para alcanzar este objetivo.

A mis amigas, los momentos compartidos, la amistad y el apoyo.

CONTENIDO GENERAL

RESUMEN

AGRADECIMIENTOS

CAPÍTULO 1. MOTIVACIÓN.....	1
CAPÍTULO 2. CONCEPTOS BÁSICOS	11
CAPÍTULO 3. ESTADO DEL CONOCIMIENTO	49
CAPÍTULO 4. ASPECTOS GENERALES SOBRE COLOMBIA	103
CAPÍTULO 5. MARCO LEGAL, INSTITUCIONAL Y FINANCIERO PARA LA GESTIÓN DEL RIESGO DE INUNDACIONES EN COLOMBIA	113
CAPÍTULO 6. INUNDACIONES EN COLOMBIA Y DESASTRES SOCIO-NATURALES	145
CAPÍTULO 7. PROPUESTA METODOLÓGICA PARA INCORPORAR LA GESTIÓN INTEGRADA DEL RIESGO DE INUNDACIONES EN COLOMBIA	175
CAPÍTULO 8. CONCLUSIONES	215
CAPÍTULO 9. BIBLIOGRAFÍA	229

CONTENIDO

1	MOTIVACIÓN	3
1.1	OBJETIVOS.....	6
1.2	JUSTIFICACION	7
1.3	METODOLOGIA.....	9
2	MARCO CONCEPTUAL	13
2.1	CAMBIO CLIMÁTICO (CC)	13
2.2	VARIABILIDAD CLIMÁTICA (VC).....	14
2.3	FENÓMENO DE EL NIÑO OSCILACIÓN SUR – ENOS.....	14
2.3.1	El Niño	15
2.3.2	La Niña	16
2.3.3	ENOS en Colombia.....	17
2.4	INUNDACIONES.....	19
2.4.1	Inundaciones lentas o progresivas.....	20
2.4.2	Inundaciones torrenciales o súbitas	20
2.4.3	Inundaciones por afloramiento de aguas subterráneas.....	21
2.4.4	Inundaciones urbanas.....	21
2.4.5	Efectos de las inundaciones	22
2.5	AMENAZA.....	23
2.6	VULNERABILIDAD.....	24
2.7	RIESGO	27
2.8	GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES (GRD)	30
2.9	ADAPTACIÓN.....	31
2.10	RESILIENCIA	31
2.11	MITIGACIÓN/PREVENCIÓN DE DESASTRES.....	32
2.12	MEDIDAS ESTRUCTURALES.	32
2.13	MEDIDAS NO ESTRUCTURALES	33
2.14	RESTAURACIÓN FLUVIAL	34
2.15	GESTIÓN DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS	35
2.16	GESTIÓN INTEGRADA DE INUNDACIONES (GII)	36
2.16.1	Visión holística del ciclo hidrológico	37

2.16.2	Gestión conjunta del suelo y los recursos hídricos	40
2.16.3	El ordenamiento territorial	40
2.16.4	Gestión de riesgos, incertidumbres y sinergias.....	41
2.16.5	Selección de estrategias eficaces	42
2.16.6	Enfoque participativo.....	43
2.17	GESTION DE INUNDACIONES URBANAS	45
2.18	COMENTARIOS FINALES SOBRE LOS CONCEPTOS REVISADOS.....	47
3	ESTADO DEL CONOCIMIENTO	51
3.1	FUENTES DE INFORMACIÓN	51
3.2	GESTIÓN CONVENCIONAL DEL RIESGO DE INUNDACIÓN.....	53
3.3	EVALUACION DEL RIESGO DE INUNDACIÓN	55
3.3.1	PATRICOVA: Plan de Acción Territorial sobre Prevención del Riesgo de Inundación en la Comunidad Valenciana	57
3.3.2	Estudios de Inundabilidad de Cataluña	60
3.3.3	Plan de Protección Civil frente al riesgo de inundaciones de Cataluña. INUNCAT	62
3.3.4	Planificación de Espacios Fluviales de Cataluña. PEFCAT.....	63
3.3.5	Plan Especial de Protección Civil ante el Riesgo de Inundaciones de Cantabria, INUNCANT	66
3.3.6	Plan especial de riesgo de inundaciones de Murcia. INUNMUR.....	66
3.3.7	Evaluación y mitigación del riesgo de inundación en Norte América	67
3.3.8	Metodologías para la Elaboración de Mapas de Amenaza por Inundación MET-ALARN, Nicaragua.	71
3.3.9	Inundación en la Llanura Aluvial del Río Cauca. Proyecto de Modelación Río Cauca. PMC. Colombia.	72
3.3.10	Plan Distrital de Prevención y Atención de Emergencias de Bogotá.	73
3.3.11	SUFRI. Curvas para estimar efectos de medidas estructurales y no estructurales en la gestión del riesgo de inundación fluvial y pluvial	75
3.4	DIRECTRICES INTERNACIONALES PARA GESTION DEL RIESGO DE INUNDACIONES.....	77
3.4.1	Unión Europea: Directiva de Evaluación y Gestión de los Riesgos de Inundación. (DI) 2007/60/CE.	77
3.4.2	España: Directriz Básica de Protección Civil frente al Riesgo de Inundación	78

3.4.3	Australia: Directrices Nacionales para la Gestión del Riesgo de Inundaciones 2008.....	79
3.4.4	Holanda: Plan Espacial de Decisiones Claves Espacio para el Río.....	84
3.5	MODELOS Y TOMA DE DECISIONES EN LA GESTIÓN DEL RIESGO DE INUNDACIÓN	85
3.6	TEMAS DE INVESTIGACION MÁS RECIENTES EN LA GESTIÓN INTEGRADA DEL RIESGO DE INUNDACIONES.....	89
3.7	ASPECTOS A TENER EN CUENTA EN PAISES EN DESARROLLO	92
3.8	COMENTARIOS FINALES SOBRE EL ESTADO DEL CONOCIMIENTO	94
3.8.1	Estudios previos.....	94
3.8.2	Evaluación de riesgo actual y futuro:	95
3.8.3	Plan de actuaciones:	96
3.8.4	Planes de Gestión de Cuenca, Ordenamiento Territorial y Normativa de Urbanismo.....	98
3.8.5	Plan de respuesta a emergencias.....	99
3.8.6	Sistemas de Pronóstico y Alerta Temprana	100
3.8.7	Plan de Rehabilitación y Reconstrucción.....	100
3.8.8	Evaluación de la gestión.	101
4	ASPECTOS GENERALES SOBRE COLOMBIA	105
4.1	LOCALIZACIÓN Y GEOGRAFÍA.....	105
4.2	POBLACIÓN Y CRECIMIENTO DEMOGRÁFICO	107
4.3	CLIMA.....	108
4.4	RECURSOS HÍDRICOS.....	109
4.5	AMENAZAS NATURALES EN COLOMBIA	110
5	MARCO LEGAL, INSTITUCIONAL Y FINANCIERO PARA LA GESTION DEL RIESGO DE INUNDACIONES EN COLOMBIA.....	115
5.1	POLITICAS INTERNACIONALES A CONSIDERAR	116
5.1.1	Directiva Marco del Agua (DMA). 2000/60 CE.....	116
5.1.2	Directiva de evaluación y gestión de los riesgos de inundación (DI). 2007/60/CE.	116
5.1.3	Estrategia internacional para la reducción de desastres - EIRD.....	117
5.1.4	Marco de acción de Hyogo (2005)	117
5.1.5	Convenio Constitutivo de la Asociación de Estados del Caribe AEC.....	117
5.2	LEGISLACION NACIONAL PARA LA GESTION DEL RIESGO DE INUNDACIONES .	118

5.2.1	Normativa asociada a la Prevención y Atención de Desastres.	119
5.2.2	Normativa para la Gestión del Riesgo de Desastres.....	122
5.2.3	Normativa para la Gestión de los Recursos Hídricos y el Ordenamiento Territorial	123
5.2.4	Normativa sobre Urbanismo	126
5.3	INSTITUCIONES EN LA GESTIÓN DEL RIESGO DE INUNDACIONES EN COLOMBIA	126
5.3.1	Prevención y Atención de Desastres (PAD).....	127
5.3.2	Gestión de los Recursos Hídricos, el Territorio y el Ambiente.....	130
5.3.3	Gestión del Riesgo de Desastres.....	131
5.4	FONDOS DE FINANCIACION PARA LA GESTION DEL RIESGO DE INUNDACIONES EN COLOMBIA.....	133
5.4.1	Costos de los desastres	133
5.4.2	Inversión en Gestión del Riesgo	134
5.5	COMENTARIOS SOBRE EL SISTEMA INSTITUCIONAL, LEGAL Y FINANCIERO PARA LA GESTIÓN DEL RIESGO DE INUNDACIONES EN COLOMBIA.....	138
5.5.1	Sobre la legislación nacional	138
5.5.2	Sobre el sistema institucional.....	141
5.5.3	Sobre los Fondos Financieros para la Gestión del riesgo de Inundaciones..	142
6	INUNDACIONES Y DESASTRES SOCIO-NATURALES EN COLOMBIA	147
6.1	DESASTRES POR INUNDACIONES A NIVEL MUNDIAL	147
6.2	AREAS INUNDABLES EN COLOMBIA.....	148
6.3	40 AÑOS DE INUNDACIONES.....	149
6.4	ULTIMOS DESASTRES ASOCIADOS AL FENOMENO DE LA NIÑA	153
6.5	DESASTRES POR LA TEMPORADA DE LLUVIAS 2010 - 2011	154
6.6	¿A QUÉ SE DEBE QUE LAS INUNDACIONES DEL 2010 SE HALLAN CONVERTIDO EN UNA CATÁSTROFE?	156
6.6.1	Causa 1. El cambio climático y la variabilidad climática	157
6.6.2	Causa 2. Crecimiento demográfico y urbanización no planificada	159
6.6.3	Causa 3. El mal uso del suelo.....	160
6.6.4	Causa 4. El deterioro de los bosques.....	162
6.6.5	Causa 5. Debilidades en la gestión de la infraestructura.....	163
6.6.6	Causa 6. Problemas en la respuesta institucional.....	165

6.6.7	Causa 7. Falta de preparación frente a emergencias de las comunidades..	168
6.6.8	Otras Causas.....	168
6.7	¿QUÉ REFLEXIONES QUEDAN?	170
6.8	SINTESIS DE ASPECTOS QUE DEBEN INCORPORARSE EN LA GESTIÓN INTEGRADA DEL RIESGO DE INUNDACIONES EN COLOMBIA	171
6.8.1	Aspectos transversales a todas las actuaciones de gestión del riesgo..	171
6.8.2	En la evaluación de riesgo de inundación:	172
6.8.3	Dentro de la selección de actuaciones:	172
6.8.4	En los planes de atención de emergencias,	173
6.8.5	En los Sistemas de Alerta Temprana	173
7	PROPUESTA METODOLOGICA PARA INCORPORAR LA GESTIÓN INTEGRADA DEL RIESGO DE INUNDACIONES EN COLOMBIA. CASO DE ESTUDIO LA VICTORIA, VALLE DEL CAUCA.....	177
7.1	DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	177
7.1.1	Localización y Geografía.....	177
7.1.2	Climatología	178
7.1.3	Geología.....	178
7.1.4	Geomorfología.....	179
7.1.5	Población.....	180
7.1.6	Educación.....	180
7.1.7	Viviendas y servicios públicos.....	180
7.1.8	Servicios institucionales municipales	182
7.1.9	Economía.....	182
7.1.10	Río Cauca.	183
7.1.11	Inundaciones.....	184
7.2	ESTRUCTURA GENERAL DE LA GESTIÓN INTEGRADA DEL RIESGO DE INUNDACIÓN EN LA VICTORIA.....	185
7.3	ETAPA 1. CONOCIMIENTO DEL RIESGO.....	186
7.3.1	Estudios Previos.....	186
7.3.2	Evaluación de riesgo actual y futuro	189
7.3.3	Determinación de la amenaza:.....	189
7.3.4	Determinación de la vulnerabilidad	191
7.3.5	Determinación del Riesgo	194

7.4	ETAPA 2. PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DEL RIESGO.....	199
7.4.1	Plan de actuaciones	199
7.4.2	Planes de gestión de cuenca, Ordenamiento Territorial y Normativa de urbanismo.	201
7.5	ETAPA 3. RESPUESTA A EMERGENCIAS.....	204
7.5.1	Plan de Emergencias.....	204
7.5.2	Sistemas de Alerta Temprana y Pronóstico (SATP)	207
7.6	ETAPA 4. PLAN DE REHABILITACIÓN Y RECUPERACIÓN.	209
7.7	ETAPA 5. EVALUACIÓN DE RESULTADOS DE GESTIÓN	211
7.8	COMENTARIOS FINALES.....	214
8	SINTESIS Y CONCLUSIONES.....	217
8.1	SOBRE TEMAS GENERALES.....	217
8.1.1	Del marco conceptual y el estado del conocimiento	217
8.1.2	Del marco legal, financiero e institucional de Colombia para la gestión de inundaciones.....	219
8.1.3	De las causas de las inundaciones en Colombia	220
8.1.4	De la propuesta metodológica para incorporar la Gestión Integrada del Riesgo de Inundaciones	222
8.2	SOBRE LOS APORTES DE LA TESINA.....	225
8.3	FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN	227
9	BIBLIOGRAFIA.....	229

LISTADO DE TABLAS

Tabla 2-1. Principales efectos del cambio climático en Colombia (Ruiz, 2010).	14
Tabla 2-2. Ocurrencia de eventos El Niño y La Niña entre 1950-2010. (Carvajal-Escobar, 2011)	19
Tabla 2-3. Descriptores de la vulnerabilidad prevaleciente (González, 2005).	26
Tabla 2-4. Descriptores que integran el Índice de riesgo físico (González, 2005).....	28
Tabla 2-5. Medidas estructurales para mitigación del riesgo de inundación (Escuder, et al., 2010).	33
Tabla 2-6. Estrategias y opciones para la gestión integrada de inundaciones (APFM, et al., 2009).	42
Tabla 3-1. Ejemplos de gestión tradicional de las inundaciones (APFM, et al., 2009)....	54
Tabla 3-2. Estudios requeridos para la evaluación de inundaciones.....	56
Tabla 3-3. Niveles de riesgo de inundación considerados en el PATRICOVA.	57
Tabla 3-4 Factores de Frecuencia (F) Utilizados. (Generalitat Valenciana, 2002).....	59
Tabla 3-5. Valores de vulnerabilidad (Daños directos) en usos del suelo. (Generalitat Valenciana, 2002).....	60
Tabla 3-6 Metodología de identificación de áreas con riesgo potencial significativo de inundación (ARPSI) en cuencas fluviales. (ACA, 2010)	64
Tabla 3-7. Restricciones del uso del suelo. (Artículo 6 del reglamento de la ley de urbanismo de Cataluña) (ACA, 2009)	65
Tabla 3-8. Clasificación del riesgo de inundación. (Cantabria, 2010)	66
Tabla 3-9. Metodología para el análisis del riesgo en el plan de inundaciones de Murcia (Murcia, 2007).....	67
Tabla 3-10. Zonificación de la amenaza por inundaciones fluviales en Nicaragua (INETER/COSUDE, 2005).....	71
Tabla 3-11. El significado de los mapas de amenaza para la planificación del territorio de Nicaragua.....	72
Tabla 3-12. Tipos de medidas a emprender (Ferrer Polo, 2010).....	78
Tabla 3-13. Clasificación de zonas de acuerdo a vulnerabilidad y frecuencia de inundación (MJI España, 1995)	78
Tabla 3-14. Algunas responsabilidades de acuerdo a los involucrados en el tema de inundaciones en Australia (National Flood Risk Advisoy Group, 2008).....	80
Tabla 3-15. Criterios para promover o limitar ciertos usos del suelo teniendo en cuenta el riesgo de inundación adaptado de (NSW Goverment, 2005).....	82

Tabla 3-16. Medidas adoptadas para crear espacios para el río en 30 localidades de Holanda. (Netherlands Ministry of Transport, Public Works and Water Management, 2008)	85
Tabla 3-17. Tipos de modelos de inundaciones. Adaptado de (Fernandez, 2011) & (FLOODsite, 2008)	87
Tabla 3-18. Componentes un plan de gestión Integrada del Riesgo de Inundación	94
Tabla 3-19. Proceso estudios previos.....	95
Tabla 3-20. Entradas y salida en la evaluación del riesgo.....	96
Tabla 3-21 Actividades del plan de actuaciones	97
Tabla 3-22. Actividades planes de gestión de cuenca, ordenamiento territorial, y ley de urbanismo.....	98
Tabla 3-23. Actividades del Plan de Emergencias.....	99
Tabla 3-24. Actividades del Sistema de Alerta Temprana y Pronóstico.....	100
Tabla 3-25. Actividades del Plan de Rehabilitación y Recuperación.....	101
Tabla 4-1. Distribución de la población por tamaño del municipio según Censos 1973 a 2005 (UNFPA, 2007)	108
Tabla 4-2. Distribución de la precipitación media anual (mm). IDEAM, 2008	109
Tabla 5-1. Leyes y normativa sobre Prevención y Atención de Desastres	120
Tabla 5-2. Principales instrumentos del SNGRD	123
Tabla 5-3. Leyes y normativa ambiental para el ordenamiento territorial.....	124
Tabla 5-4. Normas de urbanismo, construcción y de vivienda	126
Tabla 6-1. Temporada de lluvias I y II, 2010- 2011. Tipos de desastres, muertes y afectados. Adaptado de (SNPAD, 2010, 2011).....	155
Tabla 6-2. Inundaciones 2010-2011, efectos sobre los bienes. Adaptado de SNPAD, 2010, 2011 & Colombia-Humanitaria, 2011.	155
Tabla 7-1 Características clima.....	178
Tabla 7-2. Crecimiento de la población	180
Tabla 7-3. Datos sobre centros educativos y población en edad escolar.....	180
Tabla 7-4. Características de viviendas y servicios públicos	181
Tabla 7-5 Estratificación socioeconómica.....	183
Tabla 7-6. Características río Cauca, en estación hidrométrica La Victoria	184
1. Tabla 7-7. Niveles de amenaza propuestos.....	190
Tabla 7-8. Descriptores que integran el Índice de Vulnerabilidad (González, 2005).	194
Tabla 7-9. Descriptores que integran el Índice de riesgo físico (González, 2005).....	197

Tabla 7-10. Ejemplos de actuaciones para la reducción del riesgo de inundación.....	199
Tabla 7-11. Areas de trabajo para fortalecimiento institucional	201

LISTADO DE FIGURAS

Figura 2-1. Comportamiento de la temperatura del océano y la lluvia en el pacifico tropical en condiciones normales y durante un evento extremo El Niño traducido de (NOAA & TAO, 2011).	16
Figura 2-2. Comportamiento de la temperatura del océano y la lluvia en el pacifico tropical en condiciones normales y durante un evento extremo El Niño. (NOAA & TAO, 2011)	16
Figura 2-3. Anomalías en la precipitación invierno/verano, (DEF/JJA), durante un evento La Niña (NOAA & TAO, 2011).....	17
Figura 2-4. Alteraciones más probables de la precipitación en Colombia durante eventos extremos fuertes de El Niño (a) y La Niña (b). (IDEAM, 2011 (b))	18
Figura 2-5. Concepto de Riesgo en el marco del PATRICOVA	29
Figura 2-6. Factores que se asocian a los desastres. Elaboración propia.....	30
Figura 2-7. Ciclo de manejo integrado de desastres. Elaboración propia	31
Figura 2-8. Modelo de gestión integrada de inundaciones. [Adaptado de (APFM, et al., 2009)]	37
Figura 2-9. Interacción entre el sistema de control de inundaciones y los sistemas natural y socioeconómico. (Orozco, 1999).	39
Figura 3-1. Cantidad de publicaciones por año. Base de datos Isi Web of Knowledge....	51
Figura 3-2. . Publicaciones científicas de la base de datos Isi Web of Knowledge. (a)Distribución de la investigación por regiones; (b). Tipos de documentos publicados..	52
Figura 3-3. Procedencia y año de publicación de las consultas referenciadas. (a) Publicaciones anuales consultadas; y (b) Distribución por región ó país	52
Figura 3-4. Clasificación de zonas de inundación. (ACA, 2009)	61
Figura 3-5. Zona de intenso desagüe ZID (ACA, 2009)	61
Figura 3-6. Metodología general de la PEFCAT. (ACA, 2010).....	63
Figura 3-7.Zonificación del espacio fluvial según normativa urbanística catalana (ACA, 2009)	65
Figura 3-8. Metodología de estimación de pérdidas por inundaciones, (FEMA, 2005)....	70
Figura 3-9. Metodología para evaluación del riesgo de inundación del PDPAE, Bogotá (FOPAE, 2010).....	74
Figura 3-10. Efecto de las medidas estructurales y no estructurales en una curva f-n sobre el riesgo social de inundación (Escuder, et al., 2010).....	76
Figura 3-11. Planeación de usos de suelo teniendo en cuenta el comportamiento de la inundación y el riesgo. Traducido de WMAWATER en (Queensland Goverment, 2011)...	81

Figura 3-12. Esquema conceptual de modelación utilizando HEC-HMS, HEC-RAS, HEC-DSS y SEG Arc-View para obtener mapas de inundación (Rodriguez, et al., 2007).....	88
Figura 3-13. Ejemplo de diseño de vivienda resiliente a inundaciones, Traducido de (Cox Rayner Architects en (Queensland Goverment, 2011).....	91
Figura 4-1. Regiones Naturales de Colombia. (IGAC, 1992).....	106
Figura 4-2. Colombia, Población urbana por departamento según DANE, Censo 2005.	107
Figura 4-3. Distribución porcentual de datos sobre desastres socio-naturales en Colombia (EM-DAT, 2011).....	110
Figura 5-1. Aparición de instituciones, leyes y fondos de financiación según grandes desastres socio-naturales en Colombia. Elaboración propia.....	115
Figura 5-2. Evolución de la Política colombiana en la prevención, atención y gestión del riesgo de desastres. Elaboración propia	119
Figura 5-3. Estructura del SNPAD (UNGRD, 2010).....	129
Figura 5-4. Estructura del SINA (UNGRD; Comision Europea de Ayuda Humanitaria, 2010).....	130
Figura 5-5. Estructura del SNGRD (UNGRD, 2010)	132
Figura 5-6. Daños estimados por Desastres socio naturales Adaptado de (Cardona, et al., 2007)	134
Figura 5-7. Evolución de los ingresos del FNC como % de los ingresos de la Nación. Adaptado de (Martín, et al., 2011) & (Cardona, et al., 2007)	135
Figura 5-8. Distribución de recursos para gestión del riesgo según políticas sectoriales en Colombia. Adaptado de (Cardona, et al., 2007).	136
Figura 5-9. Gasto tributario y gasto en atención de desastres acumulado como % del PIB de Colombia. Adaptado de (Martín, et al., 2011).	136
Figura 6-1. Resumen de desastres socio-naturales a nivel mundial 1975 - 2010, total anual de eventos, afectados y muertes (interpolación linear y líneas suavizadas). EM-DAT	147
Figura 6-2. Total de eventos por tipo de desastre socio naturales 1910 - 2010. EM-DAT	148
Figura 6-3. Zonas susceptibles a inundaciones periódicas en condiciones normales...	149
Figura 6-4. Total de afectados por desastres socio-naturales (Online.DesInventar.org, 2012).....	150
Figura 6-5. Evolución de inundaciones y personas afectadas entre 1970 y 2011. (Desinventar.org).....	151
Figura 6-6. Distribución mensual de Inundaciones y afectados. Periodo 1970-2011 (desinventar.org)	152

Figura 6-7.Efecto de las inundaciones en Colombia, Perdidas de vidas, áreas de cultivo y viviendas, periodo 1970-2011. (EM-DAT. & DESINVENTAR)	153
Figura 6-8. Personas afectadas y muertes ocasionadas por la temporada invernal abril 2010 – diciembre 2011. Adaptado de (Colombiassh.org, 2011a), (UNGRD, 2011), (SNPAD, 2011). (Mininterior, 2011)	155
Figura 6-9. Distribución de afectados por departamentos. I y II Temporada de Lluvias 2010 – 2011. Adaptado de (UNGRD, 2011), (SNPAD, 2011).	156
Figura 6-10. Promedio del MEI, para los últimos 5 eventos más fuertes de La Niña vs. Condiciones del MEI 2010/2011 Adaptado de Wolter, K., & M.S. Timlin ,2011 (Carvajal, et al., 2012).	157
Figura 6-11. Personas afectadas por la temporada invernal abril 2010 – diciembre 2011, Adaptado de SNPAD, 2011 (Carvajal, et al., 2012).....	158
Figura 6-12. Inundaciones en Juanchito, Barrio urbano-marginal de Cali, 2011. (Elpais.com.co)	159
Figura 6-13. Minería de Oro, Zaragoza, río Dagua, Valle del Cauca, 2010 (Elpais.com.co).	161
Figura 6-14. Deforestación en la Amazonía PNN Nukak. (Ciat.org)	162
Figura 6-15. Rotura del Canal del Dique debida a temporada de lluvias, 30/11/2010 (elheraldo.com.co).....	164
Figura 7-1. Localización del municipio de La Victoria, Valle del Cauca, Colombia (Ayala, 2009)	178
Figura 7-2. Reportes sobre inundaciones desde 1950 (Desinventar.org 1950-2011)..	184
Figura 7-3. Daños ocasionados. (Desinventar.org 1999-2011).....	184
Figura 7-4. Estructura general de la gestión del riesgo de inundaciones.....	185
Figura 7-5. Proceso para la elaboración de los estudios preliminares	188
Figura 7-6. Proceso evaluación del riesgo.....	198
Figura 7-7. Procesos del plan de actuaciones	200
Figura 7-8. Proceso de ajuste de planes de cuenca, ordenamiento territorial y normativa de urbanismo.....	203
Figura 7-9. Procesos del Plan de emergencias.....	206
Figura 7-10. Etapa Sistema de Alerta Temprana y Pronóstico	208
Figura 7-11. Plan de Rehabilitación y Recuperación.....	210
Figura 7-12. Proceso de evaluación de la gestión.....	213

CAPÍTULO 1

MOTIVACIÓN

1 MOTIVACIÓN

Durante siglos, las civilizaciones antiguas lograron comprender la dinámica de las inundaciones y adaptarse para beneficiarse de éstas, sin sufrir gravemente sus consecuencias. Con el paso del tiempo, las inundaciones se transforman en desastres y catástrofes humanas debido, al acelerado y desordenado crecimiento de la población en áreas vulnerables, a modelos de desarrollo económico desarticulados de la sostenibilidad ambiental, al cambio climático (CC) y claro, al mayor acceso a la información que hace visibles la magnitud de los problemas ocasionados por los desbordamientos, así ocurran en lugares remotos.

El agua presenta **desafíos al desarrollo**: las inundaciones, sequías y enfermedades transmitidas por ella pueden ejercer un tremendo impacto sobre la población y sin duda también en las economías de los países (Programa de Valoración Global del Agua de Naciones Unidas, 2003). La base de datos de desastres internacionales (EM-DAT, 2011) reporta más de 1'705.000 personas muertas a causa de 8.246 desastres socio-naturales ocurridos en las 3 últimas décadas. Un 78% de ellos están relacionados con amenazas hidrometeorológicas y el 77% de las víctimas se localizaron en países en desarrollo.

En Colombia como en otras regiones, es difícil lograr el **desarrollo sostenible** teniendo en cuenta que los problemas ambientales (crisis del agua, variabilidad climática (VC), CC, desastres socio-naturales, pobreza, etc.), han aumentado en complejidad y conectividad. Es necesario abordar dichos temas como interrelacionados, inseparables y multi-causales (Carvajal-Escobar, 2010). Las prácticas de gestión hídrica actuales pueden no ser suficientemente sólidas para contrarrestar los efectos del CC y la variabilidad climática (VC) sobre **el riesgo de inundación**, ocasionando grandes daños. Otros factores no climáticos, como el crecimiento de la población agudizarán los problemas de los recursos hídricos en el futuro (Bates, et al., 2008).

Colombia es un país altamente propenso a los desastres con eventos severos como erosión, deslizamientos, avenidas torrenciales, avalanchas, desbordamientos,

inundaciones e incendios forestales (CEPAL, 2009). De todos, **las inundaciones son el evento más frecuentemente observado** (ONU, BID; CEPAL, 2007 ; IDEAM, 2004 ; Tucci, 2007). Tal es el caso que a finales del año 2011 el presidente de Colombia menciona “Otra vez la maldita Niña se ha convertido en el karma de mi gobierno” haciendo referencia a los cambios en la política de desarrollo que debió realizar ante **el desastre por inundaciones y deslizamientos que padece Colombia desde el año 2010** cuando asumió el liderazgo del País. Dichos cambios, incluyen incorporar la gestión del riesgo de desastres en todos los niveles del poder involucrados con el desarrollo económico, la ordenación del territorio y la planificación urbanística. Por lo tanto, es dentro de ese contexto que surge la necesidad de abordar el tema de la gestión del riesgo de inundaciones en Colombia.

Las modificaciones realizadas por el hombre en las cuencas hidrográficas, la deforestación y la urbanización son algunos de los retos del Estado Colombiano desde siempre; en los últimos dos años tras las temporadas de lluvias, han pasado factura de cobro dejando según la revisión de información de este trabajo, las siguientes cifras acumuladas: **4,3 millones de afectados y 156 muertos**. Además, en los dos últimos años se reportaron 456 muertes por deslizamientos de tierra sobre la infraestructura vial y sobre viviendas, tanto en el Distrito Capital como, en otros centros urbanos y rurales, colapsando vías de interés nacional y deteriorando las conducciones de agua, petróleo y gas natural en diferentes regiones.

Es necesario desarrollar un plan de gestión integrada de las inundaciones en Colombia porque aunque en el país se han desarrollado numerosas investigaciones sobre la gestión de riesgos y amenazas, gestión de cuencas, variabilidad climática, el fenómeno El Niño Oscilación Sur (ENOS)¹, el cambio climático, degradación ambiental, gestión de los recursos hídricos, deforestación, etc.; el conocimiento adquirido parece ser un asunto nuevo cada vez que ocurre un desastre, incluso a pesar que las inundaciones son la amenaza natural más frecuente en el mundo (Cendrero, 1997 ; Swiss Re, 2001 ; EM-DAT, 2011 ; Munich R, 2008). Las consecuencias que dejan cada vez son peores tanto

¹ El ENOS es un fenómeno océano-atmosférico de gran escala, que altera las condiciones normales del ámbito intertropical en el Océano Pacífico, con impactos asociados que alteran el clima del planeta, y es una de las principales causas de la variabilidad climática interanual a nivel mundial. En Colombia la fase cálida del ENOS (El Niño) está asociada a sequías y la fase fría (La Niña), a un índice alto de precipitaciones (Rossel, 1997).

en pérdidas de vidas, como de bienes y del PIB. Colombia permanece en un ciclo de construcción de la vulnerabilidad social que perpetua la marginalidad y la pobreza.

Los desastres menores y moderados, ocasionados por el ENOS en Colombia, son comparables con los grandes desastres ocurridos por sismicidad y vulcanismo (ej. Armero 1985, terremoto en el eje cafetero 1999), ya que la acumulación histórica de víctimas y pérdidas económicas, debidas a la exclusión del problema de los planes de desarrollo, arroja cifras importantes² (ONU, BID; CEPAL, 2007). Debido a esto, los tomadores de decisiones y los planificadores, tienen la obligación de aproximarse más, a un diálogo estrecho con la ciencia y la sociedad. En este sentido Colciencias, a través de la convocatoria Francisco José de Caldas, permite el desarrollo de este trabajo de investigación que tiene por objetivo abordar el problema de desastres socio-naturales por inundaciones en Colombia a partir de un marco conceptual y la revisión del estado de conocimiento sobre la gestión integrada de inundaciones, la evaluación del riesgo de inundación y la gestión del riesgo de desastres.

Este trabajo se construye a partir de una exhaustiva revisión de literatura con el apoyo de la Universidad Politécnica de Valencia y el Grupo de investigación IREHISA de la Universidad del Valle (Colombia) y se estructura así:

Los capítulos 1 y 2, presentan la motivación del estudio, los objetivos y la conceptualización del tema de inundaciones alrededor de la gestión integrada del riesgo de inundaciones, la gestión de inundaciones urbanas y la gestión del riesgo de desastres.

El capítulo 3 contiene el estado del conocimiento sobre los sistemas de gestión del riesgo de inundaciones aplicados en España, en otros países de la Unión Europea (UE), en Estados Unidos (EU), América Latina y Colombia.

Los capítulos 4, 5 y 6 corresponden a la descripción de la situación de Colombia en la prevención, atención y gestión del riesgo de desastres. Haciendo énfasis en la descripción de los aspectos antrópicos que incidieron en el desastre por inundaciones

² Pérdidas económicas estimadas en Millones de Dólares:

- Erupción del Volcán Nevado del Ruiz – Armero, 1985: \$ 246.05
- Fenómenos extremos del ENOS entre 1971 y 2002: \$1652.89

resultado de la combinación del fenómeno de La Niña y las temporadas de lluvias de 2010 y 2011, con el fin de formular propuestas para mejorar la gestión de las inundaciones.

Los capítulos 7 y 8 contienen una primera propuesta para la gestión integrada del riesgo de inundaciones en Colombia y las conclusiones. El capítulo 9 presenta la bibliografía consultada.

1.1 OBJETIVOS

El objetivo general de la tesina es abordar el problema de los desastres³ socio-naturales por inundaciones en Colombia a partir un marco conceptual para la gestión integrada del riesgo de inundaciones y de la revisión del estado del conocimiento. Del objetivo general se desglosa en los siguientes objetivos parciales:

- Definir un marco conceptual acerca del manejo integrado del riesgo de inundaciones
- Analizar metodologías y sistemas de gestión del riesgo de inundaciones aplicados en diferentes países
- Presentar el marco legal e institucional asociado a la gestión del riesgo de desastres por inundaciones en Colombia
- Documentar los problemas presentados a raíz las inundaciones recientes en Colombia.
- Identificar las causas del desastre socio natural por inundaciones ocurrido en Colombia en los años 2010 - 2011.
- Sentar las bases de una propuesta de sistema de gestión integrada del riesgo de inundaciones en Colombia.

³ Se refiere a desastre si los daños son tales, que superan la capacidad de respuesta de la comunidad afectada, (Carvajal, et al., 2010). El impacto de puede incluir muertes, enfermedades y otros efectos negativos en el bienestar físico, mental y social humano, conjuntamente con daños a la propiedad, la pérdida de servicios, trastornos sociales y económicos y la degradación ambiental (UNISDR, 2009).

1.2 JUSTIFICACION

Desde el año 1900 hasta el 2011, el 77% de los desastres en el mundo estuvieron relacionados con fenómenos hidrometeorológicos (EM-DAT, 2011). **Las inundaciones representan uno de los mayores peligros naturales para el desarrollo sostenible** (OMM, 2009) y **Colombia es un país altamente propenso a los desastres, donde las inundaciones son el evento más frecuentemente observado** (ONU, BID; CEPAL, 2007).

Los perjuicios provocados por las inundaciones reducen el número de bienes de los hogares, las comunidades y las sociedades pues destruyen cosechas en pie, viviendas, infraestructura, maquinarias y edificios, ello sin contar con las trágicas pérdidas de vidas humanas. En ocasiones, los efectos de las inundaciones violentas son dramáticos, no sólo en casos particulares a nivel de hogares sino en todo un país (APFM, et al., 2009), como el caso de Colombia entre los años 1988-1989, y 2010-2011. **La propuesta que se desarrolla en la presente tesina es contribuir al cambio en el paradigma convencional de gestión del riesgo de inundaciones, superando la visión de respuesta reactiva ante emergencias y desastres, hacia procesos de gestión integral del riesgo de desastres por inundaciones.**

La gestión de desastres tradicionalmente se ha enfocado en la amenaza (Agente causante), más que en las condiciones de la población expuesta y la construcción social del riesgo, (Vargas, 2002). Recientemente se está cambiando la base conceptual entendiendo que **la vulnerabilidad⁴ es la principal causa de las pérdidas** y buscando acciones para reducirlas, enmarcando estas en el contexto de desarrollo sostenible, como lo plantean los objetivos de desarrollo del milenio (Carvajal-Escobar, 2011).

La gestión de desastres tradicionalmente se ha enfocado en la amenaza, más que en las condiciones de la población expuesta y la construcción social del riesgo. Recientemente se está cambiando la base conceptual entendiendo que **la vulnerabilidad es la principal causa de las pérdidas** y buscando acciones para reducirlas, enmarcando estas en el contexto

⁴ El riesgo trata de medir la magnitud y la frecuencia con la que se produce un fenómeno o amenaza (ej., Inundaciones), la vulnerabilidad trata de cuantificar La magnitud de los daños producidos asociados al mismo suceso (PATRICOVA, 2002).

Introducir cambios en la gestión del riesgo de inundaciones, no solo es evaluar la probabilidad de ocurrencia, sino, considerar también, las condiciones adicionales para **aprovechar las ventajas de la capacidad de amortiguamiento de los ecosistemas acuáticos en las planicies de inundación** (APFM, et al., 2009). Colombia posee cerca de 1600 zonas de humedales pero, la mayoría está en peligro debido a la expansión urbanística y agrícola. El IDEAM (2001) reporta que las ciénagas del río Magdalena a la entrada del canal del Dique, la depresión Momposina y las lagunas de Sonso y Fúquene, presentan disminución en su lámina libre entre 58 y 90%. En el Valle del río Cauca, la construcción de la represa de Salvajina y obras complementarias, se realizó para incorporar tierras a la producción agrícola, (muchas de ellas humedales), incluso llegando hasta las orillas del río.

Colombia carece de zonas naturales de amortiguamiento de los picos de caudal de ríos y sistemas de drenaje urbano que puedan evitar inundaciones en sitios estratégicos; o lo que es peor, se construyen soluciones estructurales parciales, que trasladan el problema aguas abajo, de un margen a otro del río o no funcionan como se espera. Es evidente que los diseños y obras hidráulicas convencionales no están respondiendo a las implicaciones del CC y la VC. Es decir, a los aumentos en la frecuencia, intensidad y duración de eventos extremos que causan inundaciones (Carvajal-Escobar, 2011). Por lo tanto, no pueden seguir siendo abordados en el diseño clásico con resguardos y márgenes de seguridad. **Es necesario** aprovechar los servicios de los ecosistemas, disminuir de la vulnerabilidad social y fortalecer **la capacidad de adaptación hacia sociedades y territorios con mejor resiliencia**⁵.

La visión holística del riesgo de inundaciones debe incluir la gestión del riesgo (GR) en la planificación y desarrollo de Colombia. En 1992, el país conoció los impactos del fenómeno ENOS en los sectores productivos, las sequías llevaron a tomar medidas nacionales de racionamiento de agua y energía eléctrica; el mayor desastre por inundaciones data de 1988 durante un evento La Niña; dicho fenómeno se repitió en 1999 con efectos desastrosos para el país por inundaciones y deslizamientos. Lo anterior demuestra que el ENOS con sus fases extremas, no es incluido de forma efectiva y eficaz en la planificación del desarrollo de muchos sectores productivos.

⁵ Resiliencia: capacidad de un sistema social o ecológico de absorber perturbaciones y mantener al mismo tiempo la misma estructura básica y manera de funcionar, asociado también a la capacidad de auto-organización, y de adaptarse a las tensiones y cambios.

En el 2010, 28 años después de saber mediante estudios retrospectivos de la fuerte relación del ENOS con la hidroclimatología de Colombia (Mesa, 2008 ; Carvajal-Escobar, 2004 ; Poveda, et al., 2010), se repite un desastre a nivel nacional por inundaciones con magnitudes nunca antes vistas en los caudales de los ríos, en la intensidad de las lluvias y en los impactos adversos sobre la sociedad y la economía. Por lo tanto, el conocimiento sobre el ENOS pareciera ser un asunto nuevo en la gestión del riesgo, en la gestión de los recursos hídricos y en la planificación del país.

La realización de este estudio se justifica ante la necesidad de construir un marco conceptual actualizado al contexto colombiano y a la situación de desastre por inundaciones que vivió Colombia en 2010 y 2011. Se pretende desarrollar un análisis crítico de la gestión existente para hacer visibles las oportunidades de mejorar el enfoque de la gestión integrada del riesgo de inundaciones.

1.3 METODOLOGIA

La revisión bibliográfica parte de múltiples enfoques para gestionar inundaciones y la gestión del riesgo de desastres, en armonía con una visión ecosistémica y gestión integral de los recursos hídricos, analizando los factores que contribuyen a las inundaciones en Colombia.

La bibliografía consultada en esta investigación proviene en su mayoría de internet a través de la red publicaciones de las bibliotecas de la Universidad del Valle y la Universidad Politécnica de Valencia; incluyendo, las base de datos Redalyc, Dialnet y la información sistematizadas por el grupo de investigación IREHISA de la Universidad del Valle. La mayoría de publicaciones consideradas provienen de Colombia y diferentes países de la Unión Europea. En la consulta, no se deja restricción por idioma en los documentos revisados.

Los criterios de búsqueda incluyen artículos científicos, hemerografía, documentos institucionales y libros publicados desde 1990. Sin embargo, la mayoría de publicaciones consideradas se desarrollaron en la última década. Se excluyen los documentos que no entran en el acotamiento establecido, aunque estuvieran asociados al tema de investigación.

CAPÍTULO 2

MARCO CONCEPTUAL

2 MARCO CONCEPTUAL

Este capítulo presenta una serie de conceptos básicos relacionados con el tema de la gestión del riesgo de inundaciones, teniendo en cuenta que la relación entre dichos términos no siempre es clara y que su definición en muchos casos depende del enfoque temático o del origen disciplinar, se procura por lo tanto, estructurar estos conceptos en tres bloques. En primer bloque se abordan los términos de cambio climático, variabilidad climática como aspectos que afectan las predicciones hidrometeorológicas sobre las inundaciones, luego otro bloque define que es amenaza, vulnerabilidad y riesgo, con el fin de determinar que son los desastres socio-naturales y se plantean los conceptos de mitigación, adaptación y resiliencia como bases para la gestión del riesgo de desastres.

Teniendo en cuenta que la gestión del riesgo de inundaciones hace parte de la gestión de los recursos hídricos, se desarrolla un tercer bloque conceptual que aborda los principios del Global Water Partnership sobre la Gestión Integrada de Inundaciones y la gestión de inundaciones urbanas.

2.1 CAMBIO CLIMÁTICO (CC)

El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático - (IPCC, 2001), lo define como un cambio en el estado del clima que se puede identificar, (por ejemplo, mediante el uso de pruebas estadísticas), a raíz de un cambio en el valor medio y/o en la variabilidad de sus propiedades, y que persiste durante un período prolongado, generalmente decenios o períodos más largos (UNISDR, 2009). El CC puede obedecer a muchos factores, como modificaciones en la actividad solar, largos periodos de oscilaciones en los elementos orbitales de la tierra, procesos naturales internos del sistema climático o forzamientos antropogénicos (aumento de concentraciones de gases en la atmósfera) (Carvajal-Escobar, et al., 2007).

El IDEAM⁶ (2010), reporta siguientes los siguientes posibles efectos del CC en Colombia: el promedio de las precipitaciones seguirá disminuyendo durante este siglo; sin embargo,

⁶ Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia

se prevé una mayor probabilidad de ocurrencia y severidad de eventos extremos de lluvia, aumentando el riesgo de desastres socio-naturales por inundaciones fluviales. Además, de continuar con las tendencias analizadas sobre el aumento del nivel de los océanos en Colombia, es posible que se presenten desastres por inundaciones en poblaciones costeras y de ribera cerca a las desembocaduras de los ríos, por efectos de marejadas o por represamiento de los ríos cerca en los puntos de entrega al océano (Tabla 2-1).

Tabla 2-1. Principales efectos del cambio climático en Colombia (Ruiz, 2010).

Aumento al año 2100:	Disminución al año 2100:
<ul style="list-style-type: none"> • Promedio de las temperaturas medias: $+3.2 \pm 0.7$ °C • Nivel de los Océanos: se esperan hasta 32 cm en el Caribe y 22 cm. en el Pacífico • Ocurrencia e intensidad de eventos extremos: Aumentos de precipitación en la costa pacífica y la Orinoquia con valores superiores al +36% 	<ul style="list-style-type: none"> • Precipitaciones medias: desde - 15% hasta - 39% • Glaciares: de 3% a 5% de pérdida anual, posible desaparición en 40 años • Páramos por cambio de clima andino de semi-húmedo a semi-árido.

2.2 VARIABILIDAD CLIMÁTICA (VC)

De acuerdo al IPCC (2001), la VC se entiende como las variaciones del estado medio o normal en los datos estadísticos de clima en todas las escalas temporales y espaciales más allá de fenómenos meteorológicos determinados. Dicha variabilidad puede tener origen en procesos internos naturales del sistema atmosfera-hidrosfera-criosfera-superficie terrestre-biosfera, (variabilidad interna); o a cambios por orígenes externos natural y antrópico (variabilidad externa), como erupciones volcánicas, variaciones solares o cambios en el uso del suelo. La VC se ve expresada en veranos e inviernos extremos cada cierto tiempo o la sucesión de inviernos suaves seguidos por un invierno muy fuerte, frío y húmedo (NOAA & TAO, 2011). Sin embargo, en el trópico dicha variabilidad se expresa en términos de periodos secos y temporadas de lluvias.

2.3 FENÓMENO DE EL NIÑO OSCILACIÓN SUR – ENOS

El Niño Oscilación Sur (ENOS), es un fenómeno océano-atmosférico de gran escala que altera las condiciones normales del ámbito intertropical, con impactos asociados que alteran el clima del planeta (Glantz, et al., 1991), constituyéndose en una de las principales causas de la VC interanual a nivel mundial (Ribstein, et al., 1997). Los impactos que produce son considerables y duran varios meses. Entre ellos destacan

alteraciones en el hábitat marino, precipitaciones, inundaciones, sequías, cambios en los patrones temporales de las tormentas, etc. Consta de dos fenómenos oceánicos principales: el calentamiento atípico de las aguas tropicales del océano Pacífico, llamado popularmente fenómeno de El Niño, y, por otro lado, el enfriamiento atípico de las mismas aguas, fenómeno conocido como La Niña (UNISDR, 2009).

La componente oceánica del ENOS es El Niño, calentamiento anómalo de las aguas superficiales del centro y este del océano Pacífico tropical, que produce una profundización de la termoclina oceánica. También está asociado con el debilitamiento de los vientos alisios del este y con el desplazamiento del centro de convección del oeste al centro del océano Pacífico tropical (Pulwarty, et al., 1993).

La componente atmosférica del ENOS es conocida como la Oscilación del Sur (Southern Oscillation, SO), un gradiente de presiones entre el oeste y el este del océano Pacífico ecuatorial. Generalmente, un centro de alta presión se localiza en Tahiti (18°S , 150°O), mientras que un centro de baja presión se localiza en Indonesia y el norte de Australia cerca de Darwin (12°S , 131°E). Este gradiente de presiones atmosféricas es comúnmente representado por el Índice de Oscilación del Sur (SOI), definido por Walker como la diferencia estandarizada de las anomalías mensuales de presión atmosférica entre Tahití y Darwin (Australia). El índice es positivo cuando la diferencia entre este y oeste es más alta de lo normal, y negativo cuando es inferior a lo habitual. La fase cálida del ENOS (El Niño) está asociada a un índice bajo o negativo y la fase fría (La Niña), a un índice alto o positivo (Rossel, 1997).

2.3.1 El Niño

El Niño se refiere a temperaturas oceánicas por encima del promedio a lo largo de las costas de Ecuador, Perú y el norte de Chile, así como a lo largo de la zona ecuatorial del Pacífico oriental, que persiste en promedio 12 meses, con una recurrencia de 2 a 7 años. En condiciones normales, la superficie del océano en la zona oeste del Pacífico tropical siempre es caliente, la presión atmosférica es baja y las precipitaciones son frecuentes e intensas. Mientras que en el extremo opuesto del Pacífico, (cerca de Suramérica), el agua es relativamente fría, la presión atmosférica es alta y hay poca lluvia. Cuando se presenta El Niño (Figura 2-1), las aguas cálidas de Asia, se dispersan hacia el Este (Suramérica). Las regiones de baja presión y las lluvias torrenciales también migran

hacia el Este. En consecuencia, la zona central y oriental del pacífico se calienta y se torna más lluviosa, mientras que en el extremo occidental del Pacífico las condiciones son más secas y frescas, (IDEAM, 2010).

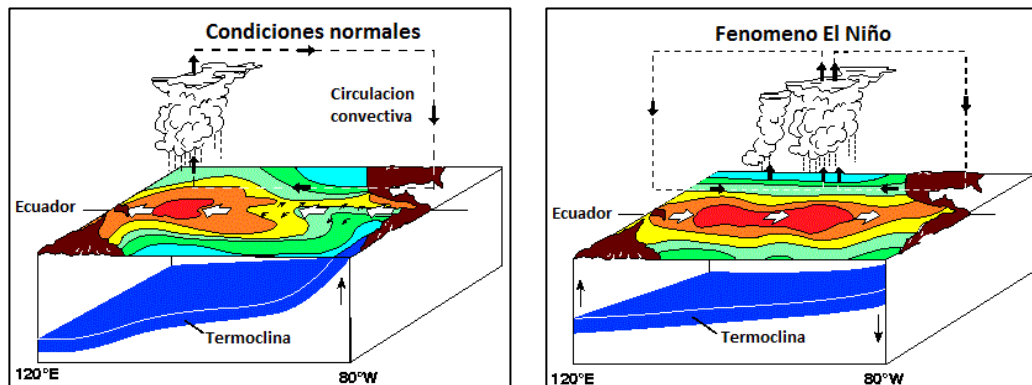


Figura 2-1. Comportamiento de la temperatura del océano y la lluvia en el pacífico tropical en condiciones normales y durante un evento extremo El Niño traducido de (NOAA & TAO, 2011).

2.3.2 La Niña

El término La Niña se usa para designar el evento extremo opuesto a El Niño. Es decir el enfriamiento, más allá de lo normal, de la temperatura del océano tropical, (Figura 2-2). Las características de La Niña son más frías que las condiciones normales del Pacífico Oriental y más húmedas y cálidas que las condiciones normales en el Pacífico de la zona oeste (IDEAM, 2010).

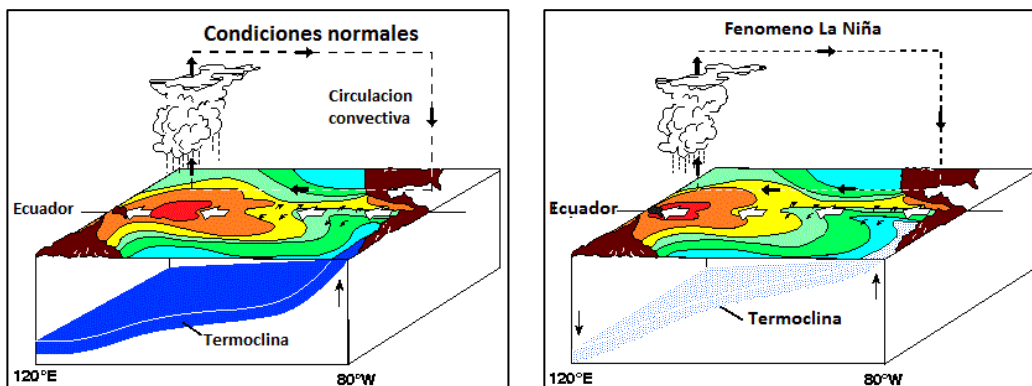


Figura 2-2. Comportamiento de la temperatura del océano y la lluvia en el pacífico tropical en condiciones normales y durante un evento extremo El Niño. (NOAA & TAO, 2011)

Durante La Niña, las lluvias y tormentas disminuyen en el Pacífico ecuatorial central, y se concentran en Indonesia y el Pacífico occidental, produciéndose inviernos menos fríos en Canadá y desastres por inundaciones en Suramérica y Asia (Figura 2-3).

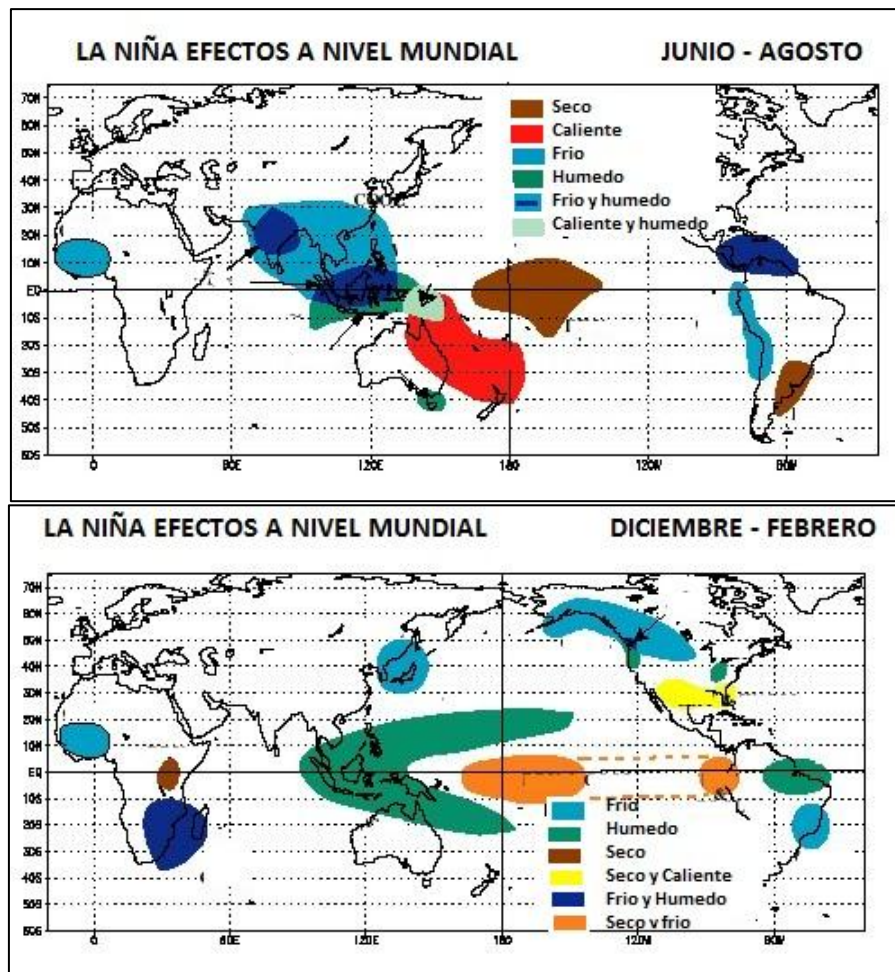


Figura 2-3. Anomalías en la precipitación invierno/verano, (DEF/JJA), durante un evento La Niña (NOAA & TAO, 2011).

2.3.3 ENOS en Colombia

En Colombia, el efecto del fenómeno ENOS en sus fases extremas influye drásticamente (Mesa; 2008; Poveda & Salazar, 2004; Poveda & Álvarez, 2010). Se manifiesta en forma directa sobre la costa pacífica, con aumentos de las temperaturas superficiales y del nivel del océano que impactan los ambientes marinos costeros de la zona. A nivel climático, El Niño tiene influencia sobre todo el territorio nacional principalmente sobre la temperatura del aire y los patrones de precipitación y presenta variables como la cantidad de nubosidad, la radiación y el brillo solar.

El Niño y La Niña también perturban los caudales de los ríos, la humedad del suelo y la actividad vegetal. Los impactos ecológicos abarcan consideraciones sobre los ecosistemas marinos y costeros del Pacífico, la estructura vegetación-suelo y los ecosistemas terrestres (por incendios, déficit o excesos hídricos). A nivel socioeconómico, tiene efectos sobre el sector agropecuario, la pesca, el transporte, la hidroenergía, el

abastecimiento de agua para consumo humano, la salud, la navegación fluvial, los riesgos de desastres socio-naturales, la población y los asentamientos humanos (IDEAM, 2010).

La Figura 2-4 muestra las porciones del territorio susceptibles de déficit o de exceso de humedad durante eventos severos Niño y Niña respectivamente, apreciándose la vulnerabilidad de la región andina y el Caribe frente a sequías e inundaciones sobre todo en la península de la Guajira y la Depresión Momposina.

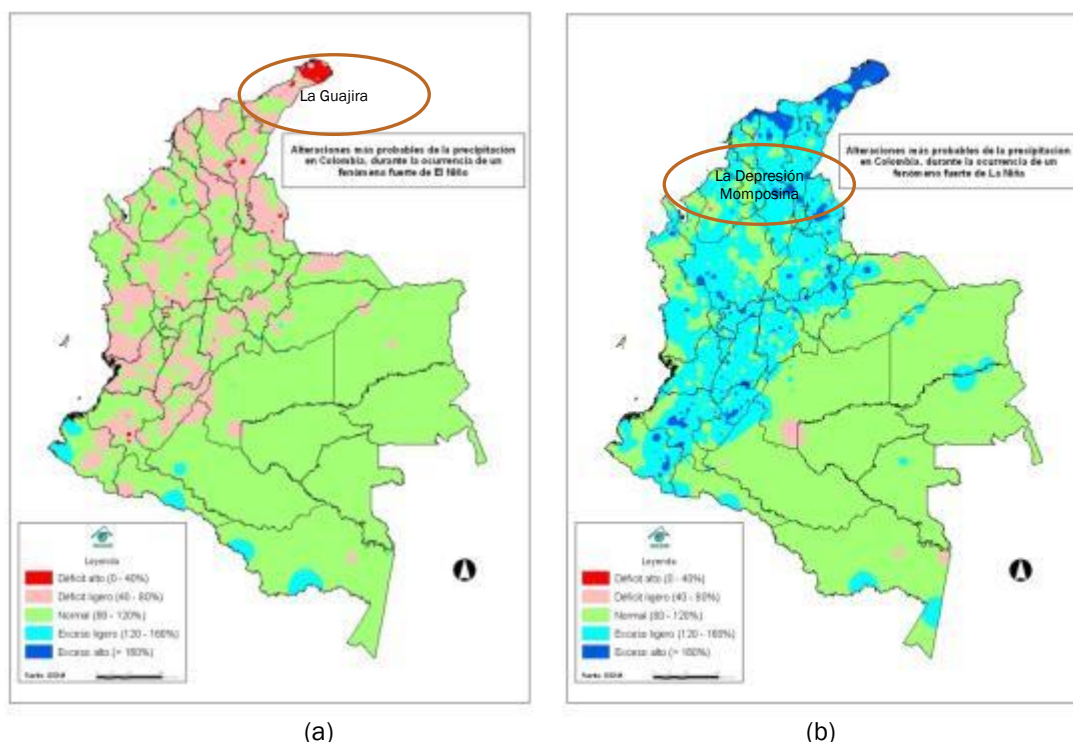


Figura 2-4. Alteraciones más probables de la precipitación en Colombia durante eventos extremos fuertes de El Niño (a) y La Niña (b). (IDEAM, 2011 (b))

El Niño tiene influencia en la disminución de los caudales de los ríos que pueden ser superiores al 20% con relación a caudales promedio en años catalogados como normales, especialmente en el trimestre diciembre-enero-febrero (DEF), (IDEAM, 2010). Sin embargo, pueden presentarse disminuciones de hasta el 50% del caudal como ocurre en la cuenca del río Cali y en otras del Valle del Cauca.

La Niña tiene su mayor influencia en el trimestre septiembre-octubre-noviembre (SON), debido a que el modo húmedo en precipitación influye en el desarrollo de caudales altos en las zonas Andina, Caribe y Pacífico. Impactos de la misma magnitud y carácter húmedo están asociados al trimestre marzo-abril-mayo (MAM). En dicho periodo, los aumentos de

caudal son superiores al 60%, con respecto al promedio de caudales en un año normal. La mayor sensibilidad al fenómeno está en las áreas hidrológicas Magdalena-Cauca, Caribe y Pacífico. Las cuencas más afectadas son las de los ríos Cauca, Patía, Sumapáz, Sogamoso, Catatumbo y Magdalena Medio. Esto se traduce en la posible ocurrencia de inundaciones (IDEAM, 2010). Mientras El Niño, ha ocurrido en los últimos 60 años, con una frecuencia media de 4 años, y variaciones entre 2 y 7 años; La Niña, es un evento no periódico, que sucede con frecuencias medias de 7 años (Tabla 2-2), (Carvajal-Escobar, 2011).

Tabla 2-2. Ocurrencia de eventos El Niño y La Niña entre 1950-2010⁷. (Carvajal-Escobar, 2011)

FENOMENO EL NIÑO						FENOMENO LA NIÑA					
N	INICIO	FINAL	N	INICIO	FINAL	N	INICIO	FINAL	N	INICIO	FINAL
1	jul-51	ene-52	9	ago-77	feb-78	1	dic-50	abr-51	10	ago-95	abr-96
2	mar-57	jul-58	10	abr-82	jul-83	2	may-54	feb-57	11	jun-98	jul-00
3	jun-63	feb-64	11	jul-86	feb-88	3	ago-62	feb-63	12	ago-07	jun-08
4	may-65	may-66	12	abr-94	abr-95	4	may-64	feb-65	13	jul-10	-
5	oct-68	jul-69	13	abr-97	jun-98	5	nov-67	may-68			
6	ago-69	feb-70	14	abr-02	abr-03	6	jun-70	ene-72			
7	abr-72	abr-73	15	may-04	mar-05	7	abr-73	jun-76			
8	ago-76	mar-77	16	jun-06	feb-07	8	sep-84	oct-85			
			17	may-09	may-10	9	abr-88	jun-89			

El Valle del Cauca, por su cercanía al océano Pacífico, es una de las zonas más afectadas por la VC asociada al fenómeno ENOS en sus fases extremas; y que a su vez, por su vocación agrícola, es vulnerable a los efectos del CC, ante el aumento de probabilidades de que se produzcan sequías e inundaciones más intensas (Magaña, 2004). En la región, la fase fría (La Niña), está asociada a incrementos en la precipitación, pérdida de vidas humanas por deslizamientos, crecidas e inundaciones; así como, a aumentos en la erosión y transporte de sedimentos de los ríos (Perez, et al., 1998 ; Poveda, 2004 ; Puertas, et al., 2008 ; Carvajal-Escobar, 2011). Así como al incremento en los casos de malaria y enfermedades endémicas (Mantilla, et al., 2009)

2.4 INUNDACIONES

...“El 77% de los desastres en el mundo son de origen hidrometeorológico y aunque, en general, el riesgo de morir a causa de un ciclón tropical o por una gran inundación fluvial es menor hoy que hace 20 años, el crecimiento de la población mundial ha aumentado la exposición física a tales riesgos y el riesgo de

⁷ Los episodios fríos y cálidos fueron definidos para mínimo 5 trimestres consecutivos, basado en un umbral de +/- 0.5 °C para el Índice oceánico en la región Niño 3-4. En el Período base: 1971-2000, Adaptado de: http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml

mortalidad se concentra en los países con bajo PIB (UNISDR, 2011). La desigualdad de oportunidades para acceder a recursos, información y el desequilibrio de poderes a la hora de participar en la planificación y la aplicación de políticas de desarrollo, implican una gran variabilidad de los efectos que una misma peligrosidad ó amenaza hidrometeorológica, puede producir sobre distintos países y sociedades (Porto, et al., 1996). Dichas diferencias en cuanto a vulnerabilidad tienen efecto directo sobre los retos para alcanzar el desarrollo sostenible. Por otra parte, las inundaciones traen beneficios al mejorar los suelos de las planicies, sustentar los ecosistemas y los servicios que prestan. Debido a esto, los pueblos se concentran en las planicies de inundación y aprovechan su productividad en la agricultura, la pesca y los servicios de transporte, contribuyendo en buena medida a la seguridad alimentaria. Entonces, no es posible pretender que las comunidades actuales abandonen las áreas inundables. Por lo tanto, es necesario encontrar un equilibrio entre las necesidades de desarrollo y los riesgos, haciendo sostenible la vida, aun cuando persista un riesgo que atente contra la vida y los bienes (APFM, et al., 2009)."

Las inundaciones son un fenómeno natural provocado por la persistencia de las lluvias en una región determinada que resulta en la anegación de vastas zonas y en el desbordamiento de corrientes de aguas superficiales, arroyos, quebradas, elevación del nivel freático, etc. También pueden ser provocadas por situaciones de origen artificial como la rotura de presas, roturas de tanques o cisternas captadoras de agua, dificultad en la canalización por bloqueo natural o artificial (Velis, et al., 1991). Es decir, la ocupación que hace el agua de áreas normalmente secas cuando del nivel del agua sobrepasa el nivel del terreno de las orillas en los cauces de los ríos, lagos, acuíferos y océanos (OPS/OMS, 2006).

2.4.1 Inundaciones lentas o progresivas

Estad se presentan en las zonas planas cercanas a las riberas de los ríos cuando las precipitaciones permanecen por largo tiempo.

2.4.2 Inundaciones torrenciales o súbitas

Ocurren ante tormentas fuertes en cuencas de alta pendiente y con baja cobertura vegetal. Pueden desarrollarse en minutos u horas y tienen como características principales una gran capacidad de arrastre de materiales, y un alto poder destructivo. También pueden presentarse como resultado de la rotura de diques construidos o represamientos de agua.

2.4.3 Inundaciones por afloramiento de aguas subterráneas

Ocurre de forma natural ante precipitaciones fuertes y prolongadas, por suspensión del uso de un acuífero o por fallos en el bombeo, cualquiera de las anteriores puede derivar en la elevación de la tabla de agua en el acuífero hasta alcanzar la superficie del suelo y generar el anegamiento en zonas bajas comunicadas con el acuífero. Este tipo de inundación ocurre de forma lenta y tienden a una larga permanencia en el tiempo.

2.4.4 Inundaciones urbanas

Se presentan por deficiencias de las redes de drenaje, en ciudades con una topografía plana o cóncava y/o por el desbordamiento de los ríos y quebradas que atraviesan o bordean las poblaciones (IDEAM, 2004). La principal causa de las inundaciones urbanas es la impermeabilización de superficies que produce una disminución del tiempo pico y del tiempo base del hidrograma, aumentando los caudales máximos en las tuberías de drenaje.

La red de drenaje muchas veces no tiene la suficiente capacidad hidráulica debido a la configuración del terreno, al depósito sedimentos que entran a la red o a lo extremo del evento⁸, desbordando por los imbornales, las tapas de las cámaras de inspección, canales, cajas domiciliarias e incluso de los aparatos sanitarios e inundando las vías y edificaciones. De forma generalizada se clasifican en dos tipos:

- **Inundación fluvial (externa):** Las cuencas medianas y grandes poseen dos secciones de río. (Sección normal o sección a banca llena). El lecho menor donde escurre o transita la mayor parte del tiempo y el lecho mayor o planicie de inundación, ocupada por el agua durante eventos extremos o con menor probabilidad de ocurrencia. Los impactos negativos de las inundaciones ocurren cuando las áreas de lecho mayor han sido ocupadas por las personas, y esto se produce cuando las ciudades no incluyen limitaciones claras en la ocupación del espacio en los planes de desarrollo urbano, cuando hay invasión del espacio del río, o cuando las obras de protección

⁸ Es importante tener en cuenta otros factores en las cuencas urbanas. por ejemplo la deforestación en zona alta de las cuencas cambia el comportamiento de la escorrentía, en zonas planas la desecación de humedales y otras áreas de amortiguación puede trasladar la inundación de un lugar a otro, además la mala disposición de residuos, o la inadecuada ubicación de puentes, pasos de tubería y otra infraestructura puede afectar la capacidad de drenaje de canales naturales y artificiales, favoreciendo la ocurrencia de inundaciones.

dan una contradictoria sensación de seguridad que permite el desarrollo urbanístico en zonas de riesgo (Tucci, et al., 2006).

- **Inundación pluvial (interna):** Inundaciones por colapso del sistema de drenaje. Se deben en gran parte a la urbanización e impermeabilización de superficies (tejados, calles, pisos, etc.) por fuera de los planes de desarrollo urbano y de infraestructura de drenaje y saneamiento. El incremento de la población produce un aumento de consumo de agua para abastecimiento, de producción de aguas residuales y residuos sólidos. Los rellenos sanitarios, el manejo de basuras y el aseo público afectan el comportamiento de las redes de drenaje. Las labores de mantenimiento y actualización de tuberías y equipos de bombeo también limitan la respuesta de las redes colectoras en la evacuación de la esorrentía urbana. Un tercer aspecto es el desarrollo de infraestructura vial y la misma urbanización se puede convertir en obstáculo para el adecuado escurrimiento por la ubicación de puentes, la impermeabilización de superficies en zonas de recarga de acuíferos y la urbanización en zonas de almacenamiento natural (Tucci, et al., 2006).

2.4.5 Efectos de las inundaciones

Las inundaciones, en especial la energía que movilizan pueden transformar el paisaje, son esenciales en los ciclos vitales de los ecosistemas fluviales y de ribera, y favorecen la productividad de las llanuras de inundación, también pueden ocasionar daños sobre la infraestructura, los bienes y las personas. A continuación se presentan algunas de las consecuencias que dejan las inundaciones:

- **En el paisaje:** Las inundaciones tienen un alto poder de modificación del paisaje, tanto en el mismo cauce, como en las áreas potencialmente inundables (terrazas fluviales, abanicos aluviales, llanos de inundación, deltas, humedales, depresiones, endorreicas, depresiones kársticas). Las repercusiones a veces se dejan notar tras varias inundaciones sucesivas, con cierto tiempo de escala geológica (Mateu, 1990). En todo caso, la capacidad de alteración del paisaje, dependen tanto de las características de la cuenca, la velocidad del flujo, la pendiente, la concentración de sedimentos y el nivel del agua, etc. Es usual que se presente formación de cárcavas, desviaciones de curso, deslizamientos, etc.

- **En los ecosistemas** tienen efectos sobre el crecimiento y muerte de muchas especies en las riberas, tras una inundación se renueva el ambiente fluvial y los hábitats, como parte natural del ciclo ecológico. Tras las inundaciones se incrementa la fertilidad del suelo, se limpian los cauces, se renuevan aguas estancadas y se recargan los acuíferos.
- **En la infraestructura:** El desarrollo de infraestructura en zonas propensas a inundación incrementa el riesgo de daños parciales o totales sobre vías, sistemas de telecomunicaciones, viviendas, industrias, cultivos, puentes, defensas, presas, estaciones de aforo, bocatomas, redes de agua potable, tuberías, embalses, canales, acequias, etc.
- **En las personas:** Como consecuencia de las inundaciones se produce una paralización de actividades productivas con las respectivas pérdidas económicas directas e indirectas en sector privado y público, detrimento de la calidad de vida, ralentización del desarrollo económico y del bienestar, conflictos sobre la propiedad, migraciones y desplazamiento, efectos sobre la salud pública, propagación de epidemias y pérdidas de vidas humanas.

2.5 AMENAZA

Una amenaza⁹ (Ai) se refiere a la probabilidad de ocurrencia de un evento con una cierta intensidad mayor o igual a i, en un sitio específico y en un periodo de tiempo de exposición determinado (t) (Cardona, 2001). Es decir, **la peligrosidad** que representa la probable manifestación de un fenómeno físico de origen natural, socio-natural o antropogénico, que se anticipa y puede producir efectos adversos en las personas, la producción, la infraestructura, los bienes y servicios (PRICC, 2011). Los principales elementos de amenaza por inundaciones son:

⁹ El término **Amenaza hidrometeorológica (AH)** hace referencia a fenómenos de origen atmosférico, hidrológico u oceanográfico que puede causar la muerte, lesiones u otros impactos a la salud, al igual que daños a la propiedad, las pérdidas de medios de sustento y de servicios, trastornos sociales y económicos, o daños ambientales. Se cuentan entre las AH, los ciclones tropicales, tempestades, granizadas, tornados, tormentas de nieve, avalanchas, marejadas, **inundaciones**, sequías, heladas, olas de calor y frío. **Las condiciones meteorológicas también pueden representar un factor de incidencia para otras amenazas, como aludes**, incendios forestales plagas, epidemias, transporte y dispersión de sustancias tóxicas y material de erupciones volcánicas (UNISDR, 2009).

- El origen de la inundación (precipitación intensa, deshielo, rotura de represamiento, etc.)
- El tipo de curso fluvial en que nos encontremos (gran río, curso de montaña, rambla, curso de recorrido corto...) y el tramo del mismo (alto, medio- bajo, tramo encajado o divagante...)
- El volumen de la inundación y especialmente la altura máxima que alcanza el agua
- La velocidad de propagación, la rapidez de subida del agua, que condiciona la posibilidad de alertar y evacuar a tiempo a la población
- La duración de la inundación, muy importante de cara a los daños económicos por paralización de actividades
- La época de año en que se produzca el evento, lo cual puede ser relevante para cosechas y determinadas actividades económicas
- El área inundada o magnitud de inundación
- Parámetros fundamentales: la frecuencia del proceso y la probabilidad de que se produzca en el futuro (Ollero-Ojeda, 1997).

2.6 VULNERABILIDAD

La vulnerabilidad (V_e), es la predisposición o susceptibilidad física, económica, política o social que tiene una comunidad (e') a ser afectada o sufrir los efectos adversos en caso de que se manifieste una amenaza con una intensidad mayor o igual a i (Cardona, 2001). Representa también las condiciones que imposibilitan o dificultan la recuperación autónoma posterior (CEPRENAC/PNUD, 2005). La vulnerabilidad se determina a partir de 3 factores:

- **Exposición o fragilidad física:** es decir, la ubicación de personas o bienes económicos en zonas propensas a amenaza (EIRD/ONU, 2011). Está compuesto por todos los individuos, hogares, clases, estados, ecosistemas, etc. Se caracteriza a través de la frecuencia, magnitud y duración;
- **Sensibilidad o fragilidad social:** es decir la relación entre las condiciones humanas (capital social) y las condiciones ambientales (capital natural, riqueza suelo, agua, aire); y,

- **Elasticidad o resiliencia:** determina la respuesta, el impacto y el ajuste o adaptación, es decir a partir de programas existentes, cuantas pérdidas se provocan y que nuevos programas surgen (Naranjo, 2010).

Los elementos que determinan la vulnerabilidad de una comunidad frente a las inundaciones son:

- Los usos del suelo y del agua;
- La presencia de asentamientos humanos y la densidad de población en zonas inundables;
- El nivel tecnológico y de organización;
- La infraestructura existente y el ordenamiento territorial;
- La concentración espacial de actividades industriales y de producción de bienes y servicios;
- La degradación del medio físico;
- La existencia y eficacia de los Sistemas de Atención y Prevención de Desastres, ahora denominados Sistemas de Gestión del Riesgo de Desastres;
- La existencia y eficacia de los Planes de Emergencia con Sistemas de Evacuación (Ollero-Ojeda, 1997).

Índice de Vulnerabilidad Prevalciente IVP_x . Es una forma de estimar la vulnerabilidad, a partir de la suma ponderada de factores que la definen, y que reflejan la exposición y susceptibilidad física ES, la fragilidad socio-económica FS y la falta de resiliencia FR en cada unidad de análisis (Cardona, 2005).

$$IVP_{ES,FS,FR} = \sum_{i=1}^m w_{ES_x} \times D_{ES_x} + \sum_{j=1}^n w_{FS_x} \times D_{FS_x} + \sum_{k=1}^l w_{FR_x} \times D_{FR_x}$$

Donde: w_{ES_x} , w_{FS_x} , y w_{FR_x} son los pesos que toman en consideración la importancia relativa de cada categoría de vulnerabilidad; D_{ES_x} , D_{FS_x} y D_{FR_x} son los descriptores que componen cada categoría de vulnerabilidad y m , n y l indican el número total de descriptores para cada categoría de vulnerabilidad.

La valoración de los pesos de cada uno de los descriptores que componen los índices, se obtiene mediante su ponderación y sus valores deben ilustrar la importancia de cada uno con respecto a los demás en la determinación de cada índice, debiendo tratar de reflejar

el conocimiento colectivo de los expertos para definir su valor. Finalmente, para su ponderación se utiliza el Proceso Analítico Jerárquico (PAJ), una técnica factible y razonable para capturar el criterio, la experiencia y el juicio de expertos (Gonzáles, 2005). A continuación se presentan posibles descriptores de la vulnerabilidad frente a inundaciones (Tabla 2-3).

Tabla 2-3. Descriptores de la vulnerabilidad prevaleciente (Gonzáles, 2005).

Indicadores de exposición y susceptibilidad	Código	DESCRIPTOR, D
	ES1	Densidad poblacional
	ES2	Densidad agrícola y ganadera
	ES3	Crecimiento poblacional
	ES4	Dispersión población
	ES5	Población indígena
	ES6	Población con dependencia física
	ES7	Población NBI
	ES8	Población en sector primario
	ES9	Viviendas pobres o con hacinamiento
Indicadores de fragilidad	Código	DESCRIPTOR, D
	FS1	Marginación poblacional
	FS2	Migración poblacional
	FS3	Rezago social
	FS4	Seguridad social
	FS5	Desempleo abierto
	FS6	Ingreso poblacional
	FS7	Dependencia socioeconómica
	FS8	Déficit de vivienda
	FS9	Dependencia del crecimiento económico del sector primario
Indicadores de falta de resiliencia	Código	DESCRIPTOR, D
	FR1	Cobertura servicios médicos
	FR2	Cobertura servicios hospitalarios
	FR3	Cobertura servicios de auxilio
	FR4	Capacidad de albergue
	FR5	Capacidad de divulgación de información
	FR6	Índice de desarrollo municipal
	FR7	Índice de percepción del riesgo de inundación
	FR8	Índice de operatividad en emergencias
	FR9	Sostenibilidad ambiental

El Plan de Acción Territorial de carácter sectorial sobre prevención del Riesgo de Inundación de la Comunidad Valenciana (PATRICOVA) (2002) en su metodología indica que la vulnerabilidad cuantifica **la magnitud de los daños producidos por un suceso determinado** (inundación). Los **parámetros de magnitud más importantes son dos: el nivel (o calado) máximo alcanzado por el agua, y la tipología de los bienes afectados por dicho calado.**

Diversos autores afirman que el término vulnerabilidad se ha utilizado de manera imprecisa aplicada a sectores o elementos en riesgo, tales como edificios, economías,

infraestructura, personas, ambientes y ecosistemas. Sin embargo, **la vulnerabilidad en sentido estricto, es específica a la población** (es decir, si una edificación no es capaz de soportar vientos o lluvias, no es el edificio vulnerable sino la gente que lo habita), (Cannon, 2003 ; Davis, 2003 ; Wisner, et al., 2003 ; Ollero-Ojeda, 1997).

2.7 RIESGO

El concepto riesgo en el estudio de inundaciones tiene dos interpretaciones: en el primero se refiere al suceso, es decir una inundación con una ocurrencia y magnitud dadas que deriva en peligro; en el segundo, riesgo se entiende como la probabilidad de ocurrencia del fenómeno. En otros idiomas esto no se presenta ya que Hazard (Amenaza) hacer referencia a la fuente de peligro y Risk (en inglés) se refiere al sentido probabilístico (Ribera, 2004).

Para la primera interpretación de riesgo se encuentra la siguiente definición, que en adelante será entendida como amenaza o peligrosidad: “la frecuencia, en términos de periodo de retorno (probabilidad), cruzada con la magnitud con que se produce la escorrentía de la precipitación sobre la cuenca, expresados en calado, velocidad y duración” (Generalitat Valenciana, 2002).

El riesgo se interpreta en el sentido probabilístico como, la posibilidad de que se presente una pérdida sobre un elemento (e.), como resultado de la ocurrencia de un suceso (A_i) con una intensidad mayor o igual a i (Cardona, 2001). **Su magnitud depende de la interacción entre la amenaza y una sociedad vulnerable a ella.** Por lo tanto, es dinámico, aumentando o disminuyendo en función de la amenaza y la vulnerabilidad (IDEA, et al., 2002); si alguna de estas variables es nula, entonces no existirá riesgo.

$$\begin{aligned} & \text{Rie}|_t = (A_i, V_e)|_t \\ \text{sí, } & A_i = 0, \quad \text{entonces, } \quad \text{Rie} = 0 \\ \text{sí, } & V_e = 0, \quad \text{entonces, } \quad \text{Rie} = 0 \end{aligned}$$

La determinación del grado de riesgo, se obtiene del producto entre la amenaza de inundación y la vulnerabilidad de los elementos expuestos (Figura 2-5), es decir la probabilidad de ocurrencia de un peligro por el valor del daño que éste puede causar (Válles-Moran, 2007), (EIRD, 2002), (APFM, et al., 2009),

El resultado de la convolución de la amenaza, con la vulnerabilidad física, económica, social, cultural y funcional del territorio, puede determinarse con indicadores desagregados como, el Índice de Riesgo IRI que es una función del riesgo físico y la vulnerabilidad existente/prevaleciente, para lo cual se valoran dos índices generales: el «Índice de Riesgo Físico» y el «Índice de Vulnerabilidad Prevaleciente» (Gonzáles, 2005).

Índice de Riesgo IRI_x . La valoración del riesgo por inundaciones parte de la identificación de las unidades de análisis, x , que corresponden a los territorios (estados, municipios, localidades, colonias o barrios, etc.), para los cuales se determina el IRI_x :

$$IRI_x = IRFI_x (1 + IVP_x)$$

Donde: $IRFI_x$, es el «Índice de Riesgo Físico» basado en descriptores obtenidos de los daños o pérdidas potenciales, que podrían una inundación de cierta magnitud (ó cada nivel de amenaza), en el territorio de análisis e IVP_x , «Índice de Vulnerabilidad Prevaleciente», obtenido de la suma ponderada de tres categorías de vulnerabilidad.

Índice de Riesgo Físico $IRFI_x$. Es dado por:

$$IRFI_x = \sum_{i=1}^p w_{RF_i} \times D_{RF_i}$$

Donde: D_{RF_i} corresponde a los descriptores del riesgo físico, w_{RF_i} es el peso para cada descriptor y p , es el número total de descriptores de riesgo físico.

Tabla 2-4. Descriptores que integran el Índice de riesgo físico (Gonzáles, 2005)

DESCRIPTOR, D. EN FUNCIÓN DE CADA NIVEL DE AMENAZA	
RF1	Territorio afectado
RF2	Población afectada
RF3	Viviendas afectadas
RF4	Muertos
RF5	Heridos/enfermos
RF6	Daño infraestructura publica
RF7	Daño cultivos
RF8	Daño actividades económicas
RF9	Daño ambiental

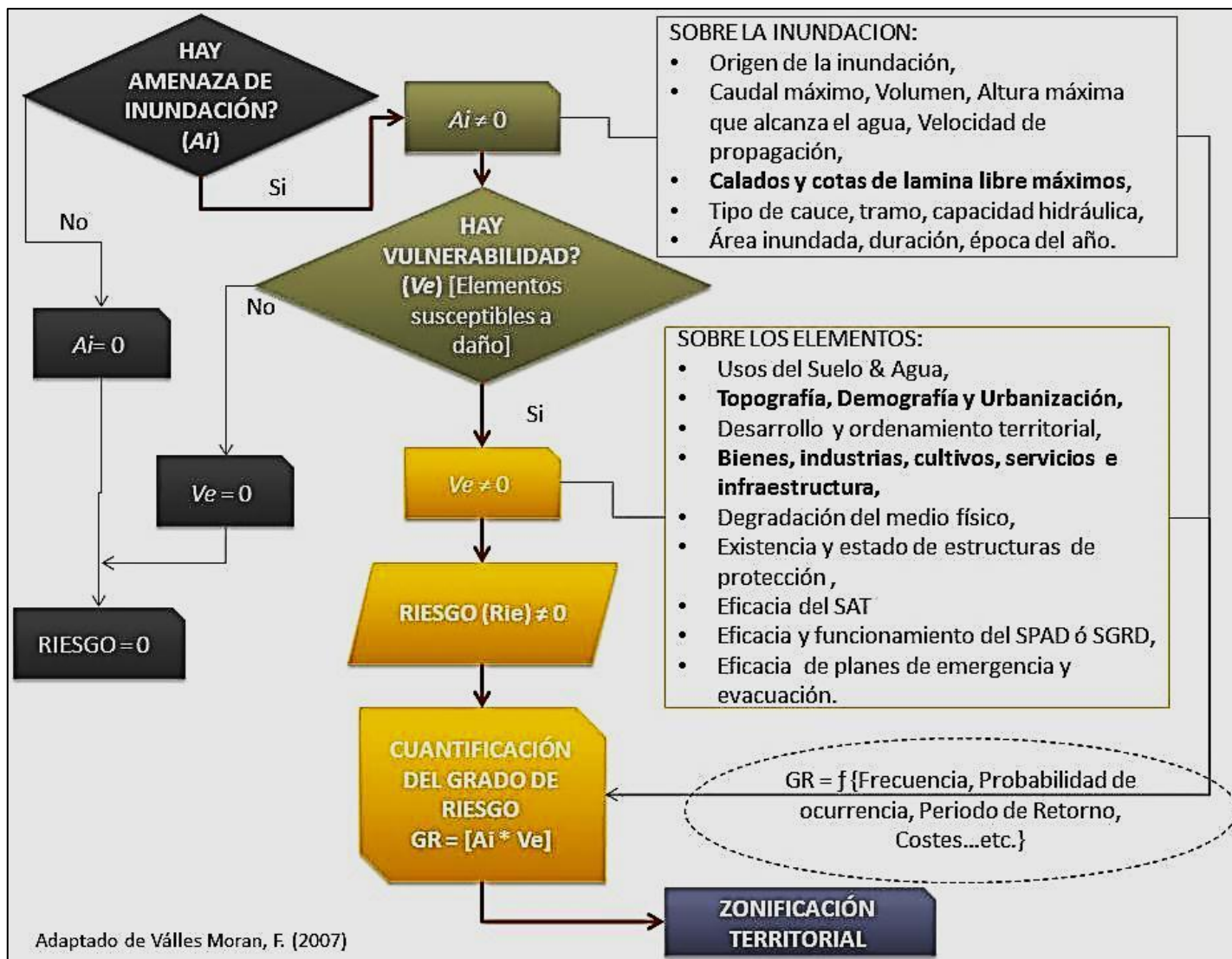


Figura 2-5. Concepto de Riesgo en el marco del PATRICOVA

2.8 GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES (GRD)

Un **desastre socio-natural** es el resultado de la combinación de la exposición a una amenaza, las condiciones de vulnerabilidad presente, y capacidades o medidas insuficientes para reducir o hacer frente a las posibles consecuencias negativas (Figura 2-6). El impacto puede incluir muertes, lesiones, enfermedades y otros efectos negativos en el bienestar físico, mental y social humano, conjuntamente con daños a la propiedad, la destrucción de bienes, la pérdida de servicios, trastornos sociales y económicos y la degradación ambiental (UNISDR, 2009).



Figura 2-6. Factores que se asocian a los desastres. Elaboración propia

La GRD describe las actuaciones que tienen por finalidad minimizar el impacto negativo de los desastres socio-naturales, Incluye la **gestión prospectiva del riesgo**, como una planificación mejorada y diseñada para evitar la construcción de nuevos riesgos; la **gestión correctiva del riesgo**, ideada para abordar riesgos ya existentes; la **gestión compensatoria del riesgo**, como los seguros y la transferencia de riesgo, diseñada para impedir que las pérdidas por desastres desencadenen otras consecuencias, entre ellas la pobreza; y medidas de **gestión de desastres** como los preparativos y la respuesta.

Se espera que la GRD cumpla con un proceso de **etapas** (Figura 2-7) que pueden presentarse de forma simultánea. Dichas etapas son **la mitigación, la preparación, la respuesta y la recuperación** que constituyen un ciclo que se repite, tomando la experiencia de los sucesos y corrigiendo errores para el futuro (Velasques, et al., 2004).

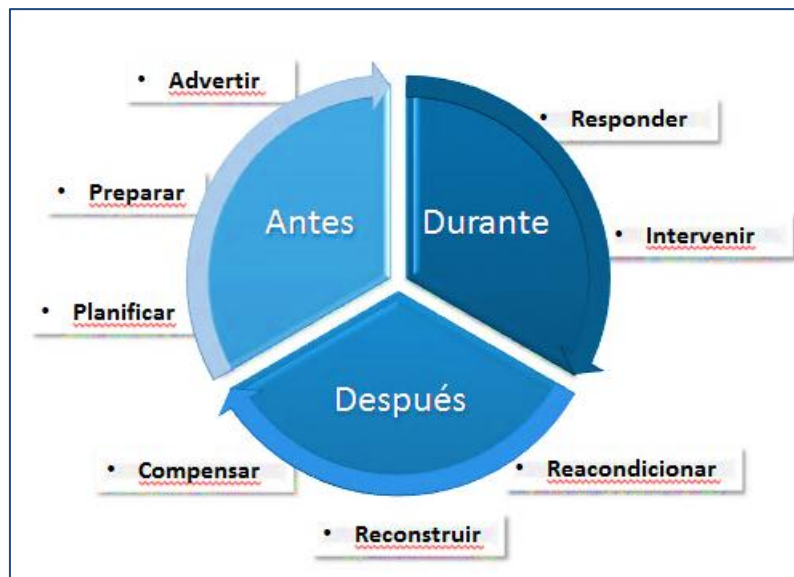


Figura 2-7. Ciclo de manejo integrado de desastres. Elaboración propia

2.9 ADAPTACIÓN

Se refiere a los ajustes en sistemas humanos y naturales como respuesta a los estímulos climáticos proyectados y reales que puedan moderar los daños o aprovechar sus aspectos beneficiosos (IPCC, 2001). También es el ajuste de los sistemas naturales o humanos frente a entornos nuevos o cambiantes. En la práctica es la habilidad de diseñar e implementar estrategias eficaces, de adaptación o reacción ante amenazas y presiones actuales para reducir la probabilidad de ocurrencia y/o magnitud de los impactos nocivos (Naranjo, 2010).

2.10 RESILIENCIA

Habilidad de un sistema social o ecológico, de resistir, absorber, adaptarse y recuperarse; una vez haya estado expuesto a un cambio, perturbación o amenaza. Es decir, la capacidad de retener la misma estructura, manera de funcionamiento y habilidad de reorganización frente a factores de estrés, tensión o cambio. La baja resiliencia se expresa en la incapacidad o deficiencia para recuperarse del impacto causado por un fenómeno peligroso (Useche, 2011 ; Banco Mundial, 2010 ; y UNISDR, 2009). La forma más eficaz de fortalecer la capacidad de resiliencia de un sistema social evoca al cambio de la percepción de las personas frente a su entorno, al riesgo de desastres y a la reacción frente al mismo.

2.11 MITIGACIÓN/PREVENCIÓN DE DESASTRES

La mitigación se refiere a las acciones orientadas a reducir la vulnerabilidad de la población frente a un medio ambiente hostil, y con esto incrementar la capacidad de resistencia de los asentamientos humanos frente a la presencia de fenómenos de origen natural o humano potencialmente destructivos. Juega un papel de gran importancia en la reducción de los riesgos, ya que es la etapa más eficiente de la planificación en términos económicos y sociales. Es imposible evitar completamente la ocurrencia de cierto tipo de fenómenos, y en ocasiones los costos de las medidas preventivas no pueden ser justificados dentro del contexto social y económico de la región amenazada, pero es posible reducir o atenuar los efectos de dichos eventos sobre los elementos expuestos a su acción (Villagran, 1999). Entre las acciones que se pueden emprender para la mitigación de desastres, destacan las medidas estructurales y las no estructurales.

2.12 MEDIDAS ESTRUCTURALES.

Se refiere a cualquier construcción física para reducir o evitar los posibles impactos de las amenazas, o la aplicación de técnicas de ingeniería para lograr la resistencia y la resiliencia de las estructuras o de los sistemas frente a las amenazas (Tabla 2-5). Las medidas estructurales comunes para la reducción del riesgo de desastres incluyen las presas, los encauzamientos, los diques para evitar inundaciones y los albergues en casos de evacuación (UNISDR, 2009).

Tabla 2-5. Medidas estructurales para mitigación del riesgo de inundación (Escuder, et al., 2010).

Tipo de Estructura/ Función	Ejemplos
<p>Retención: Retener el agua para evitar inundaciones asociadas a grandes descargas. Grado alto de protección pero a la vez riesgos altos en caso de fallo</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Grandes Presas: de gravedad, arco, contrafuertes, materiales sueltos • Embalses: • Estanques de retención gran capacidad e incluyen mejora de calidad del agua. • Estanques de detención, almacenamiento por tiempo reducido. • Estructuras subterráneas de retención para reducir caudal pico de descarga
<p>Protección: Protegen zonas urbanas, cultivos e infraestructura evitando el desbordamiento del agua o forzando su flujo por un determinado lugar</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Diques & Muros • En edificaciones: impermeabilización, fortificación de sótanos, uso de suelos adaptados para primer piso (es también no estructural) • Modificación de cuenca: reforestación, cambios de usos del suelo que reducen la escorrentía y por tanto caudal pico • Modificación de cauces <ul style="list-style-type: none"> ○ Ensanchamientos de sección ○ Pantallas frontales ○ Cambio de rugosidad ○ Encauzamientos ○ Nuevos cauces ○ Canales paralelos
<p>Sistemas de drenaje: Los sistemas de captación y drenaje se diseñan para gestionar la escorrentía pluvial.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema de drenaje convencional: <ul style="list-style-type: none"> ○ Sistemas unitarios, ○ Sistemas separativos • Sistemas de drenaje sostenibles (SuDs) <ul style="list-style-type: none"> ○ Cubiertas vegetales ○ Áreas de bioretención ○ Franjas filtrantes ○ Mejora de cunetas ○ Filtros de arena ○ Balsas de retención y detención ○ Estructuras de retención subterráneas ○ Zanjas de infiltración ○ Pavimentos permeables ○ Espacios alternativos de retención (aprovechar, calles, parqueaderos, canales, etc.)

2.13 MEDIDAS NO ESTRUCTURALES

Cualquier medida que no suponga una construcción física y que utiliza el conocimiento, las prácticas o los acuerdos existentes para reducir el riesgo y sus impactos, especialmente a través de políticas y leyes, una mayor conciencia pública, la capacitación y la educación. Entre las medidas no estructurales se incluyen:

- Políticas y planeamiento urbano
- Códigos de construcción,
- Legislación sobre el ordenamiento territorial y su cumplimiento,

- Recursos informativos (comunicación) y programas de conciencia pública (UNISDR, 2009).
- Sistemas de predicción de inundaciones y alerta temprana,
- Sistemas de respuesta y evacuación por emergencias,
- Seguros e indemnizaciones,
- Planes de coordinación y procedimientos de operación (Escuder, et al., 2010).

2.14 RESTAURACIÓN FLUVIAL

La restauración de ríos se define como el conjunto integrado y sinérgico de acciones y técnicas, aun de tipo diverso (del jurídico-administrativo-financiero, al estructural), que llevan un curso de agua, con su territorio más estrechamente conexo (“sistema fluvial”), a un estado lo más natural posible, tal que siendo capaz de desplegar sus características funcione ecosistémica (geomorfológica, físico-químicas y biológicas) y dotado de mayor valor ambiental, busque satisfacer al mismo tiempo incluso objetivos socioeconómicos, (CIRF, 2006). En Europa tiene relevancia a raíz de la Directiva Europea del Agua que promueve la recuperación del estado ecológico de las fuentes hídricas (Menke, et al., 2008).

En combinación con la gestión del riesgo de inundaciones puede ser efectiva y más sostenible que la implementación de medidas independientes. De forma abreviada, la restauración fluvial en la gestión de caudales de inundación incluye muchas medidas estructurales para laminación del pico de caudal (embalses de retención, canales), para protección a lo largo de los ríos (diques, vegetación de ribera, encauzamiento, etc.), aprovechamiento de la llanura de inundación y mejora de la capacidad de transporte (protección de erosión, resistencia secciones frente a avenidas, conservación del canal principal, etc.), adicionalmente se contemplan otros aspectos, como los caudales ambientales, el desarrollo de hábitats, migración de especies, propagación de semillas, recuperación de condiciones ambientales y paisajísticas después de inundaciones, los beneficios paisajísticos, la generación de espacios de recreación y deporte cerca a zonas urbanizadas, etc. En todo caso, el abanico de medidas a emplear depende de condiciones climáticas de la cuenca, la localización en el río, de las funciones del río, entre otros (Menke, et al., 2008). La investigación y aplicación tecnología involucra la innovación sobre las técnicas y materiales de construcción en áreas densamente pobladas, el

manejo de incertidumbres sobre el comportamiento de los ríos a largo plazo en relación al cambio climático, el monitoreo de aspectos económicos, sociales, de comportamiento hidráulico y ecológico, y en la gestión pública de los recursos hídricos (Aranud-Fassetta, et al., 2008).

2.15 GESTIÓN DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS

La cuenca es la unidad territorial más aceptada para la gestión del recurso hídrico (Dourojeanni, et al., 2002) y es el objeto principal de análisis con el fin de minimizar el riesgo de desastres por inundaciones. **La gestión de cuencas se refiere, al manejo de dicho territorio de acuerdo a objetivos varios, como la gestión ambiental, el aprovechamiento de los recursos naturales, de los recursos hídricos y el manejo sectorial del agua.**

En general los procesos de gestión de cuencas tienen tres etapas: La primera es la etapa previa donde se formulan planes, proyectos y estudios que permiten caracterizar las cuencas y desarrollar las estrategias para su aprovechamiento en función de los objetivos trazados; la segunda etapa, es donde se realizan grandes inversiones para habilitar las condiciones para su aprovechamiento y manejo de recursos naturales para beneficio económico y social; la tercera etapa se asocia a un trabajo permanente de operación y mantenimiento, al que debe adicionarse la revisión de los objetivos de gestión para actualizar los planes de gestión de la cuenca de acuerdo a las modificaciones del territorio y del conocimiento sobre sustentabilidad y sostenibilidad ambiental (Dourojeanni, et al., 1999).

En América Latina y el Caribe, los procesos de gestión se llevan normalmente hasta la segunda etapa donde la formulación y ejecución de grandes proyectos de obras hidráulicas con altas inversiones, cuentan con apoyo político e interés de la Banca. Sin embargo la operación, mantenimiento y revisión de los planes suele ser muy pobre y se limita al enfoque clásico de regular la descarga de agua. (Dourojeanni, et al., 1999)

Colombia inició el manejo de cuencas a finales de la década de 1920, con programas de reforestación encaminados a proteger los suelos, restaurar la cobertura vegetal y con ella, el efecto regulador hídrico en las cuencas y cauces que suministraban agua a centros urbanos. A finales de la década del cincuenta, gestión se orienta a la

conservación y el manejo de recursos naturales a partir de la administración geográfica de cuencas hidrográficas (Arias, 2002), dando inicio a una serie de problemas de gestión en zonas de frontera territorial que no corresponden con el límite natural de la cuenca hidrográfica. En la actualidad, tiene en consideración reestructurar las agencias de gestión ambiental territorial teniendo en cuenta sus límites naturales, por sobre los límites geopolíticos para favorecer los resultados de gestión.

La gestión de las cuencas y los suelos, es función de la administración pública pero, el éxito de los programas depende en gran parte de la acción de los ciudadanos y de las organizaciones de la sociedad civil. Por lo tanto, el Estado debe contemplar mecanismos de gestión y asociación innovadores, participativos y flexibles, que integren organizaciones del sector público, privado y no gubernamental (Valencia, 2009).

2.16 GESTIÓN INTEGRADA DE INUNDACIONES (GII)

La GII es un concepto sistémico que tiene en cuenta la importancia económica y de desarrollo que representan las llanuras de inundación, la necesidad de optimizar el uso eficaz de los recursos de una cuenca fluvial y de reconocer los riesgos de pérdidas económicas y de vidas ocasionadas por las inundaciones. Es decir, es una forma de gestión que pretende maximizar el beneficio neto de las llanuras de inundación y minimizar los riesgos de pérdidas de vidas, teniendo en cuenta las restricciones sociales, económicas y ambientales de una cuenca, en el marco de la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH)¹⁰.

La GII debe tener un carácter participativo y multisectorial con el fin de identificar la mejor combinación de estrategias frente a las inundaciones (APFM, et al., 2009). La visión holística del ciclo hidrológico, la gestión conjunta del suelo y los recursos hídricos, la planificación y el ordenamiento territorial, la gestión de riesgos, incertidumbres y

¹⁰ La GIRH es un proceso que aspira al desarrollo y a la gestión coordinada de los recursos hídricos, del suelo y afines para optimizar el bienestar económico y social equitativamente, sin amenazar la sostenibilidad de los ecosistemas vitales (GWP, 2000). Por lo tanto, el manejo de desastres socio-naturales asociados al agua, como las inundaciones forma parte de los factores determinantes del desarrollo de una sociedad y hacer parte de la GIRH. Siguiendo estos principios, también deben buscarse soluciones adaptativas para que la sociedad pueda beneficiarse de las inundaciones y disminuir su vulnerabilidad al peligro, promoviendo la coordinación en el aprovechamiento y manejo de recursos físicos, políticas, planes y los sistemas humanos

sinergias, la selección de estrategias eficaces; y por último, el enfoque participativo; conforman los pilares conceptuales a tener en cuenta a la hora de formular un plan integral de gestión del riesgo de inundaciones.

2.16.1 Visión holística del ciclo hidrológico

Teniendo en cuenta que la escorrentía es una parte fundamental de los recursos hídricos, la GII tiene en cuenta la importancia de las inundaciones en la recarga de acuíferos subterráneos, las sequías como extremo opuesto del ciclo hidrológico, la importancia de las inundaciones en los servicios de los ecosistemas¹¹; además debe prever que sucedería en caso de inundaciones superiores a la avenida considerada para el diseño de las protecciones estructurales y como se gestionan; finalmente, debe identificar las zonas de almacenamiento de agua o de inundación permitida, con el fin de proteger las áreas críticas en caso de eventos extremos (Figura 2-8).

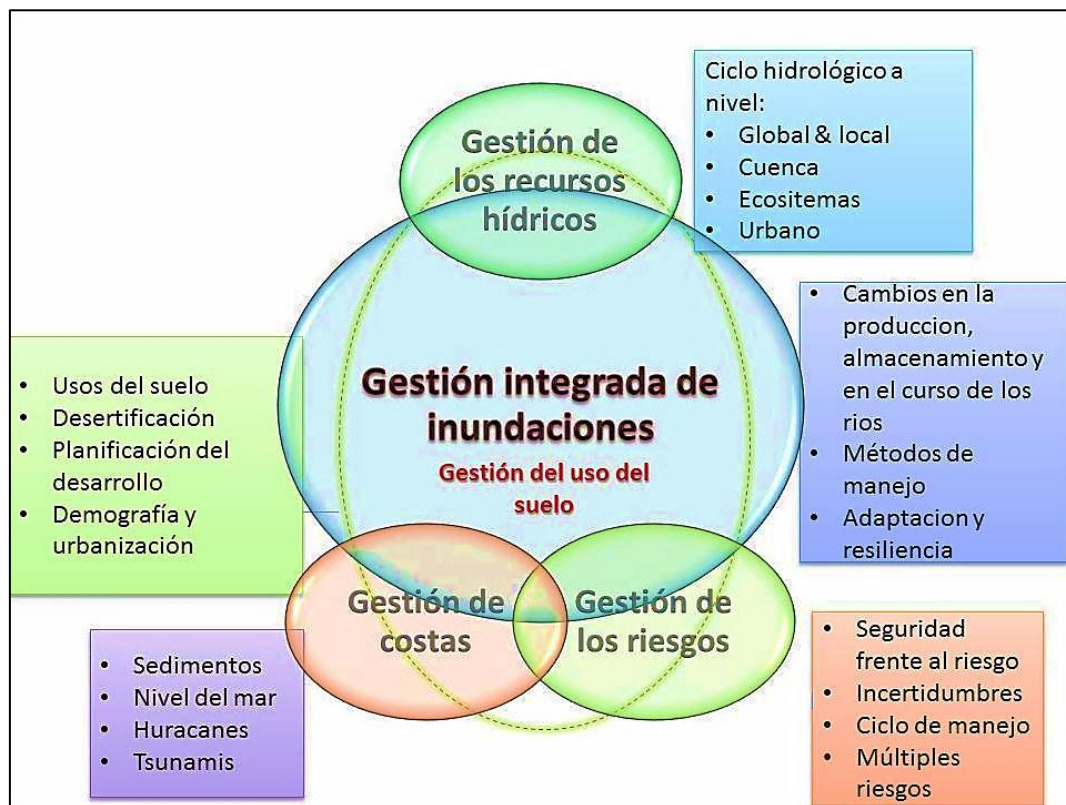


Figura 2-8. Modelo de gestión integrada de inundaciones. [Adaptado de (APFM, et al., 2009)]

¹¹ Las inundaciones tienen una gran importancia para la biodiversidad de los ecosistemas y en consecuencia, en los beneficios que las personas obtienen de los servicios que prestan estos últimos. Entre los beneficios o servicios de los ecosistemas, cabe destacar los denominados “servicios de regulación”, como la disminución del riesgo de desastres y de la degradación de los suelos, al igual que los “servicios de provisión”, tales como los alimentos y el agua; los “servicios de apoyo”, que contribuyen en la formación del suelo y el ciclo de nutrientes; y los “servicios culturales”, representados en los beneficios recreativos, espirituales, religiosos y otros que no son materiales (UNISDR, 2009).

Un ejemplo de visión holística se presenta en el Figura 2-9. En este caso el mapa conceptual del ciclo hidrológico teniendo en cuenta el sistema de control de inundaciones abarca factores naturales (precipitación, escorrentía, carga de sedimentos), artificiales (medidas estructurales y no estructurales de protección) e institucionales (gestión y desarrollo). El sistema produce seguridad contra las inundaciones para el hombre y sus bienes y mejores condiciones para el medio ambiente. A la par de estos beneficios, pueden resultar aspectos indeseables (especialmente en el caso de medidas técnicas de protección); por ejemplo, aumento de la vulnerabilidad que surge debido a una sensación falsa de seguridad y a un desequilibrio del sistema fluvial como resultado del cambio de la capacidad de conducción de agua y sedimentos de los cauces fluviales y, del cambio en el uso del suelo en las llanuras de inundación (Orozco, 1999).

En las ciudades, el ciclo hidrológico asociado a la gestión integrada de inundaciones debe tratar el suministro de agua potable, las aguas residuales y el vertido residual, así como la evacuación de escorrentías superficiales. Además de controlar la cantidad de aguas de tormenta, debe controlar los efectos de la misma sobre la calidad del agua en los medios receptores. Es decir, tener en cuenta la relación entre la calidad del agua de las fuentes superficiales receptoras de la escorrentía urbana y el abastecimiento de agua para uso doméstico (APFM, et al., 2009).

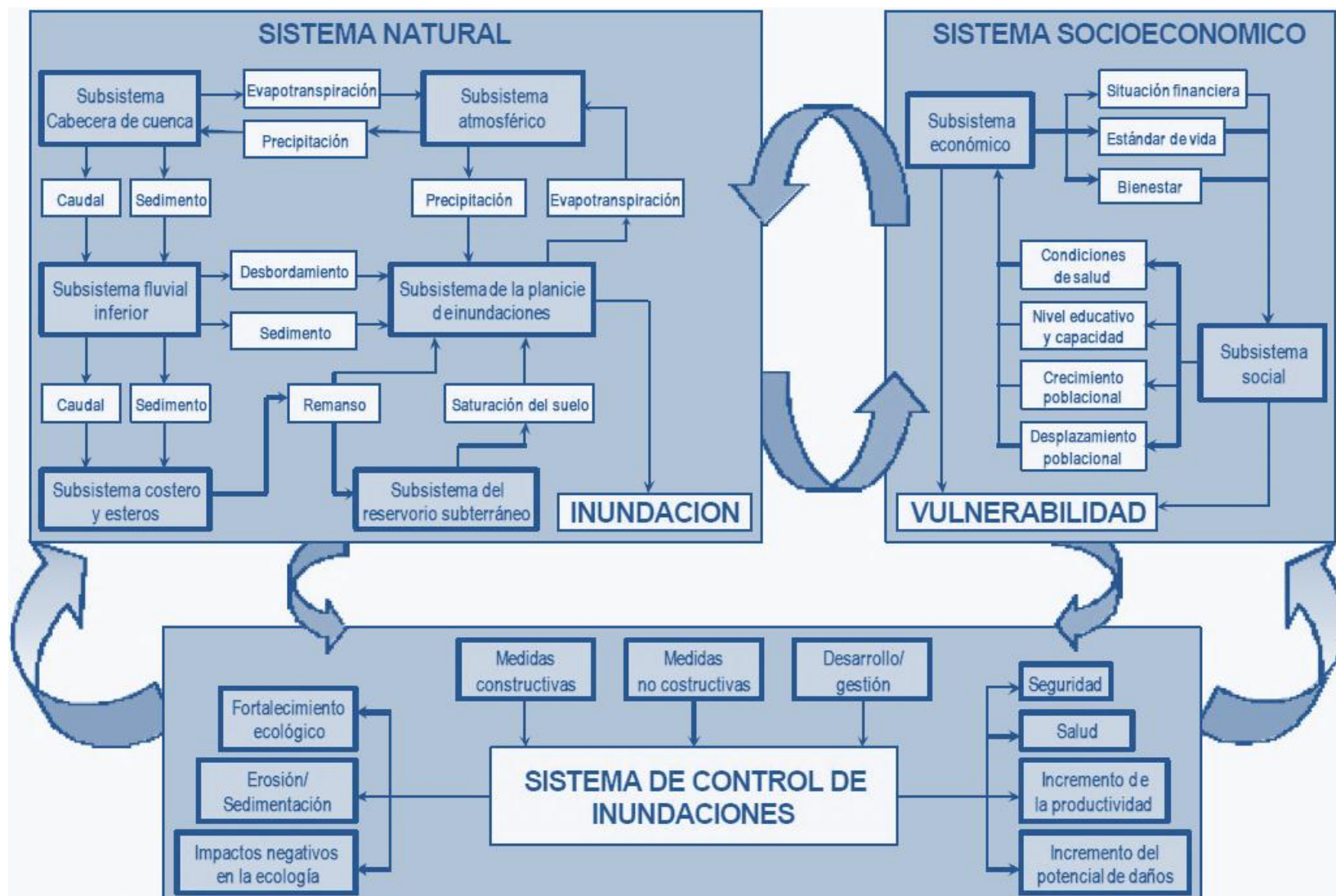


Figura 2-9. Interacción entre el sistema de control de inundaciones y los sistemas natural y socioeconómico. (Orozco, 1999).

2.16.2 Gestión conjunta del suelo y los recursos hídricos

Las propiedades del suelo, la cobertura vegetal, la intervención de personas en las cuencas hidrográficas y la urbanización, generan cambios en el almacenamiento natural de las aguas y en los cursos de los ríos; como consecuencia, se alteran las características temporales de la escorrentía y se aumenta la incidencia de inundaciones.

Adicionalmente, en el año 2050, el mundo necesitará alimentar a 3.000 millones más de personas (Bates, et al., 2008). Ese esfuerzo deberá llevarse a cabo en condiciones climáticas más difíciles, con más tormentas, sequías, inundaciones, restricciones sobre la agricultura y en la producción en la emisión de Gases de Efecto Invernadero (GEI). Los ecosistemas, ya debilitados por la contaminación, la presión demográfica y el uso excesivo, se ven además amenazados por el CC. El objetivo de aumentar la producción y la protección con condiciones climáticas más difíciles, requerirá de increíbles esfuerzos. Habrá que compaginar las demandas contradictorias de tierra y agua de la agricultura, los bosques y otros ecosistemas, las ciudades y la energía (Banco Mundial, 2010).

Debido a todo lo anterior, el uso del suelo y la gestión de los recursos hídricos deberían combinarse en un único plan con mapas de peligros y riesgos de inundación (además de otros riesgos). De esta manera se facilita el intercambio, comparación y superposición de información que oriente mejor la planificación del desarrollo en las cuencas hidrográficas. Teniendo siempre presente que el uso del suelo afecta tanto la cantidad como la calidad del agua en todo el ciclo hidrológico.

En el pasado, una de las causas de error, ha sido desconocer, o pasar por alto, las vinculaciones entre las modificaciones del suelo y el curso de agua, tanto aguas arriba como aguas abajo y los posibles efectos en caso de inundación que pueden provocarse. Es preciso que la gestión de inundaciones entienda las sinergias para mejorar el funcionamiento de la cuenca. Ya no es una estrategia viable tratar de resolver los problemas locales de forma aislada.

2.16.3 El ordenamiento territorial

Los planes de ordenación del territorio son procesos que emprenden las autoridades públicas para identificar, evaluar y determinar las diferentes opciones para el uso de los

suelos, lo que incluye la consideración de objetivos económicos, sociales y ambientales a largo plazo y las consecuencias para las diferentes comunidades y grupos de interés, al igual que la consiguiente formulación y promulgación de planes que describan los usos permitidos o aceptables. Abarca estudios y el desarrollo de mapas, análisis de datos económicos, ambientales y sobre las amenazas; la formulación de decisiones alternativas sobre el uso de los suelos y el diseño de planes de gran alcance para las diferentes escalas geográficas y administrativas (UNISDR, 2009).

2.16.4 Gestión de riesgos, incertidumbres y sinergias

El enfoque de sinergia de riesgos considera que dependiendo de la configuración de la cuenca y su estado de conservación, pueden asociarse a las inundaciones otras amenazas como:

- **Deslizamientos de tierra** que pueden modificar el riesgo de inundación río abajo y generar corrientes de lodo; las temporadas de lluvias intensas en los países tropicales incrementan la humedad de los suelos generando problemas de movimientos en masa en zonas de fuerte pendiente y poca cobertura vegetal.
- **Marejadas y ventiscas** en las costas que influyen en las inundaciones de las zonas de estuarios y que pueden desplazar problemas de inundaciones, kilómetros río arriba.
- **Conflicto armado** puede afectar la gestión de desastres en cuatro formas (1) reduce y dispersa los recursos para reducción de desastre, (2) limita el acceso de las agencias e instituciones a los afectados, (3) destruye la comunicación entre el gobierno central, las autoridades locales y la población, y (4) deterioro el capital social y la cooperación en la sociedad (Wisner, 2009).

Considerar los múltiples riesgos involucrados y la vulnerabilidad concerniente a la región donde se presentan, permite enfocar la planificación de respuestas de forma holística en vez de centrarse en una amenaza específica, fomenta el intercambio estructurado de información y hace más eficientes las relaciones entre instituciones

2.16.5 Selección de estrategias eficaces

El tipo de estrategias que se adopta depende fundamentalmente de las características hidrológicas e hidráulicas del sistema fluvial y de la región correspondiente. **La adopción de la estrategia** o combinación de las mismas **depende de tres factores** correlacionados: **el clima, las características de la cuenca y las condiciones socioeconómicas de la región.** La naturaleza de las inundaciones de una región y las consecuencias de éstas, obedecen a la correlación entre esos factores (Tabla 2-6).

Tabla 2-6. Estrategias y opciones para la gestión integrada de inundaciones (APFM, et al., 2009).

Estrategia	Opciones
Reducir las inundaciones	Presas y embalses
	Diques, malecones y obras de contención
	Desviación de avenidas
	Ordenación de cuencas
	Mejora de canales
Reducir la vulnerabilidad a daños	Regulación de planicies de inundación
	Políticas de desarrollo y reaprovechamiento
	Diseño y ubicación de las instalaciones
	Normas para vivienda y construcciones
	Protección de elementos situados en zona inundable
Atenuar los efectos de las inundaciones	Predicción y alerta de inundaciones
	Información y educación
	Preparación en caso de desastres
	Medidas de recuperación después de la inundación
Preservar los recursos naturales de las llanuras de inundación	Seguro contra inundaciones
	Determinación de zonas y regulación de las planicies de inundación

Las soluciones óptimas se encuentran cuando hay suficiente información de calidad y conocimientos completos, precisos y exactos. A la luz de las incertidumbres en cuanto al futuro, las estrategias deben ser flexibles, resistentes, capaces de adaptarse a condiciones cambiantes, multifacéticas y con opciones. A continuación se dejan un listado de aspectos a tener en cuenta:

- Tener precaución con aquellas intervenciones que creen nuevas amenazas o desplacen el problema en el tiempo y en el espacio.
- Las obras de contención o la reforestación, solo puede ofrecer una seguridad relativa a los habitantes de las planicies inundables. Tener en cuenta que los usuarios pueden considerarse totalmente a salvo, aumentar sus inversiones y en caso de fallo de dicha protección las pérdidas pueden ser aún mayores.

- Así, como el costo de reducir los riesgos puede ser demasiado alto para algunas sociedades, los efectos colaterales de las medidas de protección y reducción, pueden resultar excesivamente dañinos para el medio ambiente o estar en contradicción con los objetivos de desarrollo de la sociedad.
- Minimizar las pérdidas de vidas y bienes requiere de una estrategia enfocada en la práctica de los planes de respuesta en caso de desastre, el uso de mapas de riesgo de inundaciones. No obstante, esta labor se convierte en un reto en zonas con economías en desarrollo con fuerte presión demográfica y asentamientos espontáneos y donde la capacidad institucional es insuficiente para la aplicación de normativas.
- Los planes de gestión de inundaciones deberían evitar adoptar únicamente medidas de largo plazo. El éxito radica en que los afectados por las inundaciones, se sientan inmediatamente tranquilizados gracias a medidas de corto plazo, por lo que los planes de gestión de inundaciones deben abarcar intervenciones de largo y corto plazo.

2.16.6 Enfoque participativo

La GII debe tener una componente social sólida e incluir en sus procesos conceptos claves como la participación comunitaria, el enfoque de género, la descentralización, la transparencia, inclusión de población vulnerable, enfoques verticales en ambos sentidos e integración de sinergias institucionales.

Capital social y género

La comunidad puede aportar como capital social y debe participar en todos los niveles de toma de decisiones. El enfoque de género puede tener un papel especial en el proceso, teniendo en cuenta que en países en desarrollo (y desarrollados), las mujeres son consideradas como grupos vulnerables (Lambrou, et al., 2006). Alentar la participación de las personas, de los responsables de la planificación y de las instituciones que definen las normas es de gran importancia para asegurar resultados eficaces y sostenibles en el tiempo (Ganapati, 2012 & APFM, et al., 2009).

Si bien las amenazas por inundaciones asociadas a la VC y el CC impactan las sociedades de todo el mundo, es importante reconocer que tienen un efecto diferente,

entre hombres y mujeres, en grupos étnicos, clases sociales, grupos etarios, etc.) (Pandey, 2005). En la bibliografía de género y desastres se percibe un llamado para adoptar una mayor sensibilidad de género en la Prevención y Atención de Desastres, ya que las mujeres aunque pueden tener mayores dificultades para acceder a mecanismos de recuperación y tardar más tiempo en lograrlo (Morrow, et al., 1996), también se ha encontrado que poseen buenas capacidades como líderes de la comunidad, gestoras de recursos naturales, y facilitadoras de procesos de adaptación que a menudo son poco aprovechadas en estrategias de gestión de emergencias y en la recuperación post-desastre (Carvajal, et al., 2008 ; Cupples, 2007 ; Ganapati, 2012) De igual forma, el acceso a educación profesional ha permitido incrementar y acercar su participación a la toma de decisiones (Lambrou, et al., 2006).

La transparencia

Mejorar la transparencia, la comunicación y si es posible, la descentralización de los procesos de toma de decisiones, son herramientas que más allá de generar consultas sobre el análisis de los objetivos, permite construir los mismos dentro de un plan integral de gestión de inundaciones. Sin embargo, debe tenerse especial cuidado en reconocer quien ha influido en las decisiones y garantizar que los debates no se vean dominados por los más poderosos (APFM, et al., 2009).

La inclusión

Todos los grupos sociales y de edades deben ser incluidos con el fin de aprovechar el saber cultural de las comunidades; deben ser incluidos en los procesos de consulta en cuanto al **plan de gestión de inundaciones**. Por otra parte dichos planes deben estar en periódica evaluación y ajuste ya que los cambios provocados por la actividad humana y el crecimiento demográfico impiden que sean estáticos en el tiempo (APFM, et al., 2009; GWP, 2000).

La GII debe tener en cuenta que todas las instituciones tienen, necesariamente, fronteras geográficas y límites funcionales. En los procesos de toma de decisiones, deberá coordinarse de forma acertada los organismos de desarrollo local, regional y nacional que están involucrados en cada una de las áreas focales de trabajo y procurar la coordinación, cooperación y colaboración por encima de barreras funcionales y administrativas. Es normal que existan en las zonas de borde, responsabilidades

superpuestas o vacías de cobertura institucional que deben ser resueltos para que no se conviertan en un obstáculo para los procesos de recuperación (GWP, et al., 2005).

2.17 GESTION DE INUNDACIONES URBANAS

Las ciudades están sujetas a inundaciones fluviales y pluviales, las primeras se deben al desbordamiento de ríos u ocupación de sus áreas de planicie de inundación, ocupadas por las personas. Las segundas se deben al efecto de la impermeabilización de superficies, a la colmatación de los sistemas de drenaje urbano y a las obstrucciones en las redes de alcantarillado y canalizaciones.

En general, las ciudades tienden a ocupar primero las zonas de planicie, resultando en un estrangulamiento de los cauces naturales (construcción de diques y puentes) y ocupación de las llanuras inundables con desarrollo urbano y cultivos. En ese periodo, las zonas de ladera no urbanizadas funcionan como amortiguadores de la escorrentía producida la parte alta de la cuenca. Cuando dichas áreas de pendiente son posteriormente urbanizadas e impermeabilizadas, se incrementa la escorrentía y el volumen anteriormente retenido aguas arriba, se traslada hacia aguas abajo, aumentando los caudales pluviales en las canalizaciones. Debido a lo anterior, los canales empiezan a resultar insuficientes con una limitación de espacio para ampliar las obras en sentido lateral, se producen inundaciones en la zona plana y hacen necesarias nuevas y costosas inversiones para profundización de canales y bombeos.

El desarrollo tradicional del sistema de drenaje urbano tiene dos enfoques: minimizar el tiempo de evacuación del escurrimiento del lugar de origen, y la evaluación y control por tramos o zonas. Es decir, trasladar la inundación de un lugar a otro de la cuenca urbana lo más rápido posible y analizar la cuenca por sectores. Estas concepciones del funcionamiento del sistema de drenaje en una ciudad se transforman en vulnerabilidad hacia las inundaciones ya que el desarrollo fraccionado no permite prever el desarrollo urbano y sus efectos sobre otros sectores o microsistemas de drenaje y mucho menos el efecto de las grandes canalizaciones sobre estas micro redes (Tucci, et al., 2006).

La gestión de las inundaciones urbanas debe incorporar varios aspectos claves que se enfocan hacia los planes de desarrollo urbanos y del sistema de drenaje, a la visión integral de la cuenca y de los efectos del urbanismo sobre la producción de escorrentía y

a cambiar la concepción de trasladar las inundaciones de un punto a otro de la cuenca urbana hacia evitar el incremento de la producción de escorrentía por parte de los pobladores de la cuenca así:

- Comprender y manejar en conjunto todas las cuencas hidrográficas presentes en una ciudad o población, analizarlas como un todo, sin trasladar los impactos de un sector a otros y sin desconocer los efectos de urbanizaciones futuras.
- Contar con herramientas de gestión estructuradas en los planes de desarrollo, leyes municipales y reglamentos técnicos de la gestión de las redes de drenaje y de los ríos asociados a las ciudades.
- Seleccionar el abanico de acciones estructurales y no estructurales adecuadas a la ciudad y a la cuenca que permitan gestionar eficazmente las inundaciones.
- Los planes de desarrollo deben definir la expansión de la ciudad y el desarrollo de la cuenca, dichos planes deben ser claros en cuanto a la ocupación de espacios no desarrollados y los límites de densificación en los mismos.
- El crecimiento de la red de drenaje debe tener, como principio fundamental que cada usuario procure minimizar o evitar la contribución al aumento de la inundación natural de la cuenca, orientando con medidas legales a desarrollos que promuevan el uso eficiente de los recursos hídricos y la aplicación de tecnologías sostenibles que minimicen la producción de descargas pluviales a la red de drenaje (SUDS).
- El control continuo y adaptable de las inundaciones y los riesgos asociados a éstas no son estáticos en el tiempo. Por lo tanto, las medidas estructurales y no estructurales emprendidas, deben estar en revisión periódica, así como el aprovechamiento por el ente público de los espacios restringidos para evitar su ocupación por personas y de la constante socialización y participación de la comunidad en los planes y en el cumplimiento de las normas.
- Un aspecto fundamental es el fortalecimiento de capacidades técnicas, administrativas y humanas para la determinación de la producción de escorrentía en las ciudades y la gestión de las inundaciones.

2.18 COMENTARIOS FINALES SOBRE LOS CONCEPTOS REVISADOS

Los desastres derivados de inundaciones se deben a factores determinantes como la intensidad y duración de la precipitación sobre una cuenca, las condiciones de saturación del suelo, la capacidad de drenaje, la capacidad de arrastre de sedimentos, la presencia de tormentas y marejadas en zonas costeras; en todo caso a la interacción precipitación, cauce, acuífero y costa en el ciclo hidrológico. La gravedad de la situación dependerá de una serie de factores naturales y sociales. Entre los naturales destacan las características de forma de la cuenca, la cobertura vegetal y el clima que predomina en la zona pero, estas condiciones no son suficientes; los desastres se deben principalmente a agravantes antrópicos derivados de la presión sobre el uso del suelo con fines productivos y de desarrollo urbanístico.

Los cambios en el territorio y la intervención sobre los cauces, modifican el comportamiento de los ríos, limitan su capacidad de drenaje y laminación de caudales de inundación. Además, la construcción de obras de protección para un cierto nivel de riesgo sumado, a la falta de ordenamiento y planificación sobre el uso del suelo, permite el desarrollo urbano en áreas con riesgo de inundación.

La misma presión sobre el uso del suelo ha generado cambios atmosféricos que tienen efectos sobre el clima en términos de variabilidad climática y cambio climático que hace que las lluvias extremas ocurran con mayor frecuencia y aumentan la incertidumbre frente al futuro. Lo extremo del clima, tiene efectos también sobre otras amenazas naturales que pueden presentarse de forma simultánea o por sinergia como los deslizamientos de tierra y las inundaciones por elevación del nivel de los océanos.

Las poblaciones tras un periodo sin inundaciones suelen olvidar el riesgo que las rodea. Sí a lo anterior agregamos la falta de mantenimiento sobre las obras y cauces, la baja sostenibilidad de los programas de predicción, alerta y actuación frente a emergencias, y la ausencia de proyectos de preparación para el posible fallo de las obras de protección; se encontrarán muchos de los factores que transforman la dinámica natural de los ríos en desastres con impactos sobre las personas, los bienes y la economía.

La gestión del riesgo ha venido evolucionando desde una visión reactiva con la que se construyeron grandes obras estructurales que trasladaron los problemas de

inundaciones de una región a otra y que desaparecieron del imaginario de las comunidades el riesgo residual al que se exponen, cuando la inundación excede el límite de diseño de las obras de protección. Actualmente, la gestión del riesgo tiene un enfoque de procesos que involucra siete etapas¹² en tres momentos de del desastre: antes, durante y después.

Los objetivos de la gestión son minimizar los riesgos de pérdidas (vidas y bienes), maximizar el beneficio neto de las llanuras de inundación, teniendo en cuenta las restricciones sociales, económicas y ambientales de una cuenca; reducir la vulnerabilidad frente al riesgo, promoviendo la adaptación y la resiliencia de la sociedad; generar planes sostenibles con la evaluación continua de la gestión y la toma de decisiones colaborativa (entre sociedad civil, empresa privada, todos los niveles del gobierno, instituciones, etc.).

Teniendo en cuenta que el riesgo es dinámico en espacio y tiempo, es claro que no es posible estandarizar una metodología de gestión y que los planes deben ser flexibles al cambio. Sin embargo, de los planes de gestión aplicados en diferentes regiones del mundo se puede establecer una serie de etapas que son comunes y que podrían ser útiles para la gestión integrada del riesgo de inundaciones en Colombia.

¹² Las etapas inician con la clara identificación del riesgo para proceder a formular medidas que permitan Prevenir, Reducir, Preparar, Responder. Rehabilitar, Recuperar y Reconstruir

CAPÍTULO 3
ESTADO DEL CONOCIMIENTO

3 ESTADO DEL CONOCIMIENTO

A partir de los conceptos básicos, es posible visualizar la importancia del conocimiento del territorio y su hidrología para comprender el comportamiento de las inundaciones. El riesgo que representan, es el aspecto clave en la formulación de planes de gestión, ya que se basan en la reducción de la vulnerabilidad y/o la amenaza. Este capítulo muestra el estado del conocimiento en cuanto a estrategias de gestión del riesgo de inundaciones en diferentes países de la Unión Europea, América y Australia con el objeto de identificar la estructura metodológica que los caracteriza.

3.1 FUENTES DE INFORMACIÓN

Las publicaciones alrededor del tema de gestión del riesgo de inundaciones han incrementado con el paso del tiempo (Figura 3-1). Esto se debe a la evolución del estado del conocimiento, a la relevancia del problema a nivel mundial debida a los efectos del cambio climático y al aumento en la disponibilidad de información a través de internet. Como ejemplo, se presenta el resultado de la consulta en la base de datos de *ISI Web of Knowledge* bajo el termino "Flood risk management planning". El mayor aporte científico, en este tema, proveniente de la Unión Europea y Estados Unidos; con una alta producción de artículos científicos en los últimos 20 años (Figura 3-2).

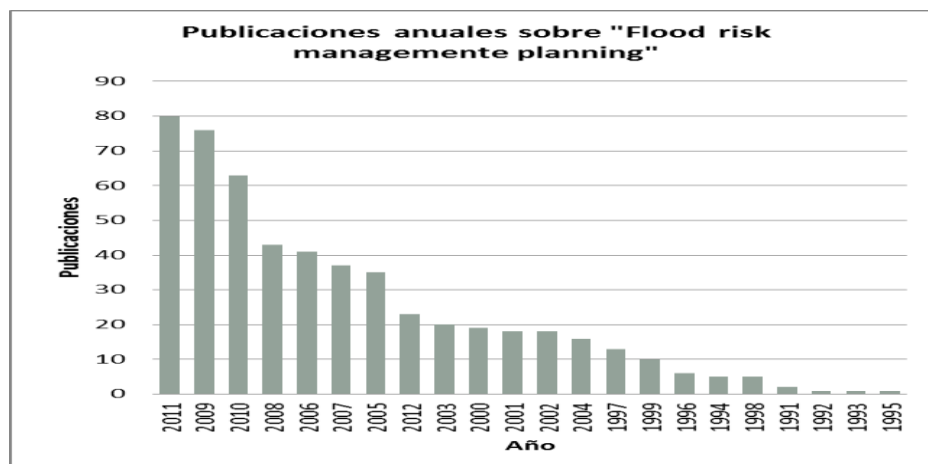


Figura 3-1. Cantidad de publicaciones por año. Base de datos Iasi Web of Knowledge.

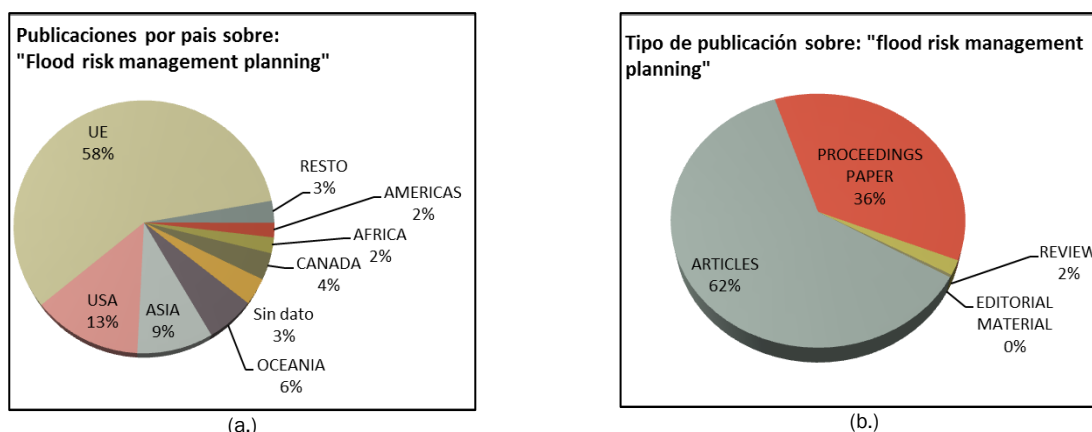


Figura 3-2. . Publicaciones científicas de la base de datos Isi Web of Knowledge. (a) Distribución de la investigación por regiones; (b). Tipos de documentos publicados.

La bibliografía consultada en esta investigación proviene en su mayoría de internet a través de las publicaciones en línea de las bibliotecas de la Universidad del Valle (Colombia) y la Universidad Politécnica de Valencia (España), incluyendo otras bases de datos de publicaciones científicas como Redalyc y Dialnet (Figura 3-3). Además, se incluyen publicaciones científicas del grupo de investigación IREHISA de la Universidad del Valle. Es necesario resaltar que los picos de producción científica sobre gestión del riesgo de inundaciones en Colombia coinciden con periodos de fuerte afectación por desastres socio-naturales (1984, 1997, 2004, 2008 y 2010, 2011). Otro aspecto necesario de mencionar, es la amplia consulta de información sobre la evolución del desastre por inundaciones que vivió Colombia por las temporadas de lluvias del 2010 y 2011. Considerando lo anterior, las mayores fuentes de información provienen de la Unión Europea y América Latina.

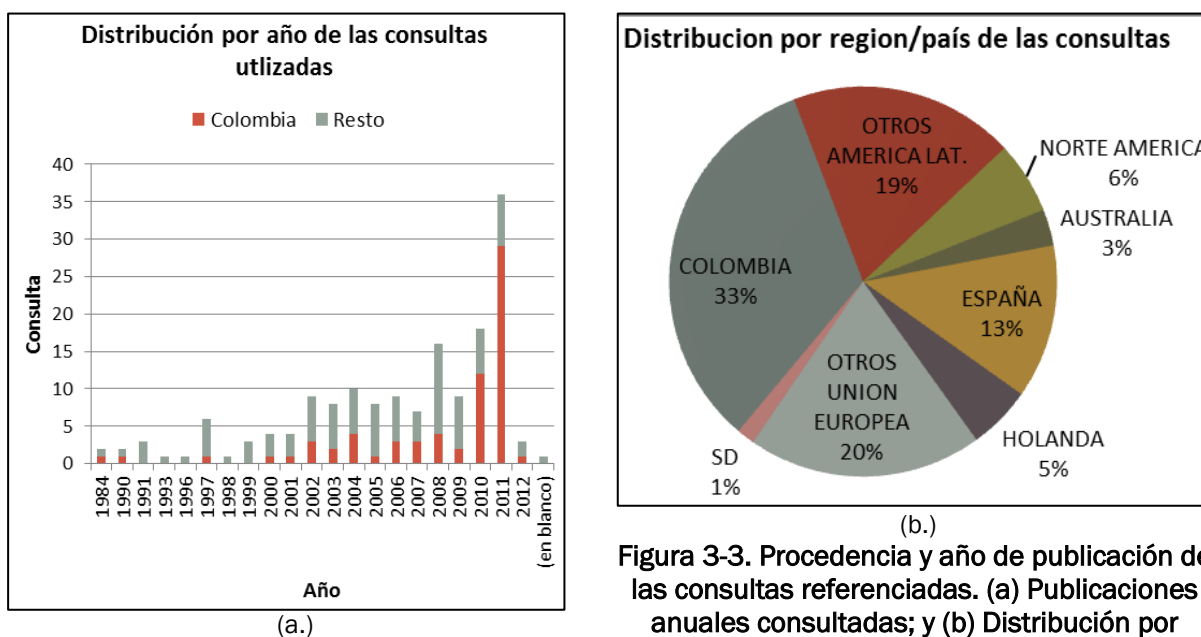


Figura 3-3. Procedencia y año de publicación de las consultas referenciadas. (a) Publicaciones anuales consultadas; y (b) Distribución por región ó país

3.2 GESTIÓN CONVENCIONAL DEL RIESGO DE INUNDACIÓN

La gestión tradicional de inundaciones se centra en la atenuación de los efectos y la reducción de la vulnerabilidad frente a las inundaciones inmediatamente después de la ocurrencia de desastres. La gestión ha recurrido a intervenciones estructurales y no estructurales, así como a intervenciones institucionales. Éstas se han llevado a cabo antes, durante y después de una inundación y, a menudo, se han solapado (APFM, et al., 2009). Las medidas estructurales siguen teniendo relevancia en la mitigación del riesgo de inundaciones en zonas ya urbanizadas y en la adecuación de terrenos a desarrollar en el futuro.

Las estrategias de gestión del riesgo convencionales pretenden evitar que aparezcan nuevos riesgos y reducir los riesgos existentes. Para evitar nuevos riesgos, las alternativas no estructurales o medidas preventivas se basan en los planes directores, las evaluaciones de impacto ambiental con análisis de riesgo, entre otros. Dentro de las posibles medidas estructurales y no estructurales, caben todas aquellas que disminuyan en gran medida la vulnerabilidad como la aplicación de normas constructivas resistentes o con ajustes para zonas de riesgo con la instalación de diques.

La Tabla 3-1 muestra varios ejemplos de gestión tradicional del riesgo de inundaciones. En el caso de la reducción de los riesgos existentes, cobran importancia las medidas de actuación estructurales que atiendan la exposición o vulnerabilidad. Por ejemplo, la reubicación de edificaciones, poblaciones, refuerzos estructurales y elevación de cotas para construcción de pisos. Dentro de las alternativas no estructurales es importante fortalecer los planes de vigilancia, alerta temprana, alarma y evacuación, que sólo cobran valor cuando se acompañan de educación a la población.

Tabla 3-1. Ejemplos de gestión tradicional de las inundaciones (APFM, et al., 2009).

Intervenciones	Ejemplos	Comentario
Reducir la escorrentía	pavimentos permeables, reforestación, recarga de acuíferos	Depende de las características de terreno y de las condiciones de saturación del suelo antes del evento extremo
Almacenamiento para laminar los picos de escorrentía	humedales, depósito de agua de lluvia, embalses	Puede presentarse conflicto de intereses en estructuras multipropósito como los embalses. El almacenamiento debe utilizarse en combinación con otras medidas estructurales y no estructurales de gestión, tanto en la planificación como en la operación de actividades de liberación de agua.
Aumento de la capacidad de transporte	canalizaciones de derivaciones de avenidas, canales más profundos o más anchos	Modificar la morfología natural y los ecosistemas afectan los usos del río y tiende a desplazar el problema en el tiempo y espacio. La profundización puede afectar el régimen de aguas subterráneas. Los diques y muros son apropiados en áreas inundables ya habitadas o cuando el riesgo residual se contrarresta con los peligros de habitar otras áreas.
Sistemas de protección entre ríos y poblaciones	control del uso del suelo, diques, protección de elementos situados en zona inundable, determinación de zonas, elevación de casas	Cuando el desarrollo no es oficial, es poco probable su eficacia. Dependiendo de las características de ocupación, los tiempos de alerta de inundación, o la frecuencia de inundaciones será recomendable ejercer restricciones en cuanto a la elevación de las casas, protección de infraestructura etc.
Gestión de emergencias durante las inundaciones	avisos de inundaciones, trabajos urgentes para levantar o reforzar los diques, protección de elementos situados en zona inundable, evacuación	Estas medidas son complementarias a todo tipo de intervención. Y pretenden generar una adecuada concientización hacia la preparación de cómo actuar en caso de inundación. Para que funciones el sistema de alerta es necesaria la educación y la participación activa de la población en la planificación. Adicionalmente se debe garantizar los servicios básicos en los sitios de refugio destinados.
Recuperación después de la crecida	asesoramiento, compensaciones o seguros	

Es indiscutible que los enfoques tradicionales han protegido a las sociedades de muchos riesgos de desastres por inundaciones en el pasado. Sin embargo, también se han encontrado problemas o dificultades para su sostenibilidad en el tiempo. Entre las principales limitaciones destacan su baja flexibilidad y adaptabilidad con otras alternativas y opciones de gestión del riesgo de inundaciones; y su planteamiento reactivo en lugar de ser proactivo. Es decir, sólo se empieza a aplicar cuando ya ha ocurrido una catástrofe, hace énfasis en medidas estructurales y monodisciplinarias que se alejan de una visión más ecosistémica y de múltiples factores influyentes y tienden a basarse en enfoques que desconocen las lecciones aprendidas del pasado. Todas ellas son limitaciones del enfoque tradicional.

Las tendencias actuales de gestión del riesgo de inundación parten de las herramientas antes mencionadas pero incluyen nuevas aproximaciones en los modelos de evaluación del riesgo, constituyen planes de manejo del riesgo que acoplan mejor las etapas de gestión de desastres para diferentes grados de responsabilidad, se emplean modelos conceptuales mas detallados y diversos, dependiendo del tipo de información a obtener; se evoluciona en la forma de recolectar y transmitir datos en tiempo real para las predicciones sobre inundaciones y se plantean alternativas de diseño estructural que rescatan los servicios de los ecosistemas como la restauración fluvial, igualmente se empiezan a considerar en los estudios el análisis de incertidumbres creadas por los posibles efectos del cambio climático y se innova en los desarrollos tecnológicos para hablar de mejor adaptación y mayor resiliencia frente a inundaciones en áreas urbanizadas.

3.3 EVALUACION DEL RIESGO DE INUNDACIÓN

A nivel mundial la evaluación del riesgo de inundación se lleva a cabo en base a cartografía (Mapas de Riesgo de Inundación – MRI) que permite identificar las áreas geográficas susceptibles a sufrir daños (Varnes, 1984 ; Carrara, et al., 1991 ; Barredo, et al., 2000 ; Bell, et al., 2004 ; Bonachea P, 2006 & Remondo, et al., 2005)].

Es poco frecuente que los mapas tengan un significado cuantitativo estricto y todavía menos, un valor de predicción contrastado independientemente. Además, ese tipo de documentos presenta el inconveniente de su carácter “estático”, ya que reflejan la situación existente en una fecha dada. Eso puede ser un problema, ya que la exposición, los daños económicos y la pérdida de vidas pueden variar fuertemente en el tiempo. Por ello, se están desarrollando herramientas dinámicas, que puedan actualizarse permanentemente de manera sencilla, de tal forma que reflejen en todo momento la realidad del territorio analizado y los valores monetarios potencialmente afectados (Mendiondo, 2005). Es decir, actualizar la vulnerabilidad.

También se adelantan desarrollos tecnológicos que mejoran la recolección y procesamiento de datos de clima para generar modelos de predicción y alerta más veraces en relación a la variabilidad climática y frente al cambio climático.

Los MRI llevan a la delimitación de zonas, en función de la frecuencia o intensidad de una inundación, pudiendo integrarse los resultados en otro tipo de cartografía, en donde se expresa la mayor o menor vulnerabilidad de diferentes fragmentos del territorio (Gozales, 2008). La información derivada de los MRI puede ser utilizada como instrumento de ordenación territorial, planeamiento urbano, selección de infraestructuras públicas, gestión de emergencias, etc. Dependiendo de las características particulares de los casos, la evaluación del riesgo de inundación requiere de la realización de los siguientes estudios (Silva, 2003):

Tabla 3-2. Estudios requeridos para la evaluación de inundaciones

Estudio	Características
Delimitación de las zonas de estudio	Se hace usando recopilando cartografía, fotografías aéreas, MDTs, LIDAR, topografía de campo, inventario de eventos anteriores.
Inventario de causas de inundación	Ubicar puntos conocidos de desbordamiento, encharcamiento, con deficiencias de drenaje, avalanchas, obstrucción o sedimentación.
Estudios geológicos, geotécnicos, socioeconómicos, ambientales	Delimitar cuencas vertientes, uso del suelo, cobertura vegetal y las corrientes naturales que afectan la zona que se va a proteger, cuantificar clima, lluvias, caudales, aspectos demográficos, vulnerabilidad etc.
Estudio geomorfológico	Debe orientar sobre la extensión potencial de la inundación y la existencia de vías de flujo desbordado principales
Estudio de inundaciones históricas	Para apoyar y confirmar resultados de estudio geomorfológico y elemento de calibración de estudios posteriores.
Estudio hidrológico de caudal de inundación	Para determinar caudales asociados a distintos periodos de retorno, con modelos de tipo hidrometeorológico, si existe estación de aforos con suficientes datos, también es posible el uso de métodos estadísticos.
Estudio hidráulico fluvial	Para determinar las capacidades hidráulicas de los causes, puntos de desbordamiento, estabilidad de trayectoria, tendencias futuras, incidencia de obras existentes y proyectadas. Los modelos de calculo deben ser acordes a la problemática a resolver (1D, 2D, permanente, transitorio)
Estudios de pérdidas económicas, ambientales y sociales.	Cuantificar los perjuicios que han causado inundaciones anteriores y estimar los perjuicios a cada T. Establecer niveles de riesgo
Cartografía de detalle del riesgo de inundación	Dejar indicadas las zonas de riesgo, de los cauces, conos de inundación, zonas de acumulación de agua, vías de intenso desagüe.

A nivel mundial se han desarrollado varios métodos de evaluación del riesgo de inundación basados en la elaboración de MRI. En España, dichos procedimientos se establecen a través de normativas sectoriales y autonómicas como ejemplo, se presentan los trabajos desarrollados por las Comunidades de Valencia, Cataluña, Cantabria y Murcia. En Norteamérica se utiliza un modelo basado en SIG para cuantificar el riesgo y los daños por amenazas naturales. En Nicaragua y Colombia los estudios de riesgo de inundación se basan en metodologías desarrolladas en España, teniendo en cuenta que no existen datos hidrológicos, geomorfológicos o estudios detallados de

vulnerabilidad. A continuación se presentan dichos métodos de evaluación de riesgo de inundación

3.3.1 PATRICOVA: Plan de Acción Territorial sobre Prevención del Riesgo de Inundación en la Comunidad Valenciana

El plan de gestión de las inundaciones en la Comunidad Valenciana se desarrolló en 2002 y ha sido actualizado en 2010. Consiste en la delimitación del riesgo, para determinar el impacto de las inundaciones y los posibles efectos sobre los planes de desarrollo de la región; y el desarrollo de un programa de actuaciones para reducir el riesgo a niveles aceptables. El mapa de riesgos contempla 6 niveles de riesgo de acuerdo a la combinación de dos parámetros, la frecuencia de la inundación y el calado o altura alcanzado por el agua, (Tabla 3-3). Al cruzar dicha información de riesgo con los usos del suelo se obtiene el impacto de las inundaciones.

Tabla 3-3. Niveles de riesgo de inundación considerados en el PATRICOVA.

Nivel de CALADO ¹³	Niveles de FRECUENCIA		
	Baja 100 a 500 años	Media 25 a 100 años	Alta < 25 años
Bajo (< 80 cm.)	6 BAJO	4 MEDIO	3 MEDIO
Alto (> 80 cm.)	5 BAJO	2 ALTO	1 ALTO

Las actuaciones para actuar frente al impacto se diseñan siguiendo medidas de tres tipos: estructurales, de restauración hidrológico-forestal y en materia de ordenación urbanístico-territorial¹⁴. Las dos primeras dan lugar al Programa de Actuaciones del Plan; las terceras constituyen su Normativa. Haciendo salvedad que no puede mitigarse completamente el riesgo debido a la geomorfología y a aspectos socioeconómicos.

¹³ Está demostrado que para calados inferiores a 0,80 metros, la cuantía de los daños producidos por las inundaciones crece muy lentamente; a partir de ese nivel los daños se disparan, hasta alcanzar alturas de lámina de agua de 1,20 metros en los que se vuelven a estabilizar. Por ello, se han empleado dos intervalos de calado, alto (altura alcanzada por la lámina de agua, mayor 0,80 metros) y bajo (menor de 0,80 metros) (Generalitat Valenciana, 2002).

¹⁴ Restricciones en el desarrollo urbanístico propuestas: Las zonas potencialmente inundables sometidas a un nivel de riesgo 1 se consideran no urbanizables y deben contar con una protección especial. En las áreas sometidas a niveles de riesgo 2, 3 y 4 se prohíbe la construcción de viviendas, granjas, hoteles, centros escolares o sanitarios, zonas para campin, bomberos, cementerios y otros usos y actividades de naturaleza similar. En las zonas de riesgo 5 y 6 se permite la construcción de viviendas y hoteles con ciertas medidas de seguridad

Los mapas de riesgo se establecen a escala 1:50.000 de acuerdo a las variables, frecuencia, magnitud y riesgo. Se reconocen las limitaciones y el requerimiento de más estudios especializados para trasladar los mapas de riesgo de inundación a escalas mayores, útiles a nivel local. Sin embargo, la normativa de urbanización obliga a consultar la información generada en todos los procesos de planificación y a la generación de un documento de estudio y análisis de detalle de inundación, evitando aceptar proyectos que resulten incongruentes con el riesgo.

La metodología se orienta a determinar los costos¹⁵ directos que produce una inundación y los costos indirectos con un coeficiente sobre los directos. En el cálculo de los daños directos se utiliza una metodología que contempla el tipo e intensidad del uso del suelo en el área afectada por la inundación: residencial, comercial, industrial, equipamientos, terciarios, usos mixtos, agrícolas de regadío, agrícolas de secano y, por último, resto de usos.

Para el uso residencial de muy alta densidad los daños directos se estiman en unos 82€/m² (año 2002). A partir de este dato se confecciona una tabla de vulnerabilidad para los usos actuales, que se adimensionaliza para facilitar su comparación en términos más homogéneos (rango de valores de 0 a 100, donde al uso residencial de muy alta densidad se le da el valor 100). El coeficiente de daños indirectos se calcula en función de las características del municipio (población total, porcentaje de superficie afectada por la inundación, densidad, valor y composición del parque de viviendas, porcentaje de población activa ligada a la agricultura,...), oscilando entre 1 y 1,55 (Generalitat Valenciana, 2002).

El impacto territorial se calcula como producto del riesgo (frecuencia y magnitud) por la vulnerabilidad (daños producibles). En un área concreta se obtendría como suma integrada continua del impacto existente en todos los puntos abarcados. Para simplificar el cálculo se maneja una unidad espacial denominada polígono elemental (aquél en el que permanecen constantes todas las variables involucradas). Tras el cálculo se obtiene

¹⁵ Son directos los daños sobre propiedades, infraestructuras, contenidos almacenados, así como los costes de intervención (evacuación y suministro). Son indirectos los ocasionados por la interrupción temporal de servicios públicos en poblaciones no afectadas, paralización de la actividad económica o los costes de incertidumbre (Generalitat Valenciana, 2002).

el valor del impacto actual de las inundaciones en cada polígono elemental expresado en unidades de impacto (adimensionales). Por suma del resultado de los citados polígonos, se puede deducir el impacto por zonas de inundación, por municipios, por provincias o para toda la Comunidad Autónoma (Generalitat Valenciana, 2002).

$$I = F (V_1 + C * V_2) K_I \quad : \text{ Para uso residencial}$$

$$I = F V_1 K_I \quad : \text{ Para el resto de usos}$$

Donde

I: Impacto

F: factor de frecuencia de inundación.

K_I: coeficiente de daños indirectos

V₁: vulnerabilidad en uso residencial

V₂: vulnerabilidad en uso comercial disperso

C: coeficiente de impacto comercial

Cada polígono elemental e el resultado de los siguientes elementos espaciales de información:

- Zona de inundación, que establecen el valor de frecuencia
- Subzonas de riesgo en cada zona de inundación, que fijan el valor de la magnitud
- Términos municipales, que marcan el coeficiente de uso disperso
- Usos del suelo que definen el termino de vulnerabilidad

Tabla 3-4 Factores de Frecuencia (F) Utilizados. (Generalitat Valenciana, 2002)

Frecuencia	Riesgo	Periodo de retorno (años)	Factor de Frecuencia	
			Expresión	Valor
Alta	1 2	0 a 25	1/25	0,04
Media	3 4	25 a 100	1/62,5	0,016
Baja	5 6	100 a 500	1/300	0,003

Tabla 3-5. Valores de vulnerabilidad (Daños directos) en usos del suelo. (Generalitat Valenciana, 2002)

Código COPUT	Denominación Uso	Magnitud	
		Alta	Baja
00	Residencial (R) general	68,7	22,9
01	R baja densidad	68,7	22,9
02	R media densidad	56,3	18,8
03	R alta densidad	75,0	25,0
04	R muy alta densidad	100,0	33,3
05	Acampada- Caravanas, prefabricados	68,7	22,9
00 a 04	Comercial en residencial	51,8C	17,3C
06	Industrial, almacenes, talleres (IAT)	16,9	5,5
07	IAT baja densidad	16,9	5,6
08	IAT alta densidad	23,7	7,9
09	Equipamientos, servicios e infraestructura	51,8	17,3
10	Terciario	51,8	17,3
11	Mixto	51,80	17,3
12	Otros y sin definir	0,0	0,0
20	Regadío (Re) hortícolas	0,89	
21	Re cereales	0,34	
22	Re arrozal	0,34	
23	Re frutales	0,56	
24	Re cítricos	0,83	
25	Re otros y sin definir	0,34	
36	Secano (S) herbáceos	0,34	
37	S viña	0,56	
38	S olivo	0,56	
39	S frutales	0,56	
40	S otros	0,34	
resto	Saltus, autopistas y autopistas	0,00	

C. Coeficiente de uso comercial disperso

3.3.2 Estudios de Inundabilidad de Cataluña

La Agencia Catalana del Agua (ACA) define las líneas de inundación correspondientes a 50, 100 y 500 años de periodo de retorno en todo el territorio fluvial. La clasificación de zonas potencialmente inundables se ajusta a la Directriz Básica de Inundaciones y de Protección Civil de España y a la Ley de Urbanismo de Cataluña, estableciendo 3 zonas de interés:

Zonas de inundación grave: Corresponde a los sectores ubicados fuera de las zonas de intenso desagüe, donde la profundidad del agua alcanza valores superiores a 1 metro, la velocidad de flujo es mayor a 1 m/s o el producto del calado y la velocidad¹⁶ de flujo es mayor a 0,5 m²/s (Figura 3-4).

¹⁶ Este parámetro fue introducido como novedad en el PATRICOVA.

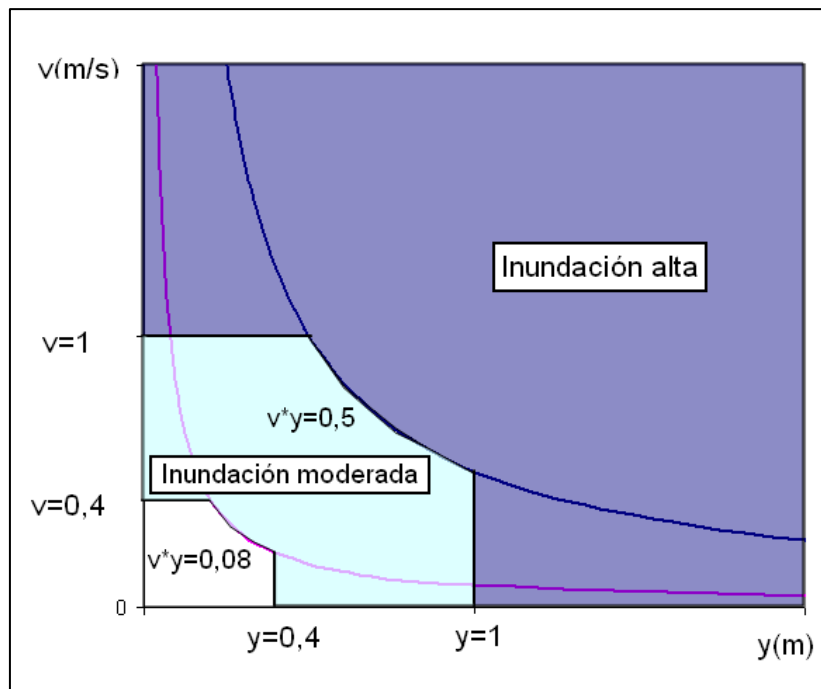


Figura 3-4. Clasificación de zonas de inundación. (ACA, 2009)

Zona de Intenso Desagüe (ZID): Zona limitada por paramentos verticales imaginarios en ambas márgenes del río, en la cual, al discurrir por ella la avenida de periodo de retorno 100 años, se produciría un incremento ΔH en el nivel del agua, con respecto al nivel natural y sin paramentos (Figura 3-5). Se define un valor máximo de un ΔH igual a 0,10m en los sectores en los que la inundación provocaría daños importantes (sectores poblados o de alta inversión) y un valor máximo de ΔH igual a 0,50m en las zonas en las que la inundación generaría daños menores (poblaciones menores).

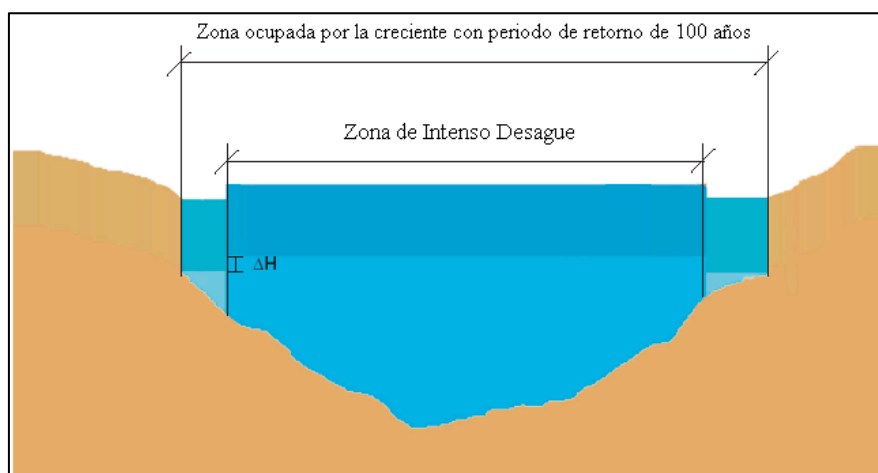


Figura 3-5. Zona de intenso desagüe ZID (ACA, 2009)

Zonas de Inundación Moderada: Sectores ubicados por fuera de las ZID en los que la profundidad del agua es superior a 0,40m e inferior a 1,0m, la velocidad de flujo es mayor a 0,40 m/s y menor a 1 m/s; o el producto de la profundidad del agua por la velocidad del flujo es mayor a 0,08 m²/s y menor a 0,5 m²/s

Zona de inundación leve: es aquel tipo de zona inundable por episodios extraordinarios que se da donde las condiciones hidráulicas presentan un calado inferior a 0,4 m, una velocidad menor de 0,4 m/s y cuyo producto es menor de 0,08 m²/s.

3.3.3 Plan de Protección Civil frente al riesgo de inundaciones de Cataluña. INUNCAT

El INUNCAT es el análisis de la peligrosidad por inundación enfocado hacia la atención de emergencias. Considera además de las zonas mencionadas anteriormente, incluir cuencas de las que no se dispone información hidráulica, y realizar la zonificación de las áreas de riesgo en base a criterio experto, al análisis de información geomorfológica, análisis de máximos históricos de inundación y de puntos de conflicto conocido. También se incluyen dentro de las franjas de peligro aquellas zonas que por condiciones geológicas pueden generar eventos de movimientos en masa como resultados de inundaciones excepcionales.

El análisis de la vulnerabilidad catalán calcula los daños directos teniendo en cuenta curvas “% de daño-calado” de modo que la valoración económica de las pérdidas asocia el coste del tipo de edificación en términos de euros/unidad de área. (ACA, 2009)

- En zonas de viviendas: se utilizan las curvas del *"Economic Guidance Memorandum (EGM) 01-03"* del USACE
- En zonas de industrias, comercios y lugares de acampada: se emplean curvas genéricas “daños-calado” de la FEMA.
- En zonas agrícolas: los daños se cuantifican a partir de estadísticas de los primeros rendimientos agrarios y datos de aseguradoras.
- Daños municipales: se consideran población en riesgo cuando el calado supera a 1 m y se cuantifica la infraestructura vial afectada cuando el calado es mayor a 0,3 m. usando como criterio la seguridad en la movilidad de vehículos (Fleta, et al., 2006).

3.3.4 Planificación de Espacios Fluviales de Cataluña. PEFCAT

La gestión de inundaciones ha ido evolucionando con la información topográfica, la información de usos del suelo, la mejora de las capacidades computacionales y de las herramientas informáticas; pero sobre todo, por los cambios en el ámbito legislativo. En el marco de las exigencias de la Directiva Marco del Agua y la Directiva Europea de Inundaciones, respectivamente, la ACA desarrolla la Planificación de Espacios Fluviales (PEF¹⁷) (Figura 3-6), y la Evaluación preliminar del riesgo de inundación en las cuencas de Cataluña¹⁸ (Tabla 3-6).

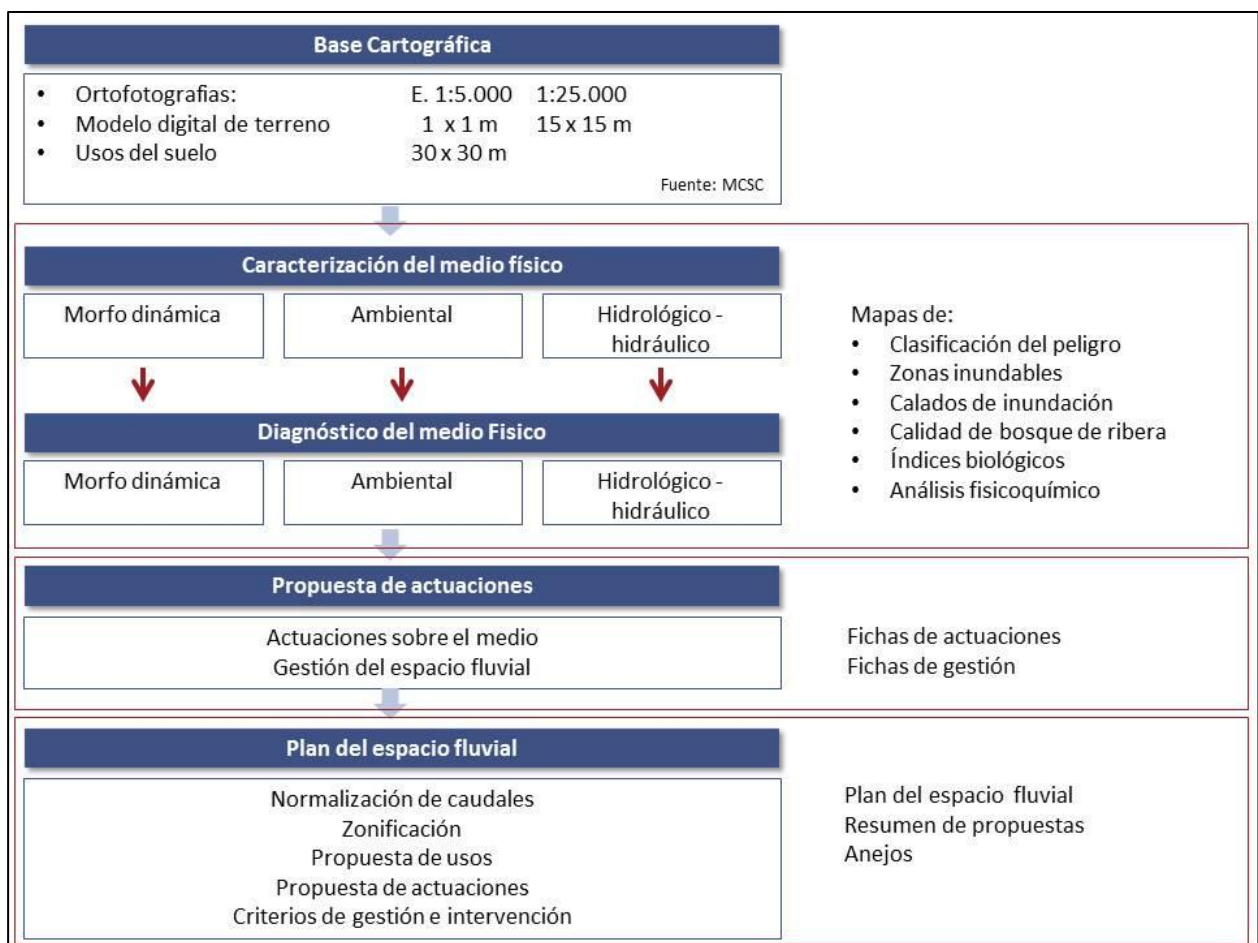


Figura 3-6. Metodología general de la PEFCAT. (ACA, 2010)

¹⁷ Los PEF son evaluaciones de mucho más detalle y precisión con un alcance integral que trata aspectos hidrológicos, hidráulicos, morfo-dinámicos y ambientales para zonas de máxima inundación a 10, 50, 100 y 500 años de periodo de retorno.

¹⁸ La Evaluación preliminar del riesgo de inundación de la cuenca fluvial catalana, determina las áreas potencialmente inundables desde un punto de vista geomorfológico. En estos estudios se incluyen los puntos críticos en los que la experiencia histórica de gestión de los espacios fluviales indica que hay problemas recurrentes.

Tabla 3-6 Metodología de identificación de áreas con riesgo potencial significativo de inundación (ARPSI) en cuencas fluviales. (ACA, 2010)

Fase	Actividades
Selección de la red hidrográfica representativa	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de episodios históricos para incluir aquellos cursos con eventos con daños significativos. • Incorporación de todas las masas de agua. • Inclusión de los cursos fluviales con un área vertiente superior a 10 km². • Inclusión en la red representativa aquellos cursos fluviales <u>teniendo en cuenta el criterio experto.</u>
Recopilación y análisis de la información disponible.	<ul style="list-style-type: none"> • Inundaciones históricas, cartografía de zonas inundables, usos del suelo, ortofotografías, geomorfología, etc.). • Estudios antecedentes existentes de peligrosidad y riesgo. • Mapas de Cubiertas de Suelo de Cataluña (MCSC): Clasificación y análisis de información territorial sobre usos del suelo, desarrollo urbanos, industrial, agropecuario, infraestructura de transporte, patrimonio medioambiental e histórico. • Valoración de usos del suelo teniendo en cuenta los daños asociados a la estructura del elemento, contenido y pérdidas de vidas humana.
Preselección de zonas de riesgo de inundación potencial	<ul style="list-style-type: none"> • Selección de áreas potencialmente inundables, considerando la peligrosidad asociada a las inundaciones que se obtiene mediante el análisis de estudios existentes hidráulicos, geomorfológicos o análisis simplificado¹⁹ • Cálculo del riesgo asociado a las inundaciones a partir de la cuantificación de los daños en toda la zona potencialmente inundable, identificando además, los conos de deyección que presentan un riesgo potencial. • Preselección de zonas de riesgo de inundación actual teniendo en consideración el efecto de las obras de defensa frente a inundaciones, los cambios de uso del suelo en las cuencas hidrográficas y el conocimiento y la experiencia de los técnicos e inspectores pertenecientes a las delegaciones territoriales de la Agencia.
Definición de umbrales	<ul style="list-style-type: none"> • Comprobación y contraste con información histórica.
Selección de tramos y Áreas para ARPSI	

A partir de los estudios de inundabilidad se formulan medidas estructurales y no estructurales para la gestión del riesgo. Un ejemplo de esto es la normativa de urbanismo catalana (Tabla 3-7), en función de la zonificación del corredor fluvial (Figura 3-7).

¹⁹ Realizados a tal efecto mediante análisis SIG (calado fijo)

Tabla 3-7. Restricciones del uso del suelo. (Artículo 6 del reglamento de la ley de urbanismo de Cataluña) (ACA, 2009)

Zonas ²⁰		Usos admisibles	Prohibidos
Zona fluvial		Mejorar función hidráulica y ambiental	Urbanizar y el transporte sustancias peligrosas
Sistema hídrico		Usos agrarios, Parques y jardines, espacios deportivos sin edificios. Lagunas y estaciones de bombeo de AR Vías y transporte, tubería longitudinal sin afectar régimen de corrientes Urbanismo que cumpla con cierta cota definitiva y con condiciones de riesgo de inundación adecuadas sin afectar a terceros	nuevas construcciones o uso que modifique perfil del terreno
Zona inundable	Inundación grave	Ninguno	Zonas de campin y Edificaciones,
	Inundación moderada	Edificios industriales y de almacenamiento	Zonas de campin y Edificaciones,
	Inundación leve	Sin restricción	Sin restricción
Régimen especial		Suelo urbano y edificios con valor histórico, artístico, arquitectónico o industrial. Se debe prever acciones de protección o transformación del uso	

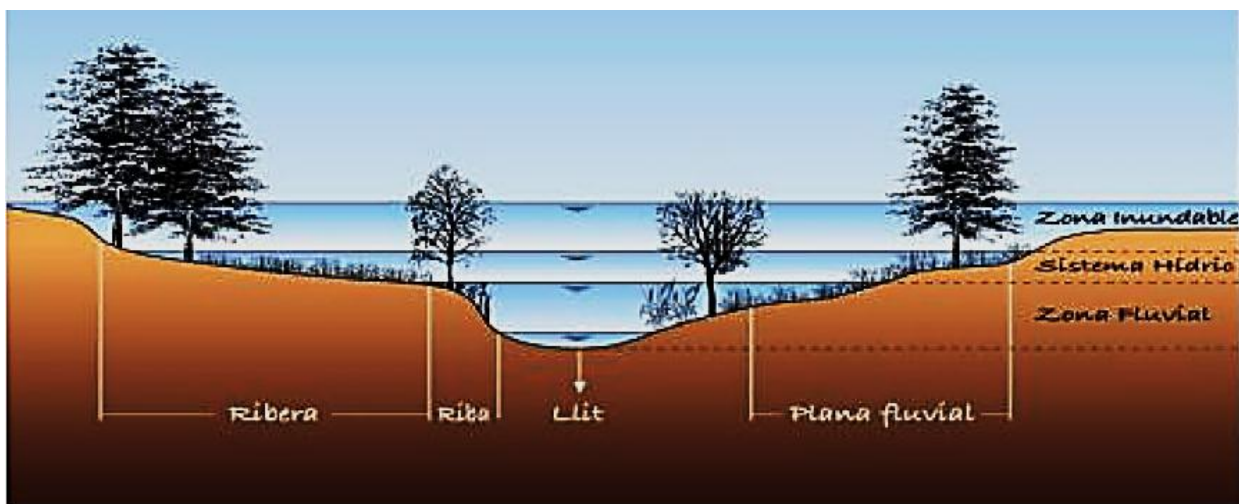


Figura 3-7. Zonificación del espacio fluvial según normativa urbanística catalana (ACA, 2009)

²⁰ La zona fluvial es la necesaria para la preservación del río, está constituida por el cauce (con presencia continua o discontinua de agua) y las riberas. El sistema hídrico es la zona reservada a la preservación correcta y plena del régimen de corrientes en caso de avenida, queda delimitada por la línea de cota de inundación de periodo de retorno de 100 años. La zona inundable es la zona que el río llega a ocupar esporádicamente coincidiendo con avenidas extraordinarias. Para la delimitación de la zona inundable se toma como referencia la línea de cota de inundación de la avenida de periodo de retorno de 500 años.

3.3.5 Plan Especial de Protección Civil ante el Riesgo de Inundaciones de Cantabria, INUNCANT

Este documento se integra dentro del Plan Territorial de Emergencias de la Comunidad Autónoma de Cantabria PLATERCANT. Incluye las directrices frente a inundaciones provocadas por precipitaciones extremas, avenidas extraordinarias, rotura de presas u de otras estructuras hidráulicas.

Los mapas de riesgo del INUNCANT, resultan de combinar la información procedente de modelos hidráulicos (calado y velocidad) de las zonas inundables con los usos del suelo en esas áreas. El riesgo está dado por la probabilidad de inundación, la peligrosidad de la misma y el valor de los bienes o usos afectados. Teniendo en cuenta la vulnerabilidad de los elementos en las zonas de inundación potencial de acuerdo a la Directriz Básica (DB). Es necesario resaltar que aunque la metodología incluye los factores calado y velocidad para la determinación del riesgo, la mayoría de modelos hidráulicos utilizados, son unidimensionales, por lo tanto se optó por evaluar el riesgo teniendo en cuenta únicamente, los calados de las diferentes avenidas.

Tabla 3-8. Clasificación del riesgo de inundación. (Cantabria, 2010)

Riesgo (h = altura del agua en metros)		Consecuencia					
		Núcleos urbanos			Viviendas aisladas	Instalaciones comerciales e industriales y servicios básicos	
		Graves daños (h ≥ 1,0)	Daños significativos (0,5 < h ≤ 1,0)	Daños pequeños (0 < h ≤ 0,5)	Impacto (h ≥ 0,5)	Daño significativo (h ≥ 0,5)	Daño pequeño (0 < h ≤ 0,5)
Frecuencia (años)	FRECUENTE T ≤ 50	ALTO (A-1)	ALTO	SIGNIFICATIVO	ALTO	ALTO	SIGNIFICATIVO
	OCASIONAL 50 < T ≤ 100	ALTO (A-2)	SIGNIFICATIVO	BAJO	SIGNIFICATIVO	SIGNIFICATIVO	BAJO
	EXCEPCIONAL 100 < T ≤ 500	ALTO (A-3)	SIGNIFICATIVO	BAJO	BAJO	SIGNIFICATIVO	BAJO

3.3.6 Plan especial de riesgo de inundaciones de Murcia. INUNMUR

La metodología aplicada al análisis de riesgo, en este caso se estructura en tres apartados principales (Tabla 3-9). El estudio hidrológico establece hipótesis como los resguardos, estado de embalses y funcionamiento simultáneo en cuencas que tienen regulación hídrica. La caracterización hidrológica debe incluir parámetros como el número de curva del SCS, para cuantificar la precipitación máxima en 24 horas y construir los modelos que determinan los caudales máximos. Además, el estudio

hidráulico tiene en cuenta que no en todas las cuencas se pueden emplear modelos bidimensionales.

Tabla 3-9. Metodología para el análisis del riesgo en el plan de inundaciones de Murcia (Murcia, 2007).

Estudio	Objetivo	Acciones
Hidrológico	Obtener caudales de inundación para los periodos de retorno (T) 50, 100 y 500 años.	<ul style="list-style-type: none"> • Se establece hipótesis • Hacer caracterización geomorfológica • Estimación de parámetros asociados a la propagación de avenidas • Deducción por análisis estadístico y estudios antecedentes de los valores de lluvia máxima en 24 horas • Construcción y calibración de modelo en HEC-HMS, para transformar precipitación en esorrentía. • Inclusión en el modelo de embalses • Deducción caudal máximo para diferentes T
Hidráulico	Delimitar zonas potencialmente inundables para cada T	<ul style="list-style-type: none"> • Definir escala de cartografía • Definir modelos según características de la cuenca • Incluir en modelo puentes u otros elementos que pueden modificar régimen de flujo.
Análisis del riesgo	Clasificar las zonas de riesgo, de acuerdo a la Directriz Básica (DB)	<ul style="list-style-type: none"> • Definir peligrosidad de inundación • Definir exposición al riesgo de núcleos de población, instalaciones industriales y comerciales, viviendas aisladas, infraestructura y servicios básicos. • Determinar umbrales de afectación (calado, velocidad, el producto de ambas)

3.3.7 Evaluación y mitigación del riesgo de inundación en Norte América

La evaluación del riesgo de inundación está a cargo del USACE (Cuerpo militar de ingenieros de USA), el NIFP (Programa Nacional de Seguros para inundaciones) y la FEMA (Agencia Federal de Gestión de Emergencias). Las metodologías de cuantificación del caudal de inundación dependen de la probabilidad de ocurrencia del evento y de la disponibilidad de información. El calado alcanzado por el agua es determinado con el modelo hidráulico HEC-RAS que es la herramienta desarrollada por el USACE para este fin. La información anterior se combina con información topográfica para generar mapas de amenaza utilizados por FEMA en la cuantificación de los daños potenciales y otros aspectos. La metodológica que emplea el USACE, el NFIP y otras agencias en la estimación de las pérdidas consiste en tres pasos básicos que involucran (Scawthorn, 1999):

- Definir la amenaza, normalmente se logra con la determinación de la probabilidad de excedencia y la determinación de la descarga asociada.

- Determinar la profundidad de inundación en cada zona de interés, basándose en consideraciones hidrológicas y topográficas, cuya curva resultante es denominada curva de calificación.
- Para cada estructura y/o zona de interés, determinar el daño asociado con cada periodo de retorno. El daño es determinado por curvas daño-calado, desarrolladas por USACE, datos del NFIP o por terceros.

Entre las estrategias emprendidas por el Gobierno Americano se encuentran:

El NIFP programa nacional de aseguramiento frente a Inundaciones, busca que los propietarios adquieran seguros adecuados frente a las pérdidas por inundaciones. Los costos de los seguros son asequibles en la medida en que las comunidades sigan las ordenanzas en cuanto a desarrollo de áreas con riesgo de inundación. Los criterios para asumir las tasas de aseguramiento se obtienen a partir de mapas de límites de amenaza de inundación, mapas de tasas de aseguramiento, y mapas de rutas de inundación.

Los Sistemas de alertas en tiempo real, IFLOWS (Sistema integrado de observación y alerta de inundaciones), y otros tipos de hardware y software diseñados para la recolección de datos ambientales y la predicción climatológica confiable.

Modelo HAZUS²¹ para evaluación del riesgo de inundación, considerado como metodología nacional estandarizada para estimar las pérdidas potenciales por terremotos, inundaciones y huracanes (FEMA, 2012). El software utiliza sistemas de información geográfica (SIG), conocimientos científicos y de ingeniería para calcular los impactos físicos, económicos y sociales de los desastres socio-naturales²² (FEMA, 2012).

Los resultados del modelo HAZUS contribuyen en la estimación de los impactos, de forma cualitativa por lo que se requiere de otros estudios para ser contrastados. Este

²¹ HAZUS-MH es una herramienta de software para planificación multi-riesgo. Se basa en un modelo empírico a partir de observación y experimentación que arroja información a nivel de estimación (no determinístico). Es útil como herramienta de planeación y en la comparación de escenarios. El programa se ejecuta en escenarios ESRI y DOS

²² Definiciones: Daño físico: efectos a nivel residencial, edificios comerciales, escuelas, servicios críticos e infraestructura. Pérdidas económicas: desempleo, interrupción de negocios, costos de reparación y reconstrucción. Impactos sociales: incluye estimaciones de requerimientos de albergue, hogares desplazados, y personas expuestas en cada escenario

sistema es empleado en todas las etapas de gestión de las inundaciones y permite determinar las mejores alternativas de mitigación del riesgo, así como continuar con un proceso de largo plazo para reducir las pérdidas por desastres (Figura 3-8).

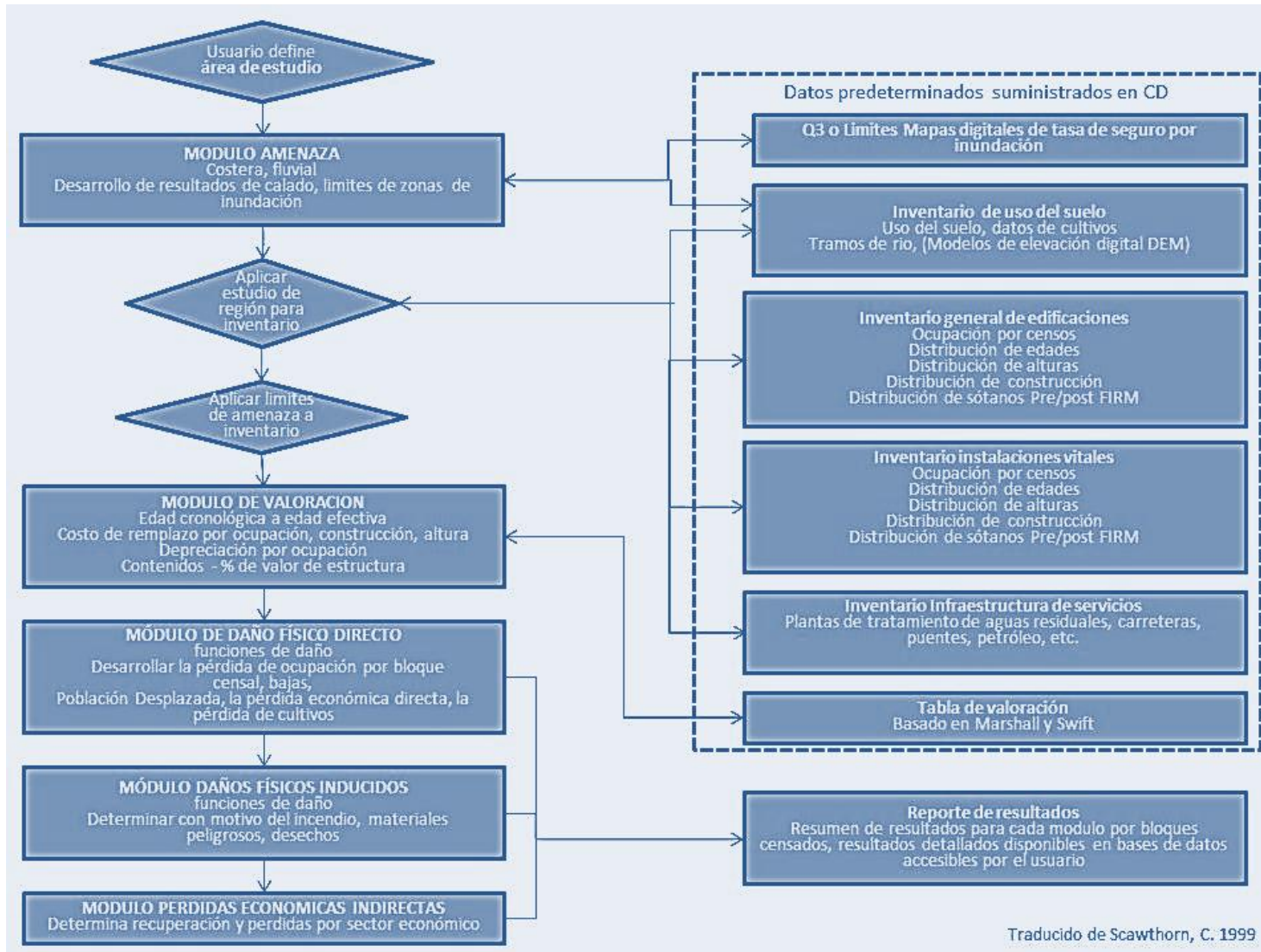


Figura 3-8. Metodología de estimación de pérdidas por inundaciones, (FEMA, 2005)

3.3.8 Metodologías para la Elaboración de Mapas de Amenaza por Inundación MET-ALARN, Nicaragua.

El proyecto MET_ALARN (INETER & COSUDE, 2005), propone dos metodologías para la elaboración de mapas de amenaza por inundación fluvial:



- El método geomorfológico integrado a escalas de cartografía 1:10.000 a 1:50.000. El mapeo trata de diferenciar las zonas inundables, teniendo en cuenta que la frecuencia de la inundación depende de la altura o cota de las terrazas fluviales del río.
- El método PRRAC genera mapas de riesgo a escala 1:5.000 a partir de la descripción de los procesos hidrológicos e hidráulicos de una inundación con la ayuda de modelos matemáticos y técnicas SIG.

Los criterios para establecer la intensidad de la amenaza son similares a los presentados en las metodológicas de algunas comunidades autónomas de España. Sin embargo, es necesario resaltar que en la selección los periodos de retorno de inundación (10, 50 y 200 años), se concluyó que las series de datos hidrometeorológicas existentes en Nicaragua no eran suficientemente extensas (<50 años), ni consistentes para extrapolar periodos de retorno mayores. Tampoco otros métodos (como los geomorfológicos), permiten estimar con precisión satisfactoria el alcance de las inundaciones de periodos de retorno mayores. Teniendo en cuenta lo anterior se construye la matriz de niveles de riesgo, (Tabla 3-10), y las directrices para la ordenación territorial (Tabla 3-11).

Tabla 3-10. Zonificación de la amenaza por inundaciones fluviales en Nicaragua (INETER/COSUDE, 2005)

Intensidad Altura (m)	Alta ≥ 1,0 m	Alta	Alta	Alta	<ul style="list-style-type: none"> • Zona de amenaza alta: a cualquier frecuencia que supere 1m o 1,5 m²/s, o que a frecuencias altas supere 0,5 m ó 1,5m²/s. • Zona de amenaza media: a frecuencia alta h < 0,5 m, a inundación de frecuencia moderada es menor a 1,0m o 1,5 m²/s • Zona de amenaza baja: aquellas donde la frecuencia de inundación no supera 0,5 m/s o 0,5 m²/s, o frecuencias bajas que pueden alcanzar 1,0m o 1,5 m²/s
	Media 0,5 - 1,0 m	Alta	Media	Baja	
	Baja 0,25 - 0,5 m	Media	Baja	Baja	
Clasificación de la amenaza		Alta T ≤ 10	Media 10 - 50	Baja 50 - 200	
		Frecuencia (años)			

Tabla 3-11. El significado de los mapas de amenaza para la planificación del territorio de Nicaragua

Leyenda para mapas multi-amenazas	Leyendas mapas de inundación	Perdidas y daños previsibles en caso de uso para asentamientos humanos	Implicaciones para la ordenación del territorio
Rojo	Amenaza Alta (Azul Oscuro)	Personas en peligro dentro y fuera de edificios Alto peligro de destrucción repentina de edificios Eventos se manifiestan con una intensidad débil, pero con una frecuencia elevada o con intensidad fuerte.	Zona de prohibición. No apta para instalación, expansión o densificación de asentamientos humanos. En áreas ya edificadas, deben ser reubicadas a largo plazo, o necesidad de obras de protección, sistemas de alerta temprana y evacuación temporal
Naranja	Amenaza Media (Azul)	Personas en peligro fuera de los edificios, pero no así al interior. Se debe contar con daños en edificios, pero no destrucción repentina de estos, siempre y cuando su modo de construcción haya sido adaptado a las condiciones del lugar	Zona en reglamentación, en la cual se puede permitir expansión y densificación de asentamientos, siempre y cuando existan y se respeten reglas de ocupación del suelo, y normas de construcción apropiadas. Construcciones existentes que no cumplan normativa deben ser reforzadas, protegidas o desalojadas y reubicadas
Amarillo	Amenaza Baja (celeste)	El peligro para las personas es débil o inexistente. Los edificios pueden sufrir daños leves, pero puede haber fuertes daños al interior de los mismos	Zona de sensibilización. Apta para asentamientos humanos, en la cual la población debe ser sensibilizada ante la existencia de amenazas moderadas y poco probables , para que conozcan y apliquen reglas de comportamiento apropiadas
 Rayas amarillas	 Amenaza Residual (rayas azules)	Existen amenazas que tienen una probabilidad de ocurrencia débil y que se pueden manifestar con una intensidad fuerte	Zona de sensibilización. Apta para asentamientos humanos, en la cual la población debe ser sensibilizada ante la existencia de amenazas muy poco probables , para que conozcan y apliquen reglas de comportamiento apropiadas
Verde claro		Ninguna amenaza conocida, o despreciable desde el estado actual de conocimiento	
Zonas de Susceptibilidad		Zonas en donde los análisis realizados son muy indicativos, por lo que no se pueden realizar estimaciones de frecuencias o alturas de agua , o estos son muy imprecisas. Corresponden a zonas afectadas por evento extremo (HURACAN MITCH)	

3.3.9 Inundación en la Llanura Aluvial del Río Cauca. Proyecto de Modelación Río Cauca. PMC. Colombia.

El Río Cauca presenta una longitud total de 1.350 Km y una cuenca hidrográfica aproximada de 63.300 Km². el PMC fue concebido por la CVC (Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca), como una herramienta de planeación y gestión del más valioso recurso hídrico de la región, cuyo objetivo es adelantar los estudios de caracterización hidráulica, sedimentológica, geológica morfológica y de calidad del agua; implementar un sistema integrado de modelación matemática del río Cauca en el tramo Salvajina - La Virginia; y, estimar y evaluar los impactos sobre el río originados por las diferentes intervenciones a las que viene siendo sometido, así como los efectos por las

obras que se proyectan para fines de aprovechamiento, control, recuperación y conservación. La etapa III del proyecto corresponde a estudios y aplicaciones del modelo para diferentes propósitos (control de inundaciones, navegación, embalses de regulación en tributarios, operación de Salvajina, calidad del agua, etc.). (CVC, et al., 2007)

Para la elaboración de la cartografía de riesgo se implemento la metodología simplificada propuesta por la Comunidad Autónoma de Valencia, PATRICOVA ya que los criterios son aplicables a la planicie de inundación de río Cauca. Los mapas de inundación se elaboraron para periodos de retorno 10, 25, 100 y 500 años, utilizando el modelo hidráulico (MIKE11-GIS), los resultados de la modelación hidrodinámica con MIKE11 y el Modelo Digital de Elevaciones de Terreno de la zona de estudio (DEM). Es necesario indicar que el estudio no incluye un análisis detallado de la vulnerabilidad real de los elementos ubicados en la llanura de inundación y que como en todo proyecto de investigación, se encuentran limitaciones que deben considerarse en futuros estudios de mejora (CVC, et al., 2007).

La selección de los caudales extremos asociados a los diferentes periodos de retorno, siguió un método estadístico con datos de las estaciones hidrométricas, ubicadas sobre el río Cauca. Se utilizó una distribución Gumbel y las series de datos a partir de la puesta en funcionamiento del embalse de Salvajina que modificó el comportamiento del río en adelante.

3.3.10 Plan Distrital de Prevención y Atención de Emergencias de Bogotá.

El Fondo de Prevención y Atención de Emergencias de Bogotá DC (FOPAE), desarrolla el Plan Distrital de Prevención y Atención de Emergencias (PDPAE), que formula la siguiente metodología (Figura 3-9) para la evaluación del riesgo de inundación basada en criterios hidrológicos, geomorfológicos y de intensidad de la amenaza

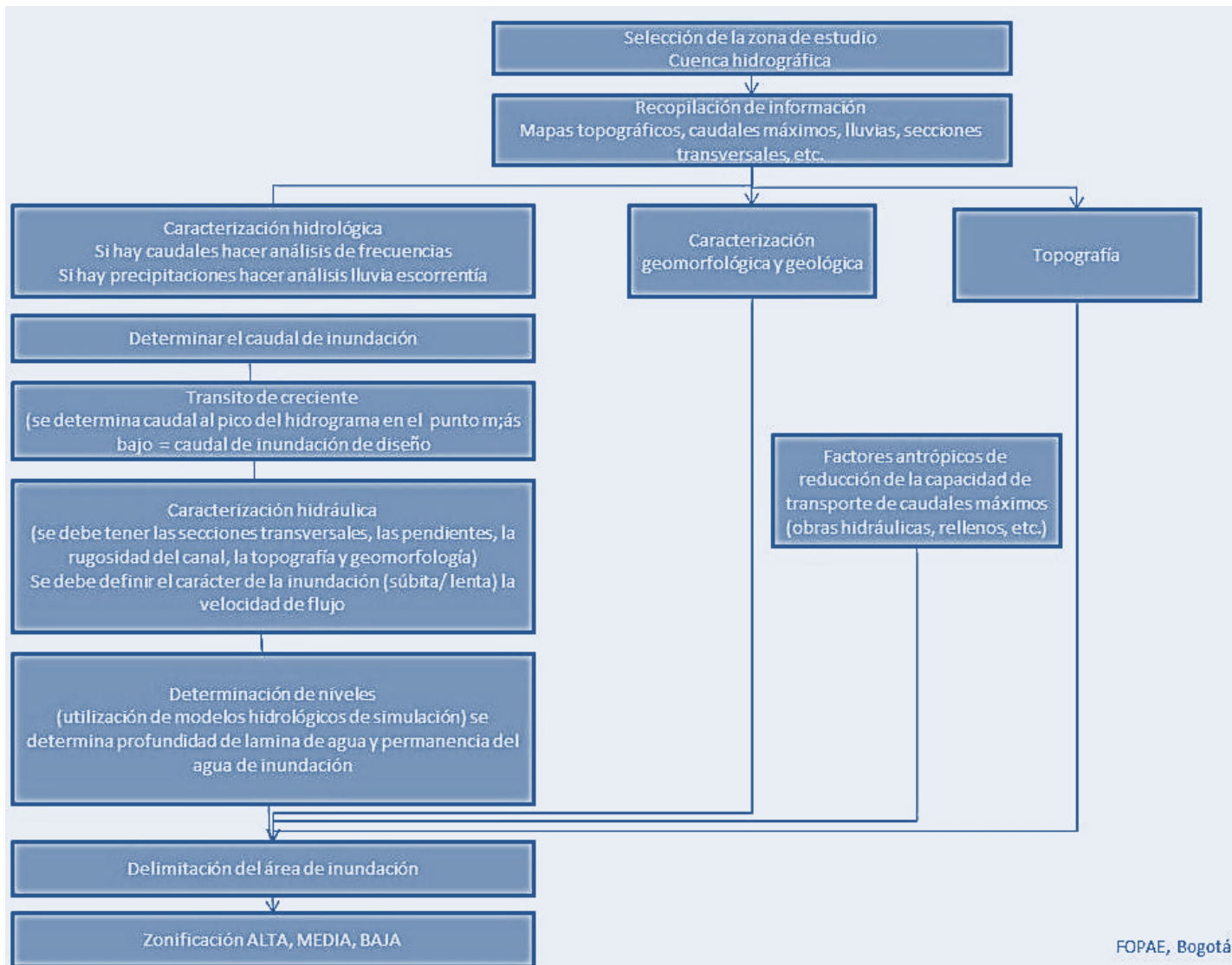


Figura 3-9. Metodología para evaluación del riesgo de inundación del PDPAE, Bogotá (FOPAE, 2010)

La zonificación por grado de amenaza es la siguiente:

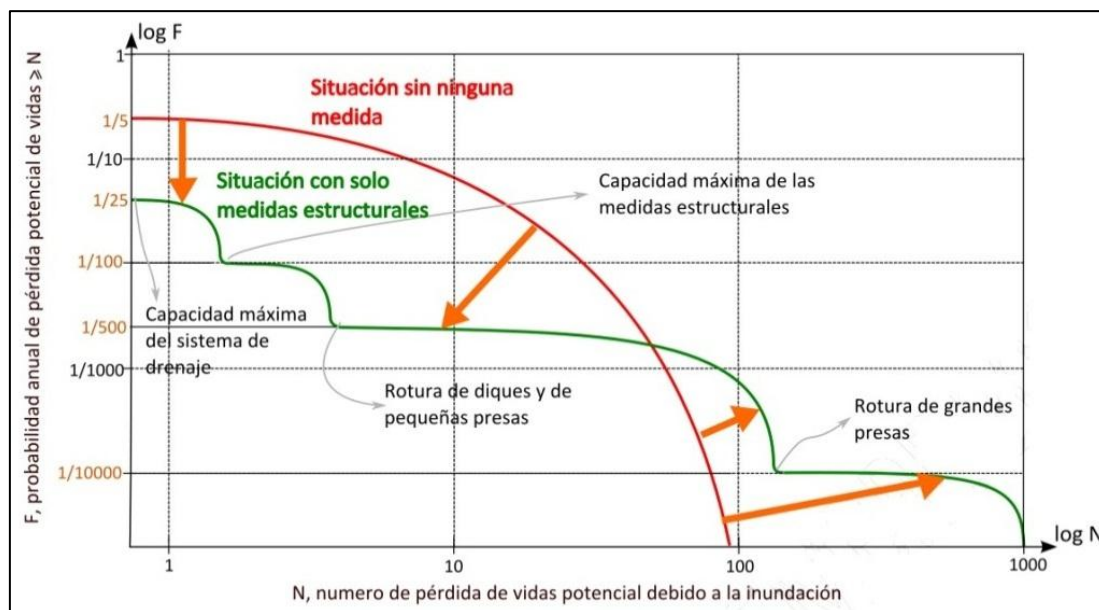
- Amenaza Alta: inundación con periodo de retorno menor o igual a 10 años, ya sea por causas naturales o intervención antrópica no intencional, con profundidad de lamina de agua, duración, caudal y velocidad con efectos potencialmente dañinos graves.
- Amenaza Media: desbordamientos del cauce para caudales de inundación entre 10 y 100 años, las diferentes variables de amenaza²³ pueden tener efectos potencialmente dañinos moderados.
- Amenaza Baja: línea de inundación para periodo de retorno mayor a 100 años, con efectos potencialmente leves.

3.3.11 SUFRI. Curvas para estimar efectos de medidas estructurales y no estructurales en la gestión del riesgo de inundación fluvial y pluvial

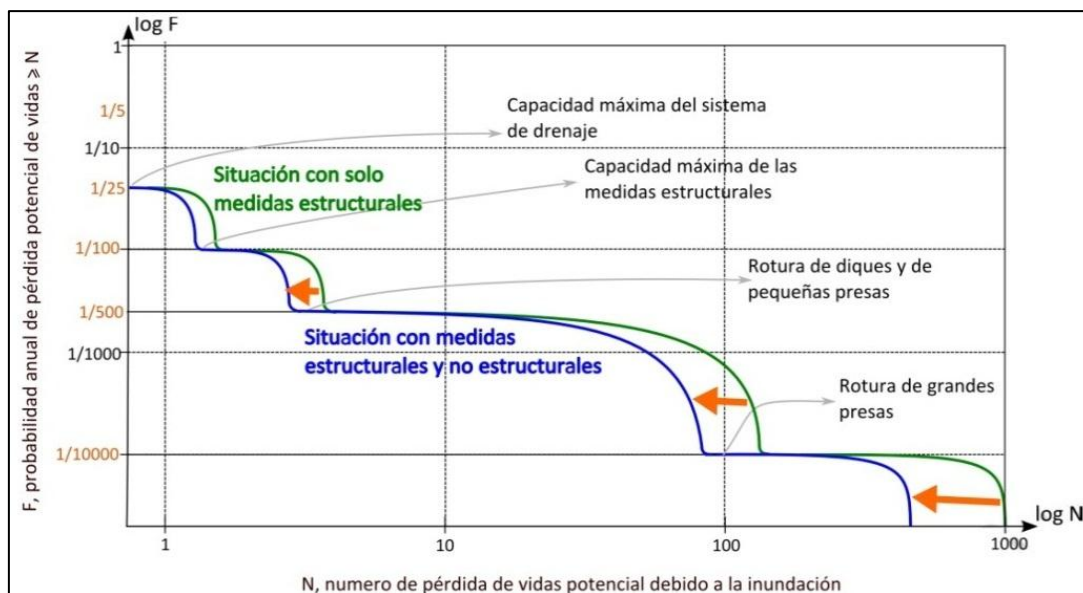
SUFRI (*Sustainable Strategies of Urban Flood Risk Management with non-structural measures to cope with the residual risk*), es un proyecto europeo terminado en el año 2011 que pretende definir estrategias sostenibles de gestión del riesgo, incluyendo sistemas de advertencia, análisis de vulnerabilidad y comunicación del riesgo para optimizar el control de desastres. El proyecto desarrolla curvas tipo F-N²⁴ para entornos urbanos, que permiten caracterizar el riesgo de forma completa y cuantitativa. El Figura 3-10, muestra la probabilidad de ocurrencia de un evento de inundación (años⁻¹) y las potenciales consecuencias del mismo en perdidas de vidas. El área bajo la curva representa el riesgo total de inundación, pues supone la integración de la probabilidad de ocurrencia por las consecuencias. Las curvas muestran los resultados de riesgo para tres escenarios, situación sin medidas, situación con medidas estructurales, y situación con medidas estructurales y no estructurales para un caso hipotético.

²³ Las variables tenidas en cuentas para definir el grado de amenaza son: carácter de la inundación (súbita/lenta), profundidad de la lamina de agua, velocidad de flujo (asociado a la proximidad al canal principal de flujo), y duración de la inundación; adicionalmente se tiene en cuenta el tiempo de permanencia del agua en la cubeta de inundación.

²⁴ Donde F es la probabilidad anual de perdida potencial de vidas, y N es el Numero de perdidas de vidas potencial debido a la inundación



(a.)



(b.)

Figura 3-10. Efecto de las medidas estructurales y no estructurales en una curva f-n sobre el riesgo social de inundación²⁵ (Escuder, et al., 2010)

²⁵ El gráfico a, muestra que la existencia de una medida estructural puede suponer un descenso en la probabilidad de excedencia (flechas hacia la izquierda), pero su fallo puede derivar en el aumento de las consecuencias por inundación (flechas hacia la derecha). El gráfico b, indica que si se establecen medidas no estructurales, puede suponerse una reducción importante de las consecuencias, especialmente en el número de víctimas (flechas hacia la izquierda).

3.4 DIRECTRICES INTERNACIONALES PARA GESTION DEL RIESGO DE INUNDACIONES

Teniendo en cuenta que las inundaciones pueden ser la amenaza natural más recurrente en muchos países, las directrices generales para planificar la gestión del riesgo y la incorporación de la GR en todos los ámbitos relacionados con el ordenamiento territorial y la planificación urbana, son necesarios. A continuación se presentan algunas de las iniciativas para la gestión del riesgo de inundación.

3.4.1 Unión Europea: Directiva de Evaluación y Gestión de los Riesgos de Inundación. (DI) 2007/60/CE.

Establece un marco común a los miembros de la Unión Europea (UE) con el fin alcanzar una evaluación preliminar de los riesgos, la construcción de mapas de las zonas de riesgo basados en las probabilidades de excedencia anual de precipitación; y la elaboración de planes de gestión de inundaciones. Tales estudios deben contemplar el impacto que el cambio climático puede tener sobre las inundaciones.

El plan de gestión de riesgo de inundaciones de acuerdo al DI se elabora sólo para las zonas con riesgo de inundación, debe contener unos capítulos iniciales que reflejan la información de partida (elaborada de acuerdo a la metodología exigida por la propia directiva), una descripción de los objetivos perseguidos, un programa de medidas, una descripción de las medidas de información y consulta y una lista de autoridades competentes. **La metodología de desarrollo de los planes de gestión de inundaciones es la siguiente:**

- Conclusiones de la Evaluación Preliminar del Riesgo de Inundación (EPRI), con las zonas de riesgo
- Mapas de peligrosidad y riesgo
- Objetivos de la gestión del riesgo
- Resumen de las medidas y prioridades
- Metodología del análisis de la relación coste-beneficios para evaluar las medidas con efectos transnacionales.
- Descripción de las prioridades y la supervisión
- Medidas de información y consulta

- Lista de autoridades competentes y descripción del proceso de coordinación en las demarcaciones internacionales y con la DMA

Algunas de las actuaciones que se pueden emprender de acuerdo a la DI se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 3-12. Tipos de medidas a emprender (Ferrer Polo, 2010).

Prevención, protección y preparación	Estructurales	No estructurales
<ul style="list-style-type: none"> • Sistemas de alerta temprana • Promoción de prácticas de uso sostenible del suelo • Mejora de retención de aguas • Inundación controlada de determinadas zonas 	<ul style="list-style-type: none"> • Reducción del caudal punta • Reducción de la extensión inundada • Protección de determinadas áreas o bienes • Protección contra la degradación de las márgenes 	<ul style="list-style-type: none"> • Mapas de riesgo • Normativa de uso del territorio y urbanística • Planes de información a la población • Señalización activa y pasiva • Planes de emergencia • Sistemas de alerta temprana • Instrucciones de autoprotección • Seguros específicos o generales

3.4.2 España: Directriz Básica de Protección Civil frente al Riesgo de Inundación

Esta metodología caracteriza las zonas potencialmente inundables, de acuerdo a la frecuencia de inundación. El riesgo es establecido por los impactos que la inundación produce sobre las personas, viviendas, instalaciones industriales, comerciales, infraestructura, servicios naturales y ambientales.

Tabla 3-13. Clasificación de zonas con riesgo de inundación (MJI España, 1995)

Zona	Riesgo	Descripción
A	Alto	Daños graves ²⁶ a núcleos de población para cualquier periodo de retorno. A efectos de emergencia se subdivide en tres categorías asociadas al periodo de retorno. También son zonas de riesgo alto aquellas que a T = 50 años afecten viviendas aisladas, instalaciones comerciales o industriales y los servicios básicos.
A-1	Alto frecuente : T= 50 años	
A-2	Alto ocasional: T= 100 años	
A-3	Alto excepcional: T= 500 años	
B	Significativo	Zonas no coincidentes con las zonas A, donde la avenida T = 100 años produce impactos en viviendas aisladas Zonas en las que las avenidas a T > = 100 años produce daños en instalaciones comerciales o industriales y/o servicios básicos
C	Riesgo bajo	No coincidentes con A ni con B, en que avenidas de 500 años producen impactos sobre viviendas aisladas Zonas en que las avenidas de hasta 500 años, producen daños pequeños en instalaciones comerciales, industriales y/o servicios básicos.

²⁶ Se considera que pueden producirse graves daños sobre las personas y los bienes cuando las condiciones hidráulicas durante la avenida satisfagan uno o más de los siguientes criterios: a) calado mayor a 1m., b) Velocidad superior a 1m/s., y c) que el producto de ambas variables sea superior a 0,5 m²/s. (Real Decreto 9/2008)

3.4.3 Australia: Directrices Nacionales para la Gestión del Riesgo de Inundaciones 2008.

El NFRAG, (National Flood Risk Advisory Group), produce las directrices nacionales sobre gestión del riesgo de inundaciones. Estas últimas buscan gestionar las llanuras de inundación basándose en los siguientes objetivos:

- Asegurar que todos los niveles de gobierno, las instituciones y la comunidad aceptan y comprenden su responsabilidad en la gestión de riesgo de inundación
- Asegurar que el riesgo de inundación y el comportamiento de inundación es entendido y considerado en forma estratégica en los procesos de toma de decisiones.
- Asegurar que la planificación del uso del suelo y los controles de desarrollo minimizan exposición a inundaciones de personas, así como, el costo de daños a propiedades e infraestructura.
- Asegurar un amplio rango de medidas estructurales y no estructurales, su apropiada aplicación y aceptación por la comunidad local en términos económicos, sociales y ambientales.
- Proporcionar un sistema de predicción y alerta sobre inundaciones y brindar las medidas de respuesta a emergencias a la luz del conocimiento sobre inundaciones.
- Ayudar en el proceso de recuperación posterior a desastres.

La estrategia se basa en 5 pilares de gestión denominados: responsabilidades, comprensión del comportamiento de la inundación, gestión del riesgo de inundación, sistemas de alerta y respuesta; y finalmente, procesos de recuperación post-desastre.

Responsabilidades: Las responsabilidades se manifiestan a nivel gubernamental, institucional y comunitario, la siguiente tabla abrevia algunas de las principales responsabilidades en la Directriz de Australia.

Tabla 3-14. Algunas responsabilidades de acuerdo a los involucrados en el tema de inundaciones en Australia (National Flood Risk Advisory Group, 2008).

Actores	Responsabilidades
Gobierno:	Políticas sobre el territorio, responsabilidades según la jurisdicción, la mayor responsabilidad a nivel local, formación de equipos de cooperación cuando las cuencas cruzan fronteras
Agencias locales y relaciones entre ellas:	Conocimiento de la legislación y de las necesidades. Estrecha relación entre agencias responsables de mitigación, planeación de uso del suelo, manejo de emergencias, respuesta y recuperación. La oportuna y efectiva suministro de información a la comunidad. Responsables de los sistemas de monitoreo, de la gestión de llanuras de inundaciones, de predicción y alerta de inundaciones. Etc.
La comunidad:	Estar consientes de los riesgos que enfrentan, las autoridades locales son los responsables de informar a la comunidad de su exposición al riesgo y la comunidad es responsable de seguir instrucciones en emergencias y después de las mismas. Deben involucrarse en la gestión del riesgo y en la toma de decisiones.

Comprensión comportamiento y riesgo de inundaciones: las directrices australianas consideran que la amenaza está influenciada por un amplio rango de factores que pueden variar significativamente con la localización. Los planes deben basarse en medidas integrales, asociadas a cada nivel de riesgo y a cada rango de inundación, desde menores (eventos mas frecuentes), hasta los más extremos (La avenida máxima probable o PMF). Para lo cual se debe considerar:

- Las herramientas y datos disponibles para determinar el riesgo de inundación, entender las inundaciones históricas y coleccionar datos después de un evento de inundación.
- Los impactos de inundaciones en la comunidad, la respuesta de las agencias de emergencias y del medio ambiente.
- Las medidas disponibles para reducir o manejar el riesgo existente, futuro y residual.
- Determinar la exposición de la comunidad y su resiliencia.
- Los cambios a largo plazo que pueden impactar el régimen de inundaciones, es decir los cambios en el uso del suelo, en las prácticas en el uso del suelo, cambios ambientales, y en la infraestructura de control y mitigación de inundaciones.
- Los impactos acumulativos de la urbanización en la llanura de inundación y en las líneas de costa.
- Los efectos esperados por el cambio climático en el nivel de océanos y en la producción de inundaciones por eventos de lluvias severas y frecuentes, deben ser incluido en los horizontes de planeación de los cambios en los usos del suelo en el estilo de vida o en desarrollo de infraestructura.
- Los requerimientos de las agencias involucradas.

- Las variaciones en la vulnerabilidad de la comunidad bajo riesgo de inundación. Es decir, grupos de edades especiales, enfermos, comunidades aborígenes, instalaciones vitales, servicios básicos, etc. Son temas que deben quedar incluidos en la planificación del uso del suelo y en las decisiones sobre gestión del riesgo.
- Todas las políticas y legislaciones deben considerar el desarrollo sostenible ecológico, es decir el uso sostenible de las planicies de inundación, las líneas de costa y los recursos naturales.

Gestión del riesgo: Los controles en planificación y urbanización²⁷ debe considerar la vulnerabilidad de las personas, el valor ambiental de las áreas cerca a los cursos de ríos y costas, y la necesidad de transmitir y almacenar agua de inundaciones; en concordancia con el uso del suelo, las características de la planicie de inundación y al grado de amenaza presente (National Flood Risk Advisory Group, 2008). El Plan de gestión de la Planicie de Inundación (PMPI) muestra como gestionar el riesgo de inundación para urbanizaciones existentes y futuras a partir de la zonificación de usos del suelo que puede restringir ciertos tipos de desarrollo, por ejemplo tener un área rural o espacio abierto “verde”, en zonas con alta amenaza, previene que el número de personas con riesgo de inundación aumente como resultado de la invasión urbana. La Figura 3-11 muestra como ejemplo la zonificación propuesta por el Gobierno de Queensland.

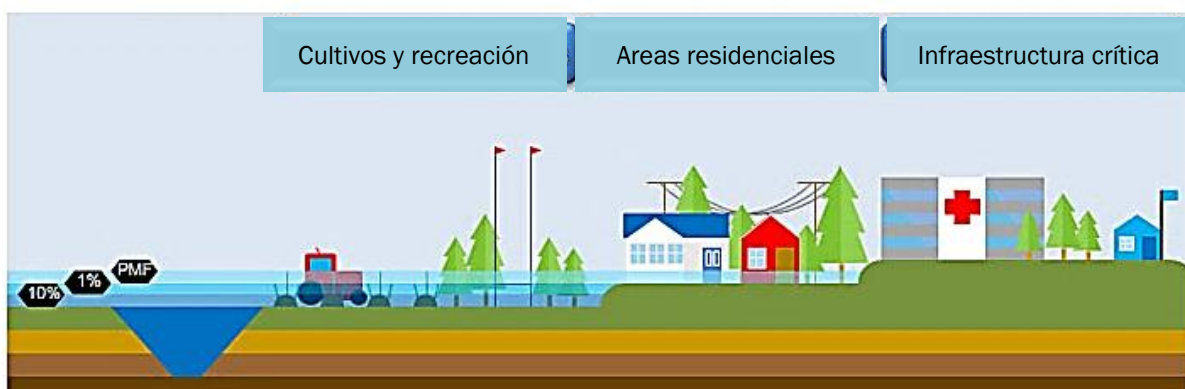


Figura 3-11. Planeación de usos de suelo teniendo en cuenta el comportamiento de la inundación y el riesgo²⁸. Traducido de WMAWATER en (Queensland Government, 2011)

²⁷ La aplicación más común y reciente es la fijación de niveles mínimos de altura del suelo; otro ejemplo son las Especificaciones Apropriadas de Construcción que incluyen recomendaciones en las prácticas de diseño estructural y no estructural, en materiales durables que reducen efectos de inundación, en prever la reducción del impacto por escombros de inundaciones y el mantenimiento de la integridad estructural después de una inundación

²⁸ La inundación máxima probable (PMF) es una estimación de la más grande inundación posible que puede ocurrir en un área en particular. La infraestructura pública crítica como hospitales y centros de

Futuros Desarrollos: se tienen en cuenta la localización de futuras urbanizaciones, la elección de las medidas para reducir la vulnerabilidad y la evaluación de que el riesgo de inundación no se traslade a otras áreas. A continuación se presentan algunos ejemplos extraídos del PGRI de Queensland:

Tabla 3-15. Criterios para promover o limitar ciertos usos del suelo teniendo en cuenta el riesgo de inundación adaptado de (NSW Government, 2005).

Criterio de zonificación	Aspectos tenidos en cuenta.
Ubicación de urbanizaciones:	<ul style="list-style-type: none"> • Lejos del camino principal de inundación. • Lejos de zonas de alta velocidad y/o profundidad del agua que pueda ser peligrosa para PPE. • Lejos de zonas donde no es posible realizar evacuación.
Dejar mejores terrenos disponibles para	<ul style="list-style-type: none"> • El uso de instalaciones comunitarias durante inundación. • Ubicación de edificios para población vulnerable ancianos, niños etc. en zonas de fácil evacuación o áreas sin riesgo. • Ubicación de viviendas antes que edificios comerciales o industriales ya que las primeras tienen más vulnerabilidad.
Limitar usos del suelo	<ul style="list-style-type: none"> • Transformar zonas cerca de camino principal de inundación en corredores verdes a través de las ciudades.

Urbanizaciones existentes: se enfoca en la mitigación de la amenaza, donde es económica y socialmente aceptable, el principio es “primero reducir los impactos devastadores, antes que confiarse en responder y recuperarse”. Las medidas se orientan a áreas específicas, considerando las necesidades futuras y previendo que el riesgo de inundación no puede eliminarse totalmente. Debe incluir un amplio rango de medidas de mitigación para asegurar la selección de la más apropiada, costo-efectiva y aceptada por la comunidad con exposición a riesgo residual²⁹. El PGRI de Queensland, (NSW Government, 2005), propone tres caminos para reducir los impactos adversos de una inundación en una zona ya urbanizada:

1. Modificar el comportamiento de la inundación: predominan las medidas estructurales como presas, lagunas de detención, diques, canales alternos, modificaciones en las llanuras de inundación como ampliación, profundización, alineación, limpieza que puedan mejorar las condiciones de transporte, otros como

emergencias deben quedar ubicados por fuera de la influencia de la PMF. La inundación del 10% corresponde a 1 en 10 años y la del 1% a “1 en 100 años”.

²⁹ Todas las medidas de planeación, tienen un límite de diseño mas allá del cual no proveen protección. El límite es idealmente establecido en consulta con la comunidad y necesita ser aceptado y asequible económicamente. Además debe considerar las necesidades que se presentarán si el límite de protección es excedido.

aprovechamiento de carreteras o uso compuertas pueden prevenir o facilitar el reflujó del río a sistemas de drenaje.

2. Modificar edificaciones existentes: Zonificación, rellenos de terreno, construcciones a prueba de inundaciones, involucra sellar entradas, ventilaciones exteriores para evitar el ingreso de agua, materiales resistentes, elevar las casas, remover urbanizaciones a través de compras voluntarias.
3. Mejorar la respuesta: Sistemas de Alertas Temprana, actualización de rutas de evacuación, planeación de evacuación, planeación de respuesta a emergencias, programas educativos, etc.

Los sistemas de alerta: pueden ser simples o técnicamente complejos, deben diseñarse para servir a necesidades particulares de respuestas de las agencias de emergencia y de alerta a la comunidad. Debe considerar un lenguaje apropiado y los estándares de planeamiento de emergencias deben basarse en las directrices de gestión del riesgo a nivel territorial y estar sujetos a auditorias regulares.

El sistema de respuesta: Necesita basarse en conocimiento sobre inundaciones de fuentes confiables, el conocimiento debe mejorar a través de datos colectados después de inundaciones y usando información de investigaciones. Debe incluir detalles de planes de evacuación de población amenazada. También debe identificar las infraestructuras clave (hospitales, centros de evacuación, rutas, servicios de agua, saneamiento, energía), entendiendo las limitaciones que la inundación puede generar.

Recuperación después de la inundación: Las operaciones de recuperación pueden involucrar varias agencias en diferentes niveles del gobierno. La respuesta a eventos de gran escala debe tener un comité inter-agencial conformado, encabezado por agencias cada área del proceso de recuperación. Un sistema de ventanilla única del gobierno o de ONG's debe atender a la comunidad en el proceso de recuperación. La movilización para la recuperación debe comenzar al tiempo que las operaciones de respuesta. Por último,

tomar en cuenta la disponibilidad o no, de seguros³⁰ en el área impactada. (National Flood Risk Advisory Group, 2008)

La habilidad de recuperación financiera después de inundación es importante: estudios previos, indicaron que los propietarios no pueden recuperarse fácilmente de un shock financiero que supere \$10.000 US de sus propios recursos. Dado que inundaciones que alcanzan 1 m del nivel de pisos puede causar daños hasta por \$80.000 US (McLuckie et al, 2007), un evento de inundación puede ser devastador financieramente y limitar la habilidad de los individuos de recuperarse (McLuckie, et al., 2010).










3.4.4 Holanda: Plan Espacial de Decisiones Claves Espacio para el Río

En el 2006 el Gobierno holandés formulo el Plan Espacio para el Río, (*Spatial Planning Key Decision Room for the River -SPKD*), que tiene por objetivos garantizar espacio para que el Rhine pueda realizar la descarga de 16.000 m³/s de agua en el al 2015, implementar medidas que logren mejorar la calidad ambiental de las cuencas, generar el espacio adicional que los ríos necesitarán hacia el 2050 debido a las altas descargas esperadas producto del cambio climático. Es necesario resaltar que las medidas emprendidas se salen del contexto convencional de elevar y reforzar los diques que reducen el riesgo. Se plantea el reto de mover diques, profundizar llanuras de inundación, remover obstáculos como puentes y otra serie de medidas incluidas en un paquete de 40 proyectos, incluso en áreas ya urbanizadas, todo con el fin de mejorar la calidad de los espacios fluviales, y la seguridad de la población (DPRR, 2006). La tabla muestra las medidas adoptadas, se incluye en el proyecto la localización de las medidas básicas, otras alternativas³¹, medidas adicionales, la ubicación de los depósitos de solidos y se deja la posibilidad de formular medidas innovadoras.

³⁰ Aseguramiento, es una herramienta importante en la recuperación. Sin embargo, el aseguramiento máximo necesario para cubrir el riesgo que enfrentan tal vez no pueda ser asumido por los propietarios. Además, la alternativa de subsidiar el aseguramiento a las propiedades peor afectadas puede dar una falsa indicación del nivel de riesgo de esas propiedades y del rol de los habitantes frente a la inundación.

³¹ El gobierno dejo cierta flexibilidad de implementación del plan con medidas alternativas que pueden utilizarse en lugar de las medidas del paquete básico, las alternativas solo pueden utilizarse cuando se demuestra que contribuye a reducir el nivel del agua y su costo esta en el presupuesto. La decisión de su inclusión o no debe ser aprobado por un concejo de ministros.

Tabla 3-16. Medidas adoptadas para crear espacios para el río en 30 localidades de Holanda. (Netherlands Ministry of Transport, Public Works an Water Management, 2008)

Profundizar las llanuras de inundación	Relocalización de diques	Profundizar el lecho del río
 <p data-bbox="323 454 446 481">Excavación</p>	 <p data-bbox="691 454 936 481">Movimiento de tierras</p>	 <p data-bbox="1161 454 1284 481">Excavación</p>
Remover obstáculos	Canales alternos de aguas altas	Reforzar diques
 <p data-bbox="212 660 558 750">Donde sea posible, remover obstáculos o modificarlos para incrementar la tasa de flujo</p>	 <p data-bbox="627 660 1000 750">Permita la descarga de una parte de la avenida por una ruta separada</p>	 <p data-bbox="1042 645 1406 734">Reforzar diques en áreas en las que no es posible crear mas espacio para el río.</p>
Almacenamiento temporal de agua	Bajar los groynes (pantallas)	Bajar altura de diques.
 <p data-bbox="188 929 582 1086">Aplicado cuando resultan condiciones excepcionales en combinación con un barrera oleaje de tormenta cerrada y altas descargas de los ríos al océano</p>	 <p data-bbox="619 952 1008 1153">Estas pantallas estabilizan el corredor fluvial y aseguran la profundidad adecuada, sin embargo en aguas altas obstruyen el flujo. Bajar la altura de las pantallas incrementa la capacidad hidráulica.</p>	 <p data-bbox="1042 974 1406 1120">Después de relocalizar diques , se disminuye la altura de otras barreras para permitir el flujo del agua a la llanura de inundación</p>

3.5 MODELOS Y TOMA DE DECISIONES EN LA GESTIÓN DEL RIESGO DE INUNDACIÓN

La información requerida para evaluar el comportamiento de una inundación proviene de diferentes fuentes, puede requerir del análisis estadístico de caudales en el río, la interpolación de información de otros ríos cercanos con características similares (cuando no se dispone de datos de aforo), o con la generación de modelos a partir de datos de precipitación que permitan diseñar eventos extremos para calcular los caudales de avenida. Dichos caudales serán utilizados en modelos hidráulicos que determinan las profundidades, extensión y la velocidad de propagación de una inundación sobre una región determinada. Finalmente esta información es combinada con datos topográficos, infraestructura, población y otra información geográfica para estimar el riesgo de una inundación.

El método de recolección de datos y la calidad de los mismos, determina el resultado final de la evaluación del riesgo a partir de modelación. Así, los datos hidrológicos pueden ser obtenidos de estaciones hidrometeorológicas, estaciones de aforo, imágenes de satélites (en tiempo real o pos-inundación), registros fotográficos después de la inundación, o de forma cualitativa como descripciones de áreas afectadas, profundidad y velocidad (K Jha, et al., 2012). El principal aspecto a considerar en cuanto a la validez de la información, es la necesidad de actualización regular que puede afectar los resultados finales.

Otra fuente de información que debe aprovecharse son las disponibles por instituciones a cargo de la recopilación de datos de desastres como el Global Emergency Events Database (EM-DAT), el Nat-Cat SERVICE, el Global Disaster Information Network (GDIN), el programa DesInventar, las curvas “costo – calado”, inventarios de información económicas por uso del suelo, etc., que pueden servir en la estimación de las pérdidas debidas a desastres socio-naturales.

Existen directrices y métodos estandarizados elaborados por la FEMA, el USACE y otras agencias, desde hace mas de 20 años que ofrecen información práctica para la adecuada recolección de información en campo, el manejo de datos hidrometeorológicos, las medidas de estructuras hidráulicas, el uso de orto-fotografías e imágenes satelitales, el uso de LIDAR o RAR (rayos de Luz u ondas de radio para determinar distancias), la construcción de Modelos Digitales de Terreno (MDT), las medidas batimétricas, metodologías de cálculo y otras herramientas que aportan información para la construcción de mapas de riesgo (K Jha, et al., 2012).

Los modelos de inundación pueden tener diferentes formas de clasificación, por aspectos espaciales (1D, 2D), de acuerdo al tipo de información de entrada, a la complejidad de cálculo subyacente, al tipo de resultado que ofrece o datos de salida, etc. La Tabla 3-17 muestra una clasificación de modelos de inundación, en este caso la generación muestra el nivel de sofisticación inherente al modelo, evolucionando desde ‘primera generación’ que parten de muchos parámetros asumidos; hasta, los modelos más avanzados que hacen menores presunciones (K Jha, et al., 2012).

Tabla 3-17. Tipos de modelos de inundaciones. Adaptado de (Fernandez, 2011) & (FLOODsite, 2008)

Tipos de modelos	Utilidad	Ventajas	Desventajas
Primera generación Grillas 2DH	Estimación de la duración de la inundación, propagación Útil en canales compactos	Bajo a medio costo, cálculos simples, bajos tiempos de calculo (minutos – horas)	No da buenos resultados para áreas grandes o grandes planicies de inundación
Segunda generación 1D: (HEC-RAS, LISS-FLOOD, HYDROF) 2D: (TELEMAC 2D, SOBEK 1D2D, Delft 3D) 2D y modelos de elementos finitos (Mike 11/21, InfoWorks, Riverine y TUFLOW)	Buenos para escalas generales de modelación, En inundaciones urbanas Útiles para canales compuestos	Costo medio a alto, precisión en tiempo de partida(horas – días) Puede dar salidas como percolación y filtración además de velocidad, profundidad y volumen	Escala general, requiere grillas gruesas o el tiempo computacional se alarga Alta demanda de datos
Tercera generación 3D: (FINEL 3D, CFX, FLUENT, PHOENIX)	Incluyen las tres componentes de velocidad y propagación de la inundación en 2D, útil para predicciones locales (pequeñas áreas)	precisión en tiempo de partida (días), velocidad de flujo y limites de inundación con buena precisión de simulación	Alto tiempo de partida Alta demanda de datos Alto costo

Un ejemplo de modelación es el estudio realizado en la parte baja de la cuenca del río Las Ceibas en Huila, Colombia. El esquema conceptual contempla un modelo casi-estático de datos (el cual puede ser modificado en caso de existir cambios en la cobertura vegetal u obras mayores de adecuación del cauce), (Figura 3-12).

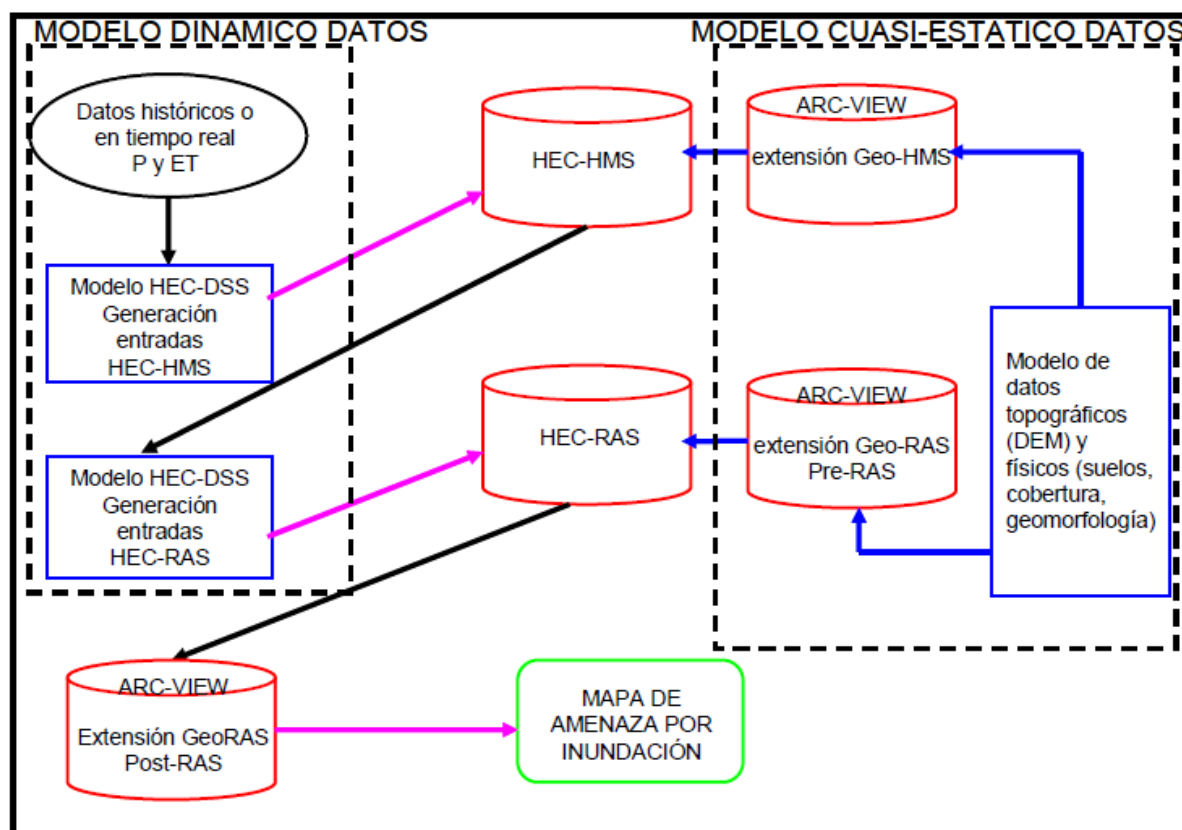


Figura 3-12. Esquema conceptual de modelación utilizando HEC-HMS, HEC-RAS, HEC-DSS y SEG Arc-View para obtener mapas de inundación³² (Rodríguez, et al., 2007).

Finalmente los resultados de los modelos deben contribuir a la toma de decisiones sobre el conjunto de medidas a emprender para gestionar el riesgo en determinada región. Dicha toma de decisiones puede darse desde la visión técnica hacia los usuarios “tecnocrática”, donde más que considerar la opinión de los usuarios, se informa de las medidas seleccionadas por los expertos y tomadores de decisiones a nivel institucional o

³² Con el modelo digital de terreno (MDT), se genera el mapa topológico de la cuenca. A partir del modelo topológico de cuenca, los mapas de suelos y cobertura vegetal es posible estimar los valores iniciales de la mayoría de los parámetros del modelo hidrológico. Igualmente, a partir del MDT, complementado con topografía de detalle, y utilizando la extensión GeoRAS (Pre-RAS) es posible obtener el alineamiento del cauce principal y las características de las banquetas y secciones transversales, como insumo para el modelo HEC-RAS, información que permite realizar el análisis hidráulico del tramo en cuestión a partir de condiciones de frontera y de la calibración de los parámetros del modelo, fundamentalmente el coeficiente de rugosidad de Manning, utilizando datos registrados de niveles en varias secciones transversales. Con la topología de la cuenca, las características de la precipitación puntual registrada en varias estaciones y los datos de hidrógrafas observadas para los mismos eventos de tormenta, es posible calibrar manual y/o automáticamente los parámetros del modelo hidrológico. Los datos de nuevas tormentas (ya sean sintéticas, históricas o registradas en tiempo real) se introducen al modelo HEC-HMS de forma semi-automática utilizando el archivo de datos de intercambio DSS de la familia modelos HEC del USACE. A continuación se corre el modelo HEC-HMS y la hidrógrafa de salida es procesada nuevamente a través del modelo DSS para brindar las entradas al modelo hidráulico HEC-RAS. Con los modelos hidrológico e hidráulico calibrados y validados, es posible generar a partir de una hidrógrafa de creciente estimada en el modelo HEC-HMS, niveles dinámicos de inundación en secciones transversales, los cuales pueden ser directamente delineados en planta utilizando la extensión GeoRAS (Post-RAS), (Rodríguez, et al., 2007).

gubernamental. Actualmente se esta transformando el proceso de toma de decisiones, involucrando la participación de los usuarios como “stakeholders”, de forma “colaborativa” (Popescu, 2011) y también se emplean herramientas de software (Sistemas de Soporte a la Decisión - SSD) que permiten considerar las necesidades de los usuarios en la jerarquización de medidas a emprender, mejorar el compromiso de todas las partes involucradas en los logros, fortalecer el grado de conocimiento, del público general, sobre los problemas asociados a inundaciones a su alrededor, y por lo tanto, mejorar su adaptación y resiliencia; y a nivel de generación de nuevos conocimientos, permite visualizar mejor la red que compone los Sistemas de Soporte a la Toma de decisiones (SSTD).

La adecuada toma de decisiones debe provenir de información adecuada y suficiente que se base en múltiples criterios, múltiples escenarios de análisis, conocimiento de las incertidumbres de los modelos y el grado de confiabilidad de los modelos (Popescu, 2011).

3.6 TEMAS DE INVESTIGACION MÁS RECIENTES EN LA GESTIÓN INTEGRADA DEL RIESGO DE INUNDACIONES

Es necesario continuar con la investigación sobre los múltiples aspectos implicados en la gestión del riesgo de inundaciones, la cuantificación de la amenaza, las incertidumbres debidas a los cambios globales del clima, la determinación de la vulnerabilidad y los impactos que genera la urbanización con relación a las inundaciones en otras áreas aguas abajo y aguas arriba, las herramientas de modelación y de toma de decisiones, los sistemas de monitoreo hidrometeorológicos y los sistemas de alerta temprana. A continuación se plantean algunas temas de investigación recientes, asociadas a los problemas por inundaciones.

Estudios sobre los efectos del cambio climático sobre procesos de variabilidad climática como el ENOS en sus fases extremas, ¿Cómo modificará la variabilidad de la precipitación en periodos cortos?, ¿Cómo la elevación del nivel de océano influirá en las inundaciones? Ya que aun no hay certeza de los cambios ni consenso al respecto (Zerger, et al., 2004 ; Queensland Goverment, 2011 ; Zerger, et al., 2002).

Es necesario plantear **estrategias para mejorar el uso del suelo, la planificación y la gestión para mitigar impactos por inundaciones**, teniendo en cuenta que la población seguirá creciendo y aumentando la presión sobre las llanuras de inundación y las áreas protegidas (Collins, et al., 2010).

La investigación puede orientarse a **controlar la urbanización en áreas que pueden incrementar desastres por inundaciones sobre otras propiedades o regiones, fomentar los corredores de flujo** y las soluciones tecnológicas para asegurar el paso seguro de aguas de inundación a través de áreas urbanas.

El desarrollo de **modelos detallados de inundación podrían mostrar todos los impactos, los múltiples riesgos asociados a amenazas hidrometeorológicas**, identificar usos del suelo a ser tenidos en cuenta, recomendar estrategias de evacuación, determinar mejor los impactos sobre infraestructura, visualizar si los rellenos de terreno y el incremento de la densidad de población pueden ser manejados desde la perspectiva de las inundaciones (McLuckie, et al., 2010).

La investigación puede **promover el diseño urbano sensible al agua y la transformación en ciudades resilientes a inundaciones con innovaciones a nivel arquitectónico**, en la planeación del desarrollo urbano y en los proyectos de protección frente a inundaciones fluviales, algunas de las líneas de trabajo actuales son:

- **Estudios sobre la reducción del volumen local de inundación por pequeñas tormentas**, a través de la captura y reúso del agua de inundación en almacenamientos como tanques o sistemas subterráneos.
- Disminuir el uso de agua potable permitiendo **gestionar mejor los niveles de aguas de las presas**, y por lo tanto mayor capacidad de regulación de volúmenes.
- En áreas propensas a inundaciones, donde los habitantes pueden evacuar a tierras secas con facilidad, y donde la velocidad y profundidad de inundación este en limites aceptables pueden **rediseñarse viviendas con materiales más apropiados y resilientes** (Figura 3-13), que pueden sostenerse tras la inundación y ser limpiadas fácilmente, y cuyos contenidos pueden ser movidos a niveles por encima del de inundación en el interior de las casas (NSW Government, 2005).

- Utilización de **las franjas densas de vegetación de 30 a 50 m de ancho a lo largo de corredores de navegación**. Aún en investigación ya que mientras esta técnica parece tener mérito, aun debe ser estudiada por las consecuencias adversas que pueda ocasionar aguas arriba.
- **Planificación de ciudades flotantes y flexibles** para combatir la congestión urbana y el cambio climático (Olthuis, et al., 2010)

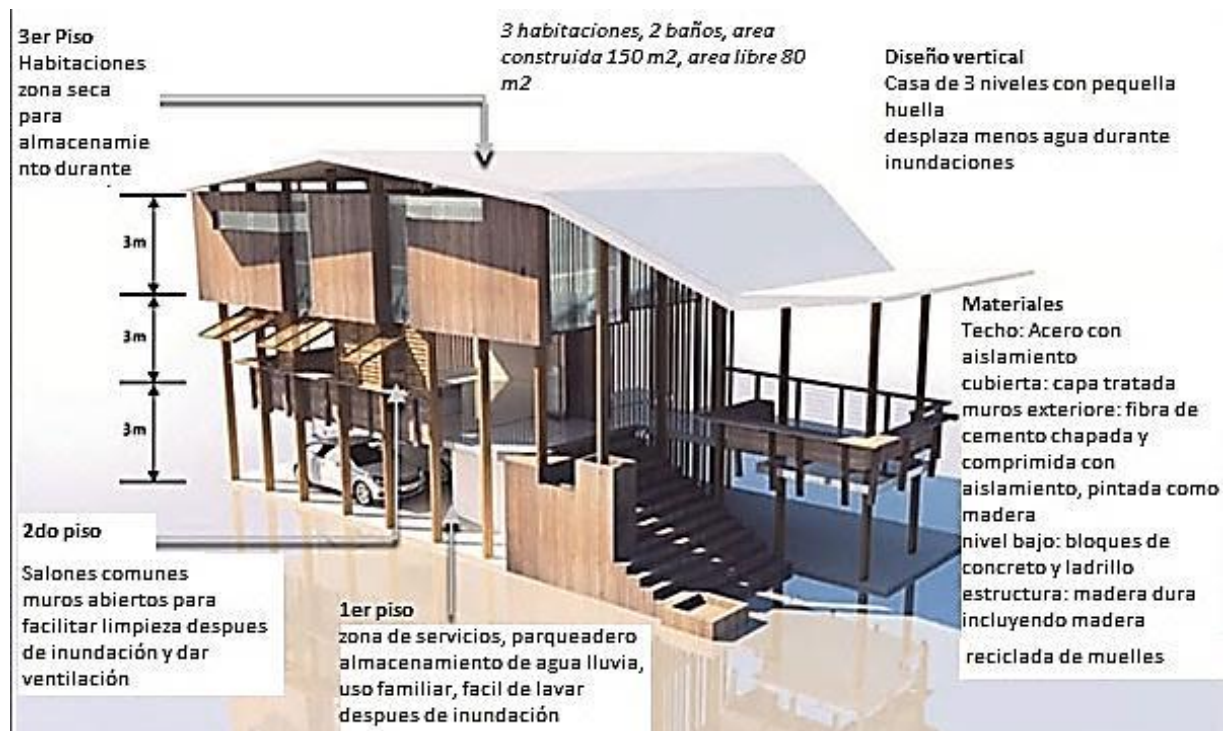


Figura 3-13. Ejemplo de diseño de vivienda resiliente a inundaciones, Traducido de (Cox Rayner Architects en (Queensland Government, 2011).

Mejorar la modelación de clima y los sistemas de predicción con herramientas de obtención, transmisión y procesamiento de datos como las observaciones de radar en tiempo real de precipitación o el monitoreo satelital de inundaciones (Kelman, et al., 2004).

Al tiempo que la ciencia de modelos climáticos mejora, debe **mejorar la calidad de los sistemas de predicción a largo plazo** (incertidumbre del futuro), obtener patrones y magnitudes de precipitación sobre las cuencas. Están en desarrollo sistemas de tiempo real con predicciones de precipitación y de caudal de agua de las cuencas y el resultado de los niveles de inundaciones y velocidad en ríos y llanuras inundables, esos sistemas,

podrían proveer información en casi tiempo real a través de internet (McLuckie, et al., 2010).

Los sistemas de alerta y los sistemas de predicción puede asociarse a **la gestión de datos en tiempo real**, como estos sistemas tienen varias categorías de alerta, pueden reducir los daños asociados al dar más tiempo a los residentes a prepararse. A través de sistemas interactivos de internet se puede dar información en mapas sobre, niveles picos de inundación, tasa de elevación del agua en la localidad, rutas de evacuación, los sistemas de información de transporte pueden dar rutas de evacuación alternas para minimizar congestión, las instalaciones y disponibilidad de centros de emergencia. Ayudar en simulación para entrenamiento alrededor e la respuesta a emergencias (National Flood Risk Advisory Group, 2008).

3.7 ASPECTOS A TENER EN CUENTA EN PAISES EN DESARROLLO

... “Cuando son todavía tantos, los que viven en la pobreza y sufren hambre en el mundo (más de 1000 millones), el crecimiento económico y la mitigación de la pobreza siguen siendo la prioridad dominante para los países en desarrollo. El cambio climático complica todavía más este desafío. En primer lugar, sus efectos son ya visibles: más sequías, más inundaciones, tormentas más fuertes y más olas de calor, que someten a duras pruebas a las personas, las empresas y los gobiernos, reduciendo los recursos disponibles para el desarrollo”... (Banco Mundial, 2010).

El principal problema de los recursos hídricos en los países en desarrollo está asociado al crecimiento de la población alrededor o en la periferia de las ciudades, ubicándose en zonas de alto riesgo por inundación o por movimientos en masa en las laderas. El desarrollo de infraestructuras de servicios básicos no se da al mismo ritmo que la urbanización por lo que las coberturas en saneamiento básico son bajas y se hacen conexiones de aguas negras a los sistemas de drenaje pluvial. Además, las obras de protección se enfocan en los picos de caudal y no en la contaminación del agua generando serios problemas de uso del agua río abajo.

Muchas viviendas hacen las descargas de aguas residuales y residuos sólidos en las zanjas de las zonas de ladera, contribuyendo al detrimento de la estabilidad de suelos. En otras comunidades, el desarrollo de las viviendas no facilita la recolección de basuras

y el aseo de calles y vías, por ello aumenta el escurrimiento pluvial que arrastra residuos y sedimentos a los sistemas de drenaje; se incrementa el grado de contaminación del agua de escorrentía y se incrementa el riesgo de inundaciones por obstrucciones y fallos en los sistemas de recolección y transporte de lluvias.

Los fallos en el planteamiento a nivel institucional y la débil aplicación de las normas, generan problemas de transferencia de las inundaciones de un lugar para otro de las ciudades. La gestión institucional en países en desarrollo suele ser fraccionada y con gran variabilidad de acuerdo a los cambios de gobierno, por lo tanto, no permite la sostenibilidad de las acciones de gestión de las inundaciones (Tucci, et al., 2006). La tendencia generalizada es la atención en respuesta a desastres ocurridos y al posterior olvido de los problemas una vez superada la crisis o se presenta un largo periodo sin inundaciones. Generándose un ciclo repetitivo entre las inundaciones, los desastres, las respuesta de mitigación, sin dejar lecciones aprendidas que aporten a la construcción de capacidades de planeamiento y preparación a futuro, para que dichos eventos, cuando se repitan, no resulten catastróficos.

El desconocimiento sobre el control de inundaciones por parte de los planificadores de la ciudad, cuyos equipos son estructurados de acuerdo a voluntades políticas y no siempre en función de la idoneidad profesional, generan dificultades en la gestión de usos del suelo en zonas de riesgo.

Otro aspecto importante es el solape de responsabilidades entre instituciones a nivel nacional, regional y local en la gestión de inundaciones, del suelo y de los recursos hídricos en cuanto a la gestión del riesgo de desastres por amenazas hidrometeorológicas. La política enfocada a la solución de emergencias y no a la prevención, deriva en dar gran importancia a las obras estructurales, más visibles como productos de la gestión pública, y menos a alternativas no estructurales como el mantenimiento o a aquellas que favorecen la prevención y la adaptación al riesgo de inundaciones.

3.8 COMENTARIOS FINALES SOBRE EL ESTADO DEL CONOCIMIENTO

Los planes de gestión del riesgo de inundaciones revisados, tienen la siguiente estructura común (i) el conocimiento del riesgo, (ii) la prevención y mitigación, (iii) la respuesta a emergencias, (iv) la rehabilitación y recuperación de la zona. Cada etapa de gestión tiene los componentes y objetivos de la Tabla 3-18.

Tabla 3-18. Componentes un plan de gestión Integrada del Riesgo de Inundación

Etapa	Componente	Objetivo(s)
Conocimiento del Riesgo	Estudios Previos	<ul style="list-style-type: none"> • Descripción del sitio / inventarios. • Recopilar toda la información sobre inundabilidad.
	Evaluación del Riesgo	<ul style="list-style-type: none"> • Evaluación de inundabilidad actual y futura. • Generación de mapas de zonificación de riesgo.
Prevención y Mitigación	Plan de Actuaciones	<ul style="list-style-type: none"> • Preselección de medidas para prevenir riesgo futuro, reducir riesgo actual. • Jerarquización de medidas. • Toma de decisiones. • Definir responsables y funciones. • Definir financiación.
	Plan de Gestión de Cuenca. Plan de Ordenamiento Territorial. Normativa de Urbanismo	<ul style="list-style-type: none"> • Integrar la gestión del riesgo de inundación en las directrices y normativa sobre usos del suelo, uso de los recursos hídricos y construcción de edificaciones.
Respuesta	Plan de Respuesta a Emergencias	<ul style="list-style-type: none"> • Definir instrumentos y actuaciones de respuesta frente a alertas, emergencias, desastres o catástrofes.
	Sistema de Alerta Temprana y Pronóstico	<ul style="list-style-type: none"> • Instalación de instrumentos de monitoreo. • Recopilación de datos hidrometeorológicos. • Análisis, modelación y predicción de clima e inundaciones. • Suministro de información a autoridades y a la población.
Rehabilitación y Recuperación Post-desastre	Plan de Rehabilitación y Recuperación Post-desastre	<ul style="list-style-type: none"> • Evaluación de pérdidas e impactos. • Rehabilitación, remoción de escombros. • Puesta en funcionamiento de infraestructura y servicios. • Fondos financieros. • Transferencia del riesgo, nuevo aseguramiento requerido. • Entrega de subsidios, cobro de seguros. • Ejecución de proyectos de reconstrucción eliminando riesgo preexistente.

Los componentes se construyen como procesos con información de entrada y resultados o salidas de datos procesados y analizados para su implementación en la gestión o como suministro de otros componentes del plan así:

3.8.1 Estudios previos.

Los estudios previos incluyen la recopilación de datos de campo y de información secundaria de utilidad para evaluar el riesgo de inundación. La Tabla 3-19 agrupa el tipo

de información de entrada y salida de los estudios previos. Estos datos deben ser actualizados periódicamente y de forma extraordinaria cuando se presenten emergencias y desastres para actualizar el conocimiento sobre el riesgo. La tipología de información mínima requerida se toma de los planes INUNCANT, ARPSI Cataluña y HAZUS.

Tabla 3-19. Proceso estudios previos

Tipo de información	Entradas	Salidas
Aspectos físicos.	Geografía, geología, hidrografía, climatología, Hidrología. Cobertura vegetal. Infraestructura hidráulica. Amenazas naturales.	Características topográficas del área. Mapa digital de Terreno, MDT. Red hidrológica. Definir método de Calculo y modelo(s). Parámetros de entrada y condiciones de contorno para modelo hidrológico. Preselección de zonas inundables. Zonas con sinergia de amenazas naturales. Definir datos faltantes a recopilar. Requerimientos de instalación/ampliación de la Red hidrometeorológica.
	Registro histórico de inundaciones. Estudio Geomorfológico. Estudios hidrológicos. Red de monitoreo hidrometeorológicas.	
Aspectos socio-económicos.	Demografía actual. Grupos de población vulnerable. Perdidas de vidas/ inundaciones. Proyectos futuros de urbanización. Usos del suelo. Urbanización no planificada. Situación del conflicto.	Crecimiento de la población. Áreas de manejo especial, Tendencias de desarrollo urbanístico. Vr.(\$)/m ² de uso del suelo. \$/infraestructura hidráulica. Edificaciones aseguradas. Prever dificultades de respuesta a emergencias.
	Infraestructura existente. Instituciones presentes. Servicios Públicos (Todos especial énfasis en SDUs). Recursos para atención de emergencias.	Determinar las capacidades y limitaciones de instituciones en la gestión del riesgo. Capacidades y limitaciones de infraestructura y servicios públicos. Recursos disponibles y cobertura.
Legislación y normativa	Planes de Ordenamiento Territorial. Planes de Gestión de Cuenca. Planes de Prevención y Atención de Emergencias. Normativa de Urbanismo.	Determinar que aspectos legales debe cumplir el plan de gestión. Las responsabilidades de las instituciones. Aspectos a fortalecer en la gestión del suelo y los recursos hídricos. Aspectos a fortalecer en la resistencia de las edificaciones frente a inundaciones.
Sistematización	Toda la información	Bases de datos, SIG & otros sistemas de información

3.8.2 Evaluación de riesgo actual y futuro:

Para la determinación de la amenaza vale la pena considerar las experiencias de los planes PATRICOVA, INUNCANT e INUNCAT, este último incorpora el parámetro velocidad

en la valoración de la amenaza que puede ser de utilidad en la respuesta a emergencias y en la determinación de los daños potenciales. La estimación de la vulnerabilidad puede tener varios enfoques que van desde, estudios detallados de los usos del suelo (ej. PATRICOVA) o la generación de información a partir de datos históricos englobados, como las curvas calado-daño del USACE, información sobre seguros, etc. La tabla presenta las actividades, recursos y resultados esperados en esta etapa de gestión.

Tabla 3-20. Entradas y salida en la evaluación del riesgo

Actividad	Entrada	Salida
Umbrales de Amenaza	Resultados datos físicos.	Periodos de retorno, Rangos de altura del agua. Rangos de Velocidad. Calado x velocidad.
Vulnerabilidad	Resultados datos socioeconómicos.	Costo de daños Directos. Costo de daños Indirectos. Personas afectadas. Muertes.
Modelación Hidrológica	Resultados de aspectos físicos. Resultados umbrales de amenaza.	Tormentas de inundación para cada periodo de retorno. Caudales de inundación para cada periodo de retorno. Caudales de inundación bajo efecto ENOS. Caudales de inundaciones en Cambio Climático.
Modelación Hidráulicos	Resultados de aspectos físicos. Resultados modelación hidrológica.	Área de inundación. Calados máximos. Velocidades de flujo. Velocidad de propagación de inundación. Duración de la inundación. Rutas de desagüe. Datos validados. Mapa áreas inundables. Riesgo máximo ¿cuáles son los caudales de inundación para diferentes actuaciones?
Zonificación de riesgo	Resultados umbrales de amenaza. Resultados vulnerabilidad. Resultado modelación hidráulica. Umbrales de riesgo.	Niveles de riesgo. Impacto = Cuantificación de riesgo. Mapa zonificación del riesgo de inundación.

3.8.3 Plan de actuaciones:

Esta etapa corresponde a las medidas estructurales y no estructurales para disminuir el riesgo frente a inundaciones antes, durante y después. Los planes de actuaciones más completos encontrados son los de Queensland Australia, PEFCAT, y PATRICOVA. El plan de actuaciones holandés es novedoso pero, la capacidad económica, técnica y la urbanización no planificada en países en desarrollo, reducen la viabilidad de un programa similar.

Las actuaciones a aplicar serán el resultado de: el estudio de escenarios de riesgo, los criterios de selección, los actores claves en la toma de decisiones, los modelos de toma de decisiones y de evaluaciones económicas.

Dentro de la construcción del plan la toma de decisiones es un aspecto clave, debe contar con criterio técnico experto, ser participativo y colaborativo. Las restricciones a tener en cuenta para la toma de decisiones, pueden ser:

- Evitar trasladar el riesgo de inundación de un lugar a otro de la cuenca,
- Contar con la aceptación de los usuarios,
- Consenso sobre el riesgo residual
- Tener en cuenta los servicios de los ecosistemas, en la valoración de actuaciones ambientales que a largo plazo puedan resultar beneficiosas para reducir la amenaza y mejorar la calidad de vida de las personas
- Análisis de costo-beneficio
- Análisis multi-criterio. (Social, económico, ambiental, operación y mantenimiento, etc.)
- Evaluación de escenarios.

La Tabla 3-21 muestra las etapas del proceso, los requerimientos de información y los resultados esperados de cada actividad.

Tabla 3-21 Actividades del plan de actuaciones

Actividad	Entrada	Salida
Preselección	Abanico de actuaciones Criterios de aplicación Escenarios Mapas de zonificación del riesgo	Actuaciones aplicables Conjunto de actuaciones por escenario
Toma de decisiones	Criterios toma de decisiones Restricciones Resultados selección de actuaciones por escenarios Instituciones Claves Comunidad Método de toma de decisiones	Aspectos claves de las mejores actuaciones Jerarquización por grupos de interés. Trabajo colaborativo, conceso sobre conjunto de actuaciones
Actuaciones seleccionadas y jerarquizadas	Resultado de toma de decisiones	Actuaciones Jerarquizadas Diseños Presupuesto Mapa de localización de actuaciones Responsables Plazos de aplicación

3.8.4 Planes de Gestión de Cuenca, Ordenamiento Territorial y Normativa de Urbanismo.

Esta etapa revisa si las políticas incluyen la gestión del riesgo de inundación y su coherencia o integración con el plan de actuaciones. Los planes de gestión de cuencas se enfocan en mejorar las condiciones ambientales que reducen la amenaza de inundación, y los Planes de Ordenamiento Territorial y leyes de urbanismo, intervienen en la reducción de la vulnerabilidad del territorio. El PATRICOVA es un buen modelo a seguir para la integración de la gestión del riesgo de inundaciones a la normativa territorial. La Tabla 3-22 muestra para cada medida de este componente, la información requerida y las posibles salidas para mejorar las directrices de gestión del territorio.

Tabla 3-22. Actividades planes de gestión de cuenca, ordenamiento territorial, y ley de urbanismo

Actividad	Entrada	Salida
Plan de Cuencas hidrográficas	Revisión de Erosión potencial y cubierta vegetal Medidas de recuperación cuenca Criterios de selección	Repoblación forestal Recuperación y restauración de franjas protectoras, cauces, ecosistemas como humedales, lagunas, zonas de recarga de acuíferos, etc. Cambios de uso del suelo Hidrotecnias
Plan de Ordenamiento Territorial (POT)	Resultados de zonificación del riesgo de inundación	Definición del área ambiental de protección del río (márgenes laterales) Adquisición de terrenos. Usos permisibles y restringidos en áreas de futuro de desarrollo, enfoque a prevenir el riesgo de inundación, Usos permisibles y restringidos en áreas ya urbanizadas Evitar desarrollo en áreas restringidas y evitar modificaciones de uso Reubicación de población donde el riesgo alto no se puede disminuir con otras medidas.
Normativa de urbanismo	Resultados de zonificación del riesgo de inundación y del POT	Norma sobre construcción para usos permitidos en áreas con cierto riesgo de inundación. Exigencias de construcción de obras de protección para futuras urbanizaciones (diques, rellenos, elevación de terrenos, etc.). Normas sobre materiales y construcciones resistentes a cierto nivel de riesgo de inundación. Requerimientos de estudios de inundabilidad adicionales para aprobar uso del suelo. Metodologías de evaluación hidrológica e hidráulica a emplear en estudios de inundabilidad. Normativa de construcción de edificaciones clave (hospitales, ancianatos, centros educativos, vías, puentes, servicios públicos, redes de drenaje)

3.8.5 Plan de respuesta a emergencias

Este plan define los instrumentos y actuaciones de respuesta frente a diferentes grados de riesgo, desde la fase de alerta, hasta la declaratoria de fin de emergencia. La estructura del plan INUNCANT es completa y su cometido integral puede mejorarse con: la participación activa de la comunidad en la construcción y ejecución de actividades, La construcción de protocolos para gestionar amenazas simultáneas.

Tabla 3-23. Actividades del Plan de Emergencias

Actividad	Entrada	Salida
Organización	Instituciones presentes y comunidad Resultados estudios previos, capacidad de respuesta	Esquema organizativo Responsabilidades institucionales Cooperación entre partes involucradas Formar centros reguladores de urgencias, emergencias y desastres Mejorar coordinación entre instituciones Responsabilidades y participación de la comunidad
Protocolos	Resultados evaluación del riesgo:	Niveles de Emergencia Mapas de zonificación del riesgo Mapas localización de grupos vulnerables Mapas rutas de evacuación y puntos seguros Procedimientos para cada nivel en seguridad, rescate, atención medica, evacuación, albergue, servicios básicos, etc. Procedimientos para manejo de estructuras especiales como diques y presas. Procedimientos para atención de situaciones complejas, sinergia de amenazas. Protocolos para valoración de daños
Actuación	Alertas sobre peligro Resultado de protocolos Resultados de organización Participación comunitaria	Vigilancia de evolución de la amenaza Activación del plan de emergencias Acciones de respuesta para asegurar la zona, evacuación, rescate, traslado, albergue, manejo de heridos, cadáveres, Asistencia medica, albergues, servicios, etc. Medidas de autoprotección
Valoración de daños y análisis de necesidades	Resultados de actuación Resultados de organización Participación comunitaria Enfoque de género	Establecer necesidades de ayudas durante emergencias Registro de afectados y damnificados. Generar información sobre emergencias.
Gestión de medios y recursos (Personal, insumos, dinero, maquinaria, etc.)	Resultado de valoración de daños Instituciones presentes Resultados inventarios de recursos	Definir capacidad de atención, solicitud de medios y recursos extras si es necesario, Establecer fuentes de suministro de medios y recursos Zonas de almacenamiento Actualización de inventarios. Sistematización de resultados de ayuda. Recepción y entrega de ayudas, donaciones, etc.
Evaluar resultados	Resultados anteriores	Eficacia del plan, Mejoras al plan. Retroalimentar el proceso

3.8.6 Sistemas de Pronóstico y Alerta Temprana

El Sistema de Alerta Temprana estará compuesto por generación y suministro de datos, el análisis y el sistema de información para activar la respuesta y mejorar el conocimiento del riesgo (Tabla 3-24). En esta etapa de gestión la participación comunitaria es importante ya que puede actuar en la vigilancia, toma de datos y suministro de información a instituciones y autoridades locales para activar los planes de respuesta.

Tabla 3-24. Actividades del Sistema de Alerta Temprana y Pronóstico

Actividad	Entrada	Salida
Generación de datos	Red de estaciones hidrometeorológica. Inspección de estaciones de monitoreo, infraestructura, cauces, canalizaciones, red de drenaje urbano. Sistema de recolección de datos Participación comunitaria	Datos periódicos de clima y niveles de los ríos, estado de estructuras. Requerimientos de mantenimiento. Plan de vigilancia de evolución de riesgo en temporada de lluvias, recorridos evaluación de estado de diques, represamientos, puntos de control de incremento de nivel de los ríos
Procesamiento de datos	Resultados de generación de datos. Modelación	Incorporar el efecto del ENOS en pronósticos. Alertas Pronósticos Actividades de mantenimiento
Sistemas de información	Resultados de procesamiento	Conocimiento del riesgo Comunicados a comunidades Flujo oportuno y confiable de información Activación de planes de emergencia

3.8.7 Plan de Rehabilitación y Reconstrucción.

El plan promueve la vuelta a la normalidad en el menor tiempo posible, se basa en el respaldo financiero para: rehabilitar condiciones que permitan retomar actividades diarias, la reconstrucción de infraestructura pública, edificaciones, la reubicación de poblaciones, la adjudicación de subsidios temporales y la respuesta de las aseguradoras. La priorización de las actuaciones de reconstrucción será el resultado de la valoración del impacto del desastre y de la disponibilidad de recursos y medios.

Tabla 3-25. Actividades del Plan de Rehabilitación y Recuperación

Actividad	Entrada	Salida
Rehabilitación	Valoración de la emergencia del plan de respuesta	Reparación de obras de protección Remoción de escombros Asegurar albergue temporal Vuelta a normalidad de infraestructura y servicios básicos Entrega de subsidios. Cobro de seguros
Valoración Impacto del desastre	Resultados de plan de Emergencias Organización institucional Normativa Grupo de expertos	Causas de fondo del desastre Necesidades de cambio de plan de actuaciones Localización puntos de intervención para recuperación Plan de obras priorizadas, acordes a POT y normas de urbanismo
Reconstrucción	Valoración del impacto Fondo de financiación Recursos de Aseguradoras	Alcance del proceso de reconstrucción Sistema de información y comunicación con afectados Medidas de corto y largo plazo Ejecución de proyectos y actividades

3.8.8 Evaluación de la gestión.

Cada componente de la gestión debe considerar que la amenaza y la vulnerabilidad no son estáticos en el tiempo y que las herramientas de control propuestas pueden requerir ajustes. Para la evaluación de la gestión se pueden emplear indicadores de gestión. El plan de manejo de las llanuras de inundación de Queensland, Australia (2005) tiene algunos indicadores sobre la gestión del riesgo de inundación y sobre la gestión del riesgo de desastres que pueden aplicarse en Colombia.

- Área con riesgo a inundaciones con plan de gestión implementado.
- Área con riesgo con plan de emergencias implementado.
- Áreas con riesgo con planes de recuperación.
- Áreas con riesgo con sistemas de alerta y pronóstico implementado.
- Numero actual de propiedades susceptibles a inundación de cierta severidad e relación al número de propiedades susceptibles en el año base.
- Área por tipo de cultivos susceptible a inundación de cierta severidad en relación al área por tipo de cultivos en el año base.
- Valor actual del daño potencial con relación al valor de daño en el año base.

CAPÍTULO 6

ASPECTOS GENERALES SOBRE COLOMBIA

4 ASPECTOS GENERALES SOBRE COLOMBIA

En Colombia el entendimiento de la dinámica particular del ciclo hidrológico, la fisiografía y los patrones de asentamiento humano que hemos desarrollado históricamente, se vuelve fundamental para la formulación de estrategias de prevención y gestión del riesgo de inundaciones. Este capítulo recopila información general las principales características del país.

4.1 LOCALIZACIÓN Y GEOGRAFÍA

Colombia se localiza en la esquina noroccidental de Suramérica, tiene un área continental de 114,2 millones de hectáreas (ha). Por su ubicación en el trópico, recibe grandes cantidades de radiación solar todo el año y es atravesada de sur a norte por la cordillera de los Andes. Estos aspectos favorecen la biodiversidad y tiene efectos positivos sobre su productividad³³, (IDEAM, 2004). El País posee 53,2 millones de ha cubiertas por bosques naturales y 21,6 millones de ha por otros tipos de vegetación en áreas de sabanas, humedales y zonas áridas. La variedad ecosistémica, alberga una alta diversidad biológica, estimada en 10 % del total mundial, haciendo de Colombia un país mega-diverso, con un alto potencial de desarrollo sostenible y con una importante función en el mantenimiento de los procesos ecológicos esenciales, particularmente, en la regulación hídrica y climática (Amaya, 2002).

Vale la pena resaltar el ecosistema de páramo, localizado en las altas montañas ecuatoriales, ya que es único en el mundo en la zona ecuatorial de Colombia, y sólo es compartido con Ecuador, Venezuela y Perú. Constituye uno de los mayores patrimonios nacionales porque allí se regula la producción hídrica y nacen la mayoría de los ríos más importantes del país (IDEAM, 2004).

³³ El 85% de los sistemas productivos de Colombia se ubican en áreas vulnerables a desertificación. El 48% del país es susceptible a erosión. (DNP, 2011a)

La cordillera de los Andes al entrar al país se bifurca dando origen a tres formaciones montañosas, todas con características diferentes, en su origen y régimen climático (IDEAM, 2004). Las montañas delimitan las cuatro mayores regiones naturales del país. La Región Andina, conformada por las cordilleras mencionadas. La Región Atlántica, que está localizada entre la cordillera de los Andes y la Costa Atlántica (norte). La Región Pacífica, que está situada entre la Cordillera Occidental y la Costa Pacífica (occidente). La Región Oriental, está localizada al este de la Cordillera Oriental y es surcada por numerosos ríos cuyas cuencas conforman dos subregiones mayores la Orinoquía y la Amazonía (Figura 4-1).

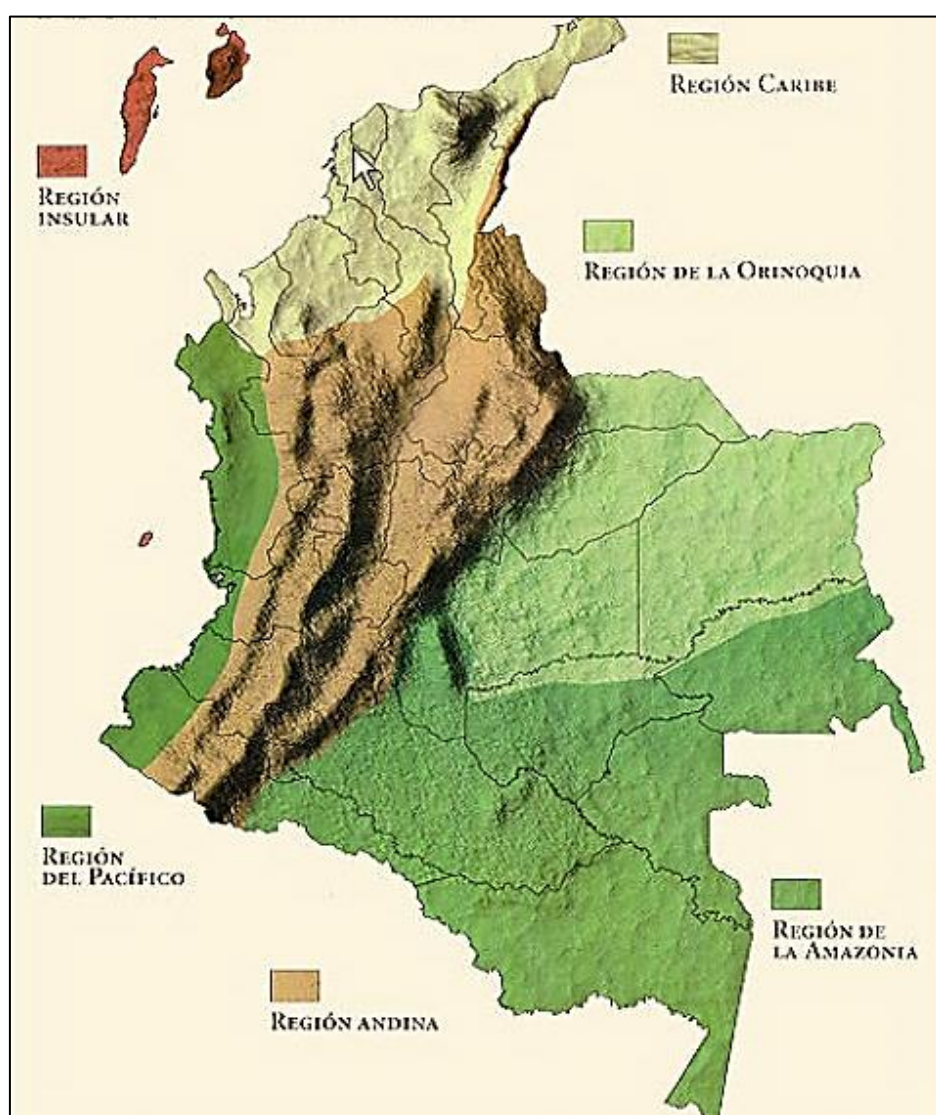
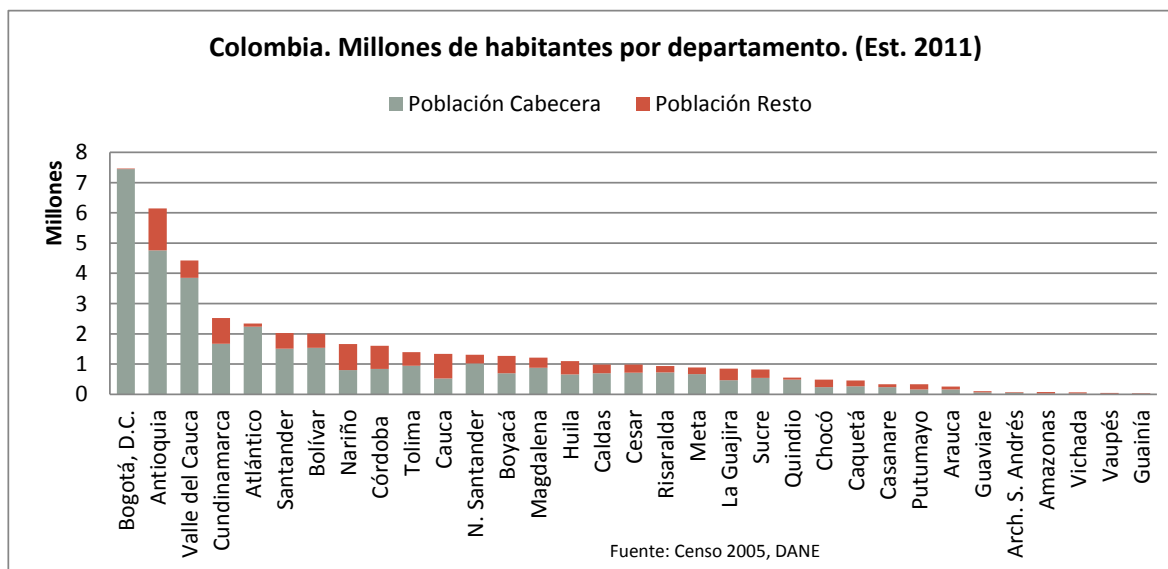


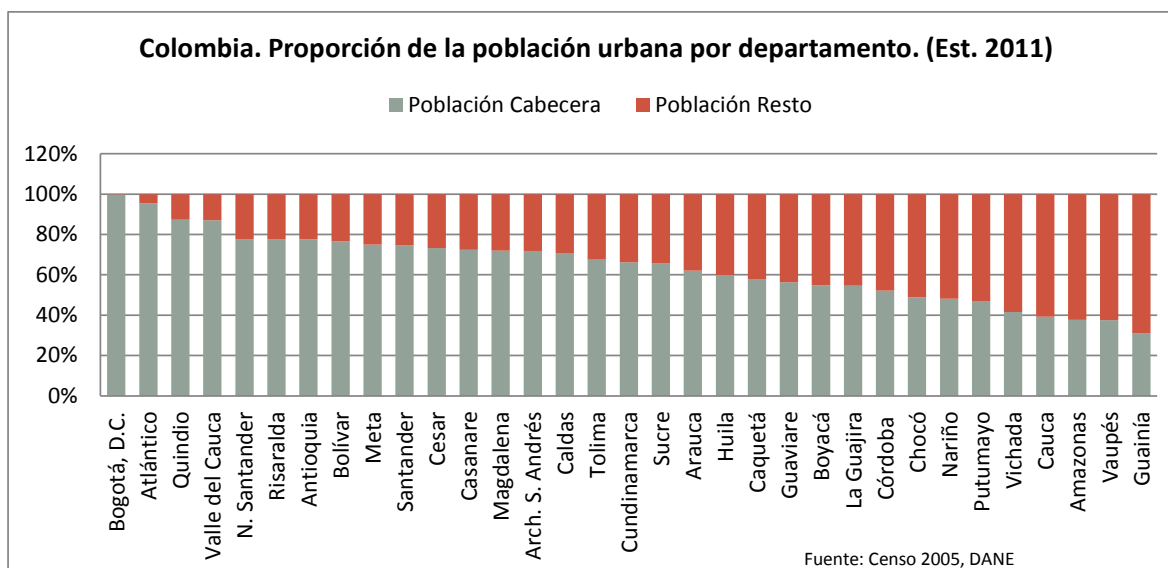
Figura 4-1. Regiones Naturales de Colombia. (IGAC, 1992)

4.2 POBLACIÓN Y CRECIMIENTO DEMOGRÁFICO

Según el DANE (Departamento Administrativo Nacional de Estadística), la población ronda los 46.6 millones de personas. La población es mayoritariamente urbana (IDEAM, 2004) y el 76% se concentra en las regiones Andina, Caribe y Pacífico (Albuja, et al., 2010). La mayoría de departamentos tiene menos de 1 millón de habitantes ubicados en las cabeceras municipales (Figura 4-2).



(a.)



(b.)

Figura 4-2. Colombia, Población urbana por departamento según DANE, Censo 2005.

La tendencia de crecimiento y urbanización (Tabla 4-1), muestran que la población se concentra en ciudades intermedias³⁴ y en el distrito capital. Mientras la tasa media anual de crecimiento del país es del 1,3%, en las ciudades intermedias alcanza el 6,2% anual, siendo la migración el factor que más aporta a este crecimiento (UNFPA, 2007).

Tabla 4-1. Distribución de la población por tamaño del municipio según Censos 1973 a 2005 (UNFPA, 2007)

Categoría	Censo 1973	Censo 1985	Censo 1993	Censo 2005
Bogotá	12,04%	14,26%	14,83%	16,11%
>1.000.000	5,13%	10,09%	12,87%	12,86%
300.000-1.000.000	11,60%	10,90%	9,51%	16,78%
100.000-300.000	10,80%	12,56%	14,28%	12,44%
50.000-100.000	7,40%	9,15%	8,56%	8,78%
30.000-50.000	11,34%	9,25%	9,48%	8,61%
20.000-30.000	11,46%	10,27%	9,44%	7,43%
10.000-20.000	18,28%	14,33%	13,47%	10,58%
<10.000	11,94%	9,20%	7,55%	6,41%
Total	100%	100%	100%	100%

4.3 CLIMA

Colombia tiene un ciclo hidrológico dinámico debido a su ubicación en el trópico, la influencia de la Zona de Confluencia Intertropical (ZCIT), los procesos que ocurren en los océanos Atlántico Tropical, el mar Caribe y el Pacífico Tropical; que ocasionan variaciones en la distribución espacio-temporal de la precipitación, la temperatura y otras variables climatológicas.

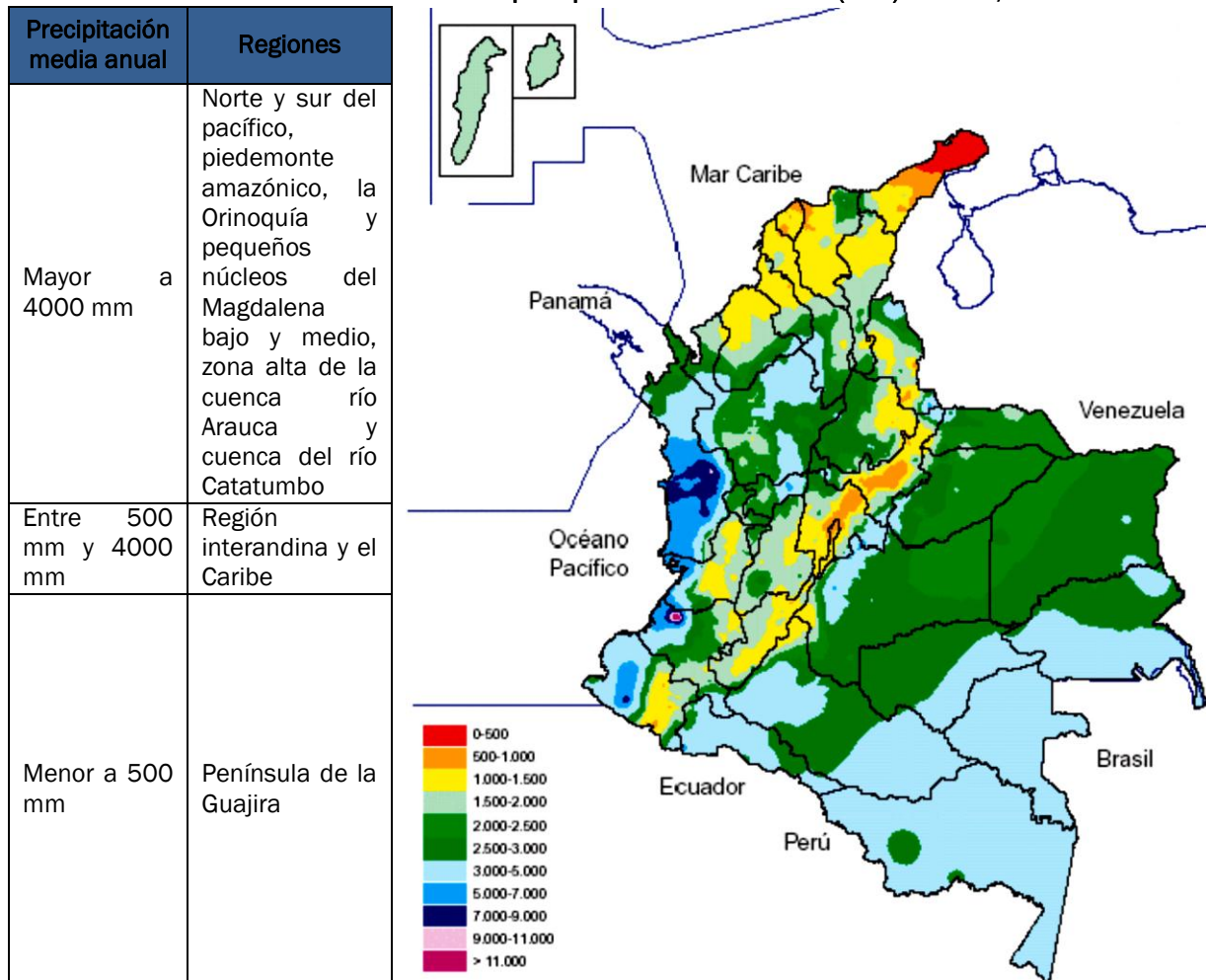
Temperatura: El país posee grandes extensiones homogéneas térmicamente con una temperatura media anual entre 24 y 28 °C en la región oriental, las llanuras del Caribe, y una franja en el litoral Pacífico. En la parte baja y media del río Magdalena las temperaturas medias anuales son mayores de 28 °C. En la región andina e interandina la temperatura cambia con la altura, generando gran variedad de pisos térmicos.

Precipitación: La distribución espacial de la precipitación anual es muy diversa debido a la heterogeneidad y complejidad de la orografía. Cerca del 70 % del país presenta lluvias superiores a 2.000 mm/año en promedio, casi el 30 % tiene lluvias superiores a 4.000

³⁴ Centros urbanos entre 300.000 y un millón de habitantes

mm/año, incluyendo áreas en la costa Pacífica que sobrepasan los 12,000 mm/año (Carvajal-Escobar, 2004).

Tabla 4-2. Distribución de la precipitación media anual (mm). IDEAM, 2008



4.4 RECURSOS HÍDRICOS

El principal río es el Magdalena, curso de agua que recorre el país de sur a norte. La cuenca Magdalena-Cauca equivale al 24 % del territorio nacional y en ella se asienta el 77 % de la población y buena parte de las actividades económicas (IDEAM, 2004 ; IDEA-CORMAGDALENA, 2001).

Colombia cuenta con 737.000 cuerpos de agua entre ríos, quebradas, caños y lagunas, (Posada, et al., 2008). Debido a esto se mantiene como potencia mundial en disponibilidad de agua per cápita. Sin embargo, las estimaciones realizadas por el IDEAM, en el periodo comprendido entre los años 1985 y 2006, reportan que la

disponibilidad se redujo de 60.000 m³ a 40.000 m³ al año por persona y que de mantener dicha tendencia sumado al crecimiento de la población, podría llegar a valores críticos al año 2040 (Posada, et al., 2008). Este descenso es el resultado de una baja cultura ambiental y de conservación del recurso hídrico, propiciada por la abundancia de agua y la falta de aplicación efectiva de las políticas ambientales.

En el país se registran 2.100 km³ de escorrentía total anual y las aguas subterráneas ocupan el 36% del territorio (DNP, 2011a ; IDEAM, 2004). El gran sistema de ríos, asociado a la ubicación espacial de las lluvias, da lugar a inundaciones periódicas en gran parte del territorio.

4.5 AMENAZAS NATURALES EN COLOMBIA

El tectonismo activo del Pacífico, en combinación con manifestaciones volcánicas, el régimen climático, las altas pendientes, la presencia de glaciares en los picos nevados, las altas tasas de meteorización y fracturamiento y la elevada pluviosidad controlada por los sistemas montañosos (Velasquez, et al., 1990), hacen de Colombia un territorio altamente propenso a desastres (Hermelin, 2005 ; ONU, BID; CEPAL, 2007 & Carvajal-Escobar, et al., 2010) y de acuerdo a la ONU y el Banco Mundial se clasifica como el tercer país de mayor riesgo climático en el mundo (Figura 4-3). Las principales amenazas naturales son:

- Sismos y vulcanismo.
- Tsunamis en el Pacífico.
- Avalanchas y flujos de lodo volcánico.
- Inundaciones
- Avenidas torrenciales en zonas altas.
- Deslizamientos de tierra en terrenos empinados
- Incendios forestales.
- Sequías y Heladas

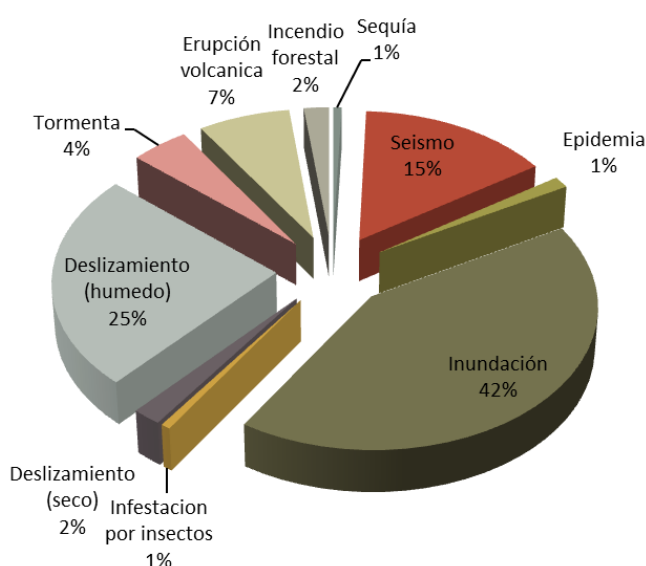


Figura 4-3. Distribución porcentual de datos sobre desastres socio-naturales en Colombia (EM-DAT, 2011)

Teniendo en cuenta el aumento acelerado de la población y la urbanización (se ha cuadruplicado en los últimos 50 años) (UNFPA, 2007), otros fenómenos como el desplazamiento por el conflicto interno, el índice de pobreza que supera el 46% en las ciudades (DANE, 2010); estamos ante una situación crítica de vulnerabilidad que implica la necesidad abordar una Gestión Integral del Riesgo (GIR), pues conforme ha sido estimado para Chile y México, el costo económico de atender un desastre es entre 6 y 10 veces mayor al de prevenirlo, (Mauro, A., 2007 & PNUD, 2008); situación que se acentúa en Colombia ya que las pérdidas en sociedades en desarrollo, son mayores que el total de la riqueza que producimos (Sedano, et al., 2012).

CAPÍTULO 5
MARCO LEGAL, INSTITUCIONAL Y
FINANCIERO PARA LA GESTION DEL
RIESGO DE INUNDACIONES EN
COLOMBIA

5 MARCO LEGAL, INSTITUCIONAL Y FINANCIERO PARA LA GESTION DEL RIESGO DE INUNDACIONES EN COLOMBIA

La Política nacional ha evolucionado en función del estado del conocimiento y a raíz de desastres que se han presentado a lo largo de la historia. Se pueden observar tendencias crecientes en la cantidad de leyes sobre gestión de desastres, dependiendo de la magnitud de los siniestros ocurridos a lo largo de la historia. El Gobierno se ve en la necesidad de crear fondos especiales de financiación, para la atención y recuperación posterior (Figura 5-1). A principios de 1990 las políticas se orientaban a la respuesta post-desastre, pasando a finales de dicha década a la atención y prevención de desastres donde la normativa fortalece la educación y las instituciones operativas, posteriormente las políticas se redirigen al mejoramiento ambiental y a la mitigación del riesgo, promoviendo la gestión de los recursos hídricos y el ordenamiento territorial; en la década del 2000 se promueve la mitigación del riesgo y la reducción de la vulnerabilidad fiscal, y actualmente (2012), la base conceptual es la gestión del riesgo de desastres que pretende generar actuaciones en todas las etapas del proceso.

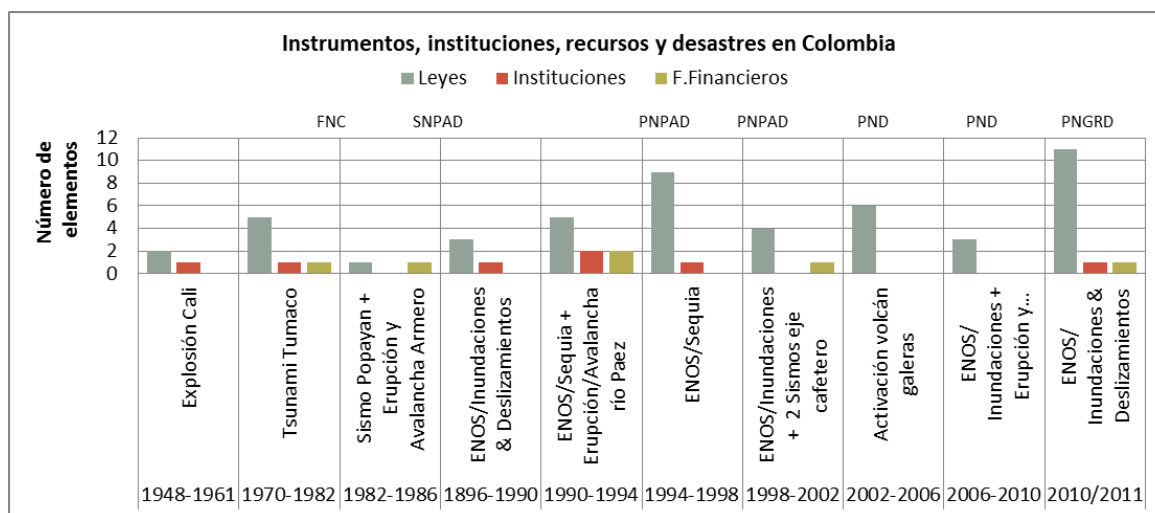


Figura 5-1. Aparición de instituciones, leyes y fondos de financiación según grandes desastres socio-naturales en Colombia. Elaboración propia.

Este capítulo presenta las instituciones, la legislación y los diferentes fondos de financiación relacionados con la gestión del riesgo de desastres en Colombia, aclarando que no existe un paquete de instituciones e instrumentos enfocados exclusivamente al

tema de inundaciones y que la normativa, las entidades y los recursos desarrollan alrededor de temas sectoriales.

5.1 POLITICAS INTERNACIONALES A CONSIDERAR

5.1.1 Directiva Marco del Agua (DMA). 2000/60 CE

La Unión Europea (UE) establece **un marco para la protección de las aguas** interiores superficiales, las aguas subterráneas, las aguas de transición y las aguas costeras. Tiene varios **objetivos**, concretamente la prevención y la reducción de la contaminación, la promoción del uso sostenible del agua, la protección del medio ambiente, la mejora de la situación de los ecosistemas acuáticos **y la atenuación de los efectos de las inundaciones y de las sequías**. Su objetivo último es alcanzar un «**buen estado**» **ecológico y químico de todas las aguas comunitarias para 2015**. El ámbito territorial de la DMA se enfoca en la caracterización y demarcación hidrográfica y los planes hidrológicos para garantizar la gestión, protección y buen estado.

5.1.2 Directiva de evaluación y gestión de los riesgos de inundación (DI). 2007/60/CE.

El objetivo de la DI es crear un marco común que permita **evaluar y reducir los riesgos de las inundaciones para la salud humana, el medio ambiente, los bienes y las actividades económicas en la UE**. La DI cubre todo tipo de inundaciones, desde las que afectan a riberas y zonas costeras, hasta las ocasionadas en medio urbano por la escorrentía o por la saturación de la red de evacuación de aguas.

La DI se construye teniendo en cuenta que la **gestión de riesgo de inundaciones y la adaptación al cambio climático** no hacen parte de los objetivos de la DMA establecida en el año 2000, y con el fin de coordinar la **gestión integrada de las cuencas**, las demarcaciones hidrográficas y el cumplimiento de los objetivos medioambientales propuestos. Permite el establecimiento de unidades de gestión diferentes e independientes ya que considera que habrá beneficios de las sinergias que puedan generarse en los planes hidrológicos.

La **prevención y gestión de los riesgos** se organizan por demarcaciones hidrográficas. Estas pueden abarcar varias cuencas hidrográficas. La DI tiene como ámbito territorial

específico las zonas de riesgo de inundación identificadas en una Evaluación Preliminar del Riesgo de Inundación, y solo en dichas áreas se construirán los mapas de peligrosidad y riesgos y se elaboraran los planes de gestión (Ferrer Polo, 2010).

5.1.3 Estrategia internacional para la reducción de desastres - EIRD

La EIRD fue adoptada por la Asamblea de las Naciones Unidas en el año 2000 como sucesor del programa Decenio Internacional para la Reducción de Desastres socio-naturales 1990-1999. La EIRD **busca desarrollar comunidades resilientes a desastres**, mediante la promoción de una mayor toma de conciencia sobre la importancia de la reducción de desastres como componente integral del desarrollo sostenible; con el propósito de reducir las pérdidas humanas, sociales, económicas y ambientales debido a amenazas de origen natural y a desastres tecnológicos y ambientales relacionados (ONU/EIRD).

5.1.4 Marco de acción de Hyogo (2005)

Es considerado un **instrumento esencial para la adaptación al cambio climático**, tiene por objetivos la integración de la reducción del riesgo de desastre en las políticas y planes de desarrollo sostenible. El desarrollo y fortalecimiento de las instituciones, mecanismos y capacidades para construir la resiliencia ante las amenazas; y la incorporación sistemática de enfoques de reducción de riesgo en la puesta en marcha de programas de preparación a las emergencias, respuesta y recuperación

5.1.5 Convenio Constitutivo de la Asociación de Estados del Caribe AEC

El 24 de julio de 1994 en Cartagena de Indias, Colombia se firmó el Convenio Constitutivo de la Asociación de Estados del Caribe (AEC); la cual es una organización para la consulta, la cooperación y la acción concertada. Se encuentra constituida por 25 Estados Miembros y tres Miembros Asociados (ONU, 2005).

El enfoque de la AEC está dirigido al comercio, transporte, turismo sustentable y los desastres socio-naturales. Para el abordaje de los desastres, la Asociación cuenta con el Comité Especial de Desastres socio-naturales. Este comité **se encarga de fomentar la**

cooperación entre los órganos de la región responsables de la planificación y la respuesta ante la ocurrencia de desastres; suministra herramientas para fortalecer a las organizaciones nacionales en la prevención y mitigación, promueve los Sistemas de Alerta Temprana en la región y fortalece los sistemas de información de los órganos nacionales y regionales (ONU, 2005).

5.2 LEGISLACION NACIONAL PARA LA GESTION DEL RIESGO DE INUNDACIONES

La política Nacional ha tenido varios momentos significativos durante la década de los 90, se construyó la legislación que organizó el Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres (en adelante SNPAD), el Plan Nacional para Prevención y Atención de Desastres (PNPAD) y los planes para Prevención y Atención de Desastres (en adelante PAD) a mediano y corto plazo. En el Periodo 2000 – 2006 la iniciativa del estado en el tema es incluida en el Plan de Desarrollo Nacional con el programa de prevención y mitigación de riesgos y la reducción de la vulnerabilidad fiscal del estado. Entre 2006 y 2010 el Plan Nacional de Desarrollo incorpora metas para promover el desarrollo sostenible mejorando la gestión ambiental y del riesgo.

La legislación que contribuye a la gestión del riesgo de inundaciones tienen una tendencia creciente, con dos picos claros en los periodos 94/98 y 02/06, el primero de ellos tiene relación a la reglamentación que estructura y fortalece el SNPAD y al Plan Nacional de Desarrollo (PND) que orientó al mejoramiento ambiental sacando iniciativas para el mejoramiento de los recursos naturales. El otro pico presentado en el periodo 02/06, tiene relación con la normativa sobre ordenamiento territorial y zonificación del riesgo que a pesar de ser reglamentada en 1997, no tenía las herramientas para integrarla con otras leyes y obligaciones de los entes territoriales. También se observa que la legislación para PAD (respuesta a emergencias, subsidios familiares y de vivienda por desastre) muestra un decrecimiento después de 1998 y vuelve a incrementar con el desastre de 2010, ante la necesidad de movilizar recursos para los damnificados por las temporadas de lluvias (Figura 5-2).

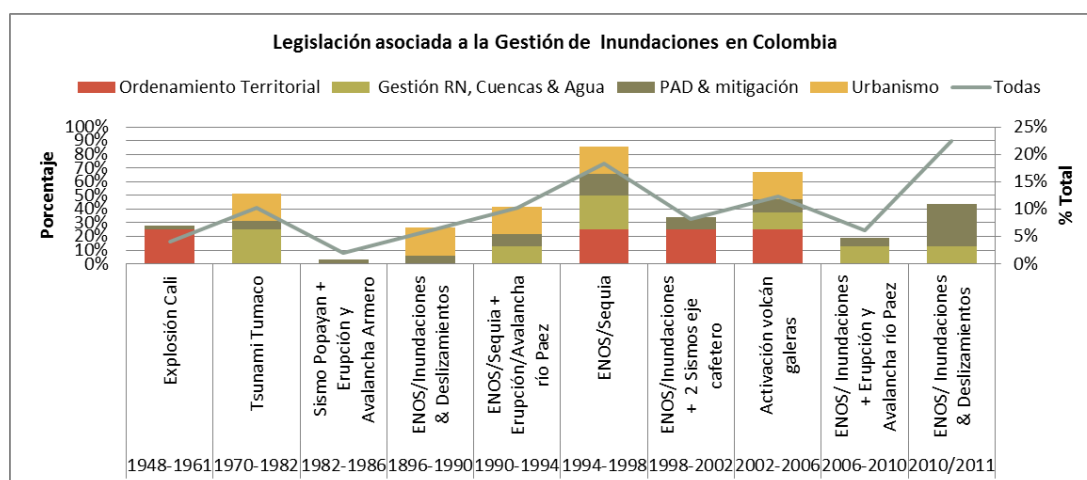


Figura 5-2. Evolución de la Política colombiana en la prevención, atención y gestión del riesgo de desastres. Elaboración propia

La normativa hacia el 2015 es la **Política Nacional para la Gestión del Riesgo y la Adaptación al Cambio Climático**, de forma articulada bajo la base conceptual de Gestión del Riesgo de Desastres. Dicha política pretende potencializar la estructura institucional y migrar hacia el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo y crear el Fondo Nacional para la Gestión del Riesgo y la Adaptación al Cambio Climático, que busca reducir la vulnerabilidad fiscal del estado frente a los desastres, promover la capacidad técnica de las entidades territoriales y las CAR en gestión del riesgo y modernizar el sistema de información. A continuación se presentan las principales leyes y decretos, por temas y orden cronológico³⁵.

5.2.1 Normativa asociada a la Prevención y Atención de Desastres.

La Tabla 5-1 presenta el listado de instrumentos sobre Prevención y Atención de Desastres. A partir de 1991, se empieza a legislar para la atención de emergencias y el SNPAD, luego en 2010 aparecen muchas modificaciones para facilitar a los damnificados el acceso a subsidios del estado durante la emergencia.

³⁵ Estos datos se extraen de la base de datos sobre legislación pública del Ministerio del Interior y Justicia³⁵ y de los siguientes documentos técnicos: *Lineamientos para la política nacional de ordenamiento ambiental del territorio*. (MVADT, 1998). *Definición de la responsabilidad del Estado, su exposición ante desastres naturales y diseño de mecanismos para la cobertura de los riesgos residuales para el Estado*. (BM, ACCI & DNP, 2004). *Documento País (DP2010). Estado actual, perspectivas y prioridades para los preparativos ante desastres en Colombia*. (UNGRD, 2010). *Información para la gestión del riesgo de desastres en Colombia*. (BID & CEPAL. S/F). *Proyecto PREDECAN. Sistematización de la información existente sobre aspectos institucionales, legales y técnicos de la gestión del riesgo en Colombia*. (Comunidad Andina, Comisión Europea, Mininterior, 2006)

Tabla 5-1. Leyes y normativa sobre Prevención y Atención de Desastres

Ley/ Decreto	Tema principal
Ley 49 de 1948	Creación del Socorro Nacional en caso de calamidad pública
Decreto 1355 de 1970	Normas sobre actuación de la Policía en caso de calamidad.
Decreto 2341 de 1971	Organización de la Defensa Civil.
Decreto 1547 de 1984	Se crea el Fondo Nacional de Calamidades.
Ley 46 de 1988	Se crea y organiza el SNPAD y se otorgan facultades extraordinarias al Presidente de la República
Decreto 919 de 1989	Se organiza el SNPAD y se dictan otras disposiciones.
Directiva Presidencial No.33 de 1991	Responsabilidades de los organismos y entidades del sector público en el desarrollo y operación del SNPAD.
Directiva Ministerial 13 de 1992	Responsabilidades del Sistema Educativo como integrante del SNPAD.
Ley 60 de 1993	Participación de los municipios en los ingresos corrientes de la Nación para actividades de PAD.
Decreto 969 de 1995	Se organiza y reglamenta la Red Nacional de Centros de Reserva para la atención de emergencias
Ley 322 de 1996	Se crea el Sistema Nacional de Bomberos y se dictan otras disposiciones
Decreto 1283 de 1996	Se reglamenta el funcionamiento del Fondo de Solidaridad y Garantía del Sistema General de Seguridad Social en Salud y el Seguro de riesgos catastróficos y accidentes de tránsito.
Decreto 2378 de 1997	Regula parcialmente la organización y funcionamiento del Fondo Nacional de Calamidades y su junta consultora en materia presupuestal
Decreto 93 de 1998	Se adopta el Plan Nacional para la Prevención y Atención de Desastres.
Directiva Presidencial 005 de 2001	Actuación de los distintos niveles de Gobierno frente a Desastre Súbito de carácter Nacional.
Documento CONPES 3146 de 2001	Estrategia para consolidar la ejecución del Plan Nacional para la Prevención y Atención de Desastres –PNPAD- en el corto y mediano plazo.
Ley 812 de 2003	Plan Nacional de Desarrollo: Hacia un Estado Comunitario Título II: Plan de Inversiones Públicas, para: Prevención y Mitigación de Riesgos Naturales.
Decreto No. 4830 de 2008	Se crea un mecanismo de atención especial en situaciones de calamidad pública, desastre o emergencia, para atender con subsidio familiar de vivienda de interés social rural a familias afectadas
Decreto 4673 de 2010	Se adiciona el artículo 38 de la Ley 1333 de 2009, y se dictan otras disposiciones para atender la situación de desastre nacional y de emergencia económica, social y ecológica nacional
Decreto 4629 de 2010	Se modifican transitoriamente, el artículo 45 de la Ley 99 de 1993, el artículo 4 del decreto 1933 de 1994 y se dictan otras disposiciones para atender la situación de desastre nacional y de emergencia económica, social y ecológica nacional.
Decreto 4579 de 2010	Se declara la situación de desastre nacional en el territorio colombiano.
Ley 1415 de 2010	Se establecen los requisitos y mecanismos ágiles para la postulación, asignación y aplicación de subsidios familiares de vivienda para la población rural afectada por desastres socio-naturales, calamidad pública o emergencia, o con viviendas en zonas de alto riesgo
Decreto 4828 de 2010	Se dictan disposiciones para atender la situación de desastre nacional y de emergencia económica, social y ecológica por grave calamidad pública declarada en el territorio colombiano e impedir la extensión de sus efectos.
Decreto 4822	Se suspenden restricciones para la operación de las pistas de los aeropuertos

Ley/ Decreto	Tema principal
de 2010	nacionales e internacionales en el territorio nacional, y se dictan otras disposiciones para atender la situación de desastre nacional y de emergencia económica, social y ecológica nacional.
Decreto 4808 de 2010	Se regula una línea de redescuento, con tasa compensada, de la Financiera de Desarrollo Territorial SA - FINDETER, para el financiamiento de la atención y prevención de desastres en infraestructura.
Decreto 4730 de 2010	Se establece la transferencia de recursos del subsidio familiar de vivienda urbano a cuentas de ahorro individual, para afectados por situación de desastre, calamidad pública o emergencia, para damnificados por atentados terroristas.
Ley 1460 de 2011	Se aprueba la "Convención Interamericana para facilitar la asistencia en casos de desastre". Acuerdos de cooperación que Colombia ha suscrito con otros Estados con el ánimo de establecer bases adecuadas de asistencia, especialmente con los países de América Latina, y el Caribe.
Decretos 4147 y 4148 de 2011	Por el cual se crea la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres, se establece su objeto y estructura. Se establece la planta de personal de la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres, UNGRD, y se dictan otras disposiciones

Los **Artículos 212 a 215, C.P.C³⁶** y del artículo de la **Ley estatutaria 137 de 1994**: Regulan los **estados de excepción** que se utilizan en situaciones que claramente desbordan el orden público interno: guerra exterior, perturbaciones que ponen en tela de juicio la estabilidad de las instituciones o la seguridad del Estado o **que subvierten el orden económico, social o ecológico**. El **Artículo 215** se justifica cuando la **gravedad del hecho es tal que permite hablar de una catástrofe³⁷** y por esa vía el Presidente de la República puede declarar estado de emergencia para esos efectos. En general, se considera que **el SNPAD es adecuado para atender los eventos recurrentes de menor intensidad** y se reconoce que en caso de un evento extremo el sistema podría ser desbordado, como ya ha ocurrido en el pasado y por lo cual, se ha tenido que recurrir a facultades extraordinarias a la luz de la Constitución Política en lo relacionado a emergencias por grave calamidad pública o ambiental (Cardona, et al., 2007).

³⁶ Constitución Política de Colombia, 1991.

³⁷ Esta definición no ofrece muchos elementos para diferenciar la catástrofe del desastre. Por lo que se clasifican tres niveles de respuesta desde eventos menores hasta eventos externos así: i) las calamidades, cuya declaratoria corresponde a las autoridades seccionales ii) los desastres propiamente dichos, que seguirán siendo materia reservada al Presidente de la República en lo que hace a su declaratoria. El responsable de enfrentarlos será el SNPAD; y finalmente iii) la grave calamidad pública de que trata el Artículo 215 de la Constitución, debe tener la connotación de *crisis nacional*, o catástrofe en los términos de la Corte Constitucional y revestir la misma gravedad que las demás causas de estado de emergencia. Este nivel de perturbación es del fuero exclusivo del Presidente de la República, quien en todo caso podrá movilizar al SNPAD. (Cardona, et al., 2007)

5.2.2 Normativa para la Gestión del Riesgo de Desastres.

La **Política Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres. Ley 1523 de 2012.** Establece el **Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres** y dicta otras disposiciones como:

- Hace obligatorio para los departamentos, distritos y municipios con población superior a 250.000 habitantes la existencia de una dependencia o entidad de gestión del riesgo.
- Se deberán incorporar en los planes de desarrollo y de ordenamiento territorial las consideraciones sobre desarrollo seguro y sostenible derivadas de la gestión del riesgo.
- Todos los proyectos de inversión pública que tengan incidencia en el territorio, bien sea a nivel nacional, departamental o municipal, deben incorporar apropiadamente un análisis de riesgo de desastres, acorde con la complejidad y costo del proyecto en cuestión.
- El actual Fondo Nacional de Calamidades se convierte en Fondo Nacional de Gestión del Riesgo.
- En relación con la declaratoria de desastre, calamidad pública y normalidad, el Presidente de la República declarará mediante decreto la existencia de las situaciones de desastre y pondrá en vigor las normas pertinentes propias del régimen especial para situaciones de desastre, así mismo, los gobernadores y alcaldes podrán declarar la situación de calamidad pública en su respectiva jurisdicción.
- Los instrumentos legales están en elaboración y serán los Planes de gestión del riesgo, el Plan Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres, La Estrategia Nacional para Respuesta a Emergencias, y los planes departamentales, distritales y municipales de gestión del riesgo y estrategias de respuesta.
- Se crea el Sistema Nacional de Información para la Gestión del Riesgo de Desastres y el Sistema de Información a nivel Regional, Departamental, Distrital y Municipal

Tabla 5-2. Principales instrumentos del SNGRD

Instrumentos	Características
Institucionales	SNGRD Estructura organizacional, responsabilidades, funciones, competencias instancias a nivel nacional, territorial y sectorial Concejo Nacional, UNGRD, concejos territoriales y Comités: Conocimiento, Reducción, Manejo y Asesoría
Planificación	Plan Nacional de GRD Estrategia Nacional de Respuesta a Emergencias Planes departamentales, distritales y municipales de GRD
Sistemas de información	Sistema Nacional de GRD Sistema de información sectorial Sistema de información territorial
Financiación	Fondo Nacional GRD Subcuentas: Conocimiento, Reducción, Manejo de desastres, recuperación, protección financiera MHCP

A continuación se resumen la normativa para la gestión de los recursos naturales y el territorio.

5.2.3 Normativa para la Gestión de los Recursos Hídricos y el Ordenamiento Territorial

Ley 9 de 1979 y el Decreto 2857 de 1981: Establecen los lineamientos para el ordenamiento territorial de las cuencas hidrográficas.

Ley 99 de 1993: Crea al ministerio del medio ambiente hoy, Ministerios de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial MAVDT y organiza el Sistema Nacional Ambiental SINA.

El documento **Lineamientos de Política para el Manejo Integral del Agua. 1996** definió las bases y los objetivos para manejar la oferta nacional del agua. Los lineamientos se enfocaban en el agua para abastecimiento y el control de la contaminación pero, careció de metas o indicadores para determinar los logros alcanzados y su impacto. Los objetivos asociados a la gestión de inundaciones son:

- Ordenar las actividades y los usos del suelo en la cuencas (prioridad las cuencas de Magdalena y Cauca).
- Proteger acuíferos, humedales y otros reservorios importantes.
- **Estudiar y definir el desarrollo de infraestructura de almacenamiento artificial, regulación de excesos en periodo húmedos y garantizar suministro en periodos de déficit.**
- Completar el inventario y evaluación nacional del recurso hídrico superficial y subterráneo.

- Desarrollo de conocimiento e investigación del recurso; fortalecer el sistema de información multipropósito del agua, integrado al sistema de información ambiental.

Decreto 1729/2002. Con este documento el IDEAM formuló la **Guía técnico científica para la ordenación de cuencas hidrográficas**, en la cual se establecen los principios orientadores y el esquema metodológico para la formulación de los POMCH

Política Hídrica Nacional en el Plan Nacional de Desarrollo 2006-2010, busca fortalecer internamente al MAVDT y lanzar acciones para la actualización de la normativa para ordenación de cuencas, administración del recurso y la gestión de información. La política se apoya en las siguientes leyes:

- Modificación del Decreto 1729 de 2002. Sobre **ordenación de cuencas hidrográficas**.
- Decreto 1323 de 2007: creación del **sistema de información** del recurso hídrico (SIRH), en el marco del cual se ha venido brindando orientación y apoyo al IDEAM su estructuración.
- Decreto 1480 de 2007: **Priorización nacional de cuencas a ordenar**,

Entre la legislación ambiental para la ordenación del territorio, destacan las que definen las áreas protegidas y las áreas inundables (Tabla 5-3).

Tabla 5-3. Leyes y normativa ambiental para el ordenamiento territorial

Ley/ Decreto	Tema principal
Ley 119 de 1919 y otras leyes hasta el Decreto 2278 de 1953	Aparece la figura de bosques nacionales, luego aparecen una serie de legislaciones para dar denominaciones y reglamentaciones sobre los bosques protegidos, zonas forestales protectoras, bosques de interés general y de interés público.
Ley 2ª de 1959	Se crea el primer sistema nacional de áreas protegidas y se reglamente la economía forestal, la conservación de recursos renovables y los usos del suelo en áreas protegidas.
Ley 2811 de 1974	Código Nacional de Recursos Naturales Renovables. Establece una serie de clasificaciones de áreas protegidas.
Ley 135 de 1961	Sobre reforma social agraria, recuperación de superficies inundables y lucha contra la erosión.

El Plan de Desarrollo Económico, Social y Ambiental 1994 – 1998 El Salto Social: formula estrategias básicas para el desarrollo, destacan entre ellas el **Plan de Acción a través de programas de mejoramiento ambiental** (protección de ecosistemas

estratégicos, mejor agua, mares limpios y costas limpias, más bosques, mejores ciudades y poblaciones, política poblacional y producción limpia) y acciones instrumentales (educación y concientización ambiental, fortalecimiento institucional, información e investigación, **planificación y ordenamiento ambiental del territorio**, y cooperación global.

Ley 388 de 1997 reglamenta el proceso de ordenamiento territorial de departamentos y municipios y establece su articulación con la política ambiental y con el papel de las autoridades ambientales del nivel regional y nacional. Está Reglamentada por los Decretos Nacionales 150 y 507 de 1999; 932 y 1337 de 2002; 975 y 1788 de 2004; 973 de 2005; 3600 de 2007; 4065 de 2008; 2190 de 2009; Reglamentada parcialmente por el decreto Nacional 1160 de 2010 Por la cual se modifica la Ley 9 de 1989, y la Ley 2 de 1991 y se dictan otras disposiciones. Establece que dentro de los planes de ordenamiento territorial, ya sean planes de ordenamiento, planes básicos o esquemas de ordenamiento, **deben delimitarse las zonas de riesgo para la vida o la salud humana y establecer mecanismos de solución**. Esta ley, en buena forma, hace una integración del Sistema Nacional de Prevención y Atención de Desastres con el Sistema Nacional Ambiental, porque involucra el tema relacionado con los riesgos naturales en los procesos de planificación Otras disposiciones en materia de revisión de los POT son establecidas por **el decreto 4002 de 2004**. Dentro de los objetivos planteados por la ley de Ordenamiento Territorial, destacan los siguientes:

- Establecimiento de mecanismos que permitan al municipio, en ejercicio de su autonomía, entre otros, **la prevención de desastres en asentamientos de alto riesgo**.
- Garantiza que la utilización del suelo por parte de sus propietarios se ajuste a la función social de la propiedad y permita hacer efectivos los derechos constitucionales a la vivienda, así como por la **protección del medio ambiente y la prevención de desastres**.
- Función pública del urbanismo: **Mejorar la seguridad** de los asentamientos humanos **ante los riesgos naturales**.
- Acción urbanística: La determinación de las **zonas no urbanizables** que presenten **riesgos** para la localización de asentamientos humanos, **por amenazas naturales**, o que de otra forma presenten **condiciones insalubres** para la vivienda.
- Localizar las **áreas críticas de recuperación y control para la prevención de desastres**.

Ley 1454 de 2011: Por la cual se dictan normas orgánicas sobre ordenamiento territorial y se modifican otras disposiciones. El Gobierno Nacional **promoverá la asociación de las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR), para diseñar y ejecutar programas de protección ambiental y desarrollar programas de mitigación de riesgo.** En desarrollo de esta tarea, las Corporaciones Autónomas Regionales podrán hacer inversión por fuera de su jurisdicción en cumplimiento de los convenios adelantados entre las mismas.

5.2.4 Normativa sobre Urbanismo

Las normas sobre urbanismo y construcción toman medidas para proteger las edificaciones ante amenazas de inundación (Tabla 5-4).

Tabla 5-4. Normas de urbanismo, construcción y de vivienda

Ley/ Decreto	Tema principal
Ley 9 de 1979	Medidas sanitarias y de protección del medio ambiente. Se rige en cuanto a las construcciones y su localización frente a acequias, barrancos, terrenos pantanosos o inundables por el agua de mar.
Ley 9 de 1989	Reforma Urbana, modificada por la Ley 02 de 1991
Ley 3 de 1991	Sistema Nacional de Vivienda de Interés Social y subsidio familiar de vivienda. Reglamentada por la ley 4 de 1993 que tiene un capítulo destinado a considerar las competencias para calificar, adjudicar y entregar el subsidio a hogares ubicados en zonas consideradas como de riesgo
Decreto 4002 de 2004	Revisión de los planes de ordenamiento territorial
Decreto 2480 de 2005	Subsidio familiar de vivienda urbana y rural a hogares afectados por situación de desastres, calamidad público o emergencia

5.3 INSTITUCIONES EN LA GESTIÓN DEL RIESGO DE INUNDACIONES EN COLOMBIA

Las instituciones para la gestión del riesgo en Colombia se agrupan en el Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres (SNPAD); sin embargo otras políticas sectoriales como la gestión de los recursos hídricos, también delegan responsabilidades para la gestión de inundaciones al Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MVADT) y al Sistema Nacional Ambiental (SINA). Dentro de los puntos de discusión queda en consideración la relevancia o no, de generar un esquema institucional enfocado a la Gestión de Inundaciones ó si continuar sin él, en la nueva formulación legal para la Gestión del Riesgo de Desastres y la formación de la UNGRD (Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres) que coordinará al SNPAD. A continuación se presentan las instituciones de acuerdo a la rama sectorial.

5.3.1 Prevención y Atención de Desastres (PAD)

El Sistema Nacional para de Prevención y Atención de Desastres (SNPAD) se crea con la Ley 46 de 1988 y es reglamentado con el Decreto-Ley 919 de 1989 (Vasquez, 2006). Las principales funciones son:

- Definir las responsabilidades y funciones de todos los organismos y entidades públicas, privadas y comunitarias, en las fases de prevención, manejo, rehabilitación, reconstrucción y desarrollo a que dan lugar las situaciones de desastre o de calamidad;
- Integrar los esfuerzos públicos y privados para la adecuada prevención y atención de las situaciones de desastre o de calamidad;
- Garantizar un manejo oportuno y eficiente de todos los recursos humanos, técnicos, administrativos y económicos que sean indispensables para la prevención y atención de las situaciones de desastre o calamidad.

Hacen parte del SNPAD las siguientes entidades:

- El Comité Nacional para la PAD.
- Los Comités Regionales y Locales para la PAD.
- La Oficina Nacional para la Atención de Desastres.
- El Comité Técnico Nacional para la PAD.
- El Comité Operativo Nacional para Atención de Desastres.
- Los Ministerios de Defensa Nacional, Salud, Obras Públicas y Transporte, Educación Nacional, Agricultura, Comunicaciones, MVADT, y el Departamento Nacional de Planeación (DNP)³⁸.
- Las entidades descentralizadas del orden nacional es decir, el Instituto Nacional Geológico y Minero, INGEOMINAS; la Defensa Civil Colombiana; el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, IGAC; IDEAM, INAT, INURBE; las Corporaciones Autónomas; y la Sociedad Fiduciaria La Previsora Ltda., como administradora del Fondo Nacional de Calamidades.

³⁸ El Departamento Nacional de Planeación DNP debe presentar para aprobación del Concejo Nacional de Política Económica y Social, Conpes, programas y proyectos de inversión derivados del Plan Nacional para la Atención de Desastres, a las instituciones públicas en todo lo relacionado con los aspectos programáticos y presupuestales sobre atención y prevención de desastres. Artículo 63 del Decreto-Ley 919 de 1989.

- Las entidades territoriales y sus entidades descentralizadas en cuanto sus competencias y funciones tengan relación con las actividades de PAD y calamidades.
- La Sociedad Nacional de la Cruz Roja Colombiana.
- Las entidades y personas privadas que por su objeto y funciones tengan relación con las actividades de PAD y calamidades.

La generación de información y conocimiento técnico y científico alrededor de desastres está a cargo de **IDEAM**³⁹, **IGAC**, **INGEOMINAS** y **COLCIENCIAS**, encargados de la cartografía básica, las amenazas geológicas, las amenazas hidrometeorológicas y la financiación de proyectos de investigación científica y tecnológica, respectivamente.

Las labores de gerencia, ejecución de proyectos y mantenimiento de obras son competencia de las **Corporaciones Autónomas Regionales**.

Las labores operativas son responsabilidad de la **Defensa Civil**, la **Cruz Roja Colombiana**, **El Sistema Nacional del Bomberos**, **el Ejército Nacional** y **la Policía**; la educación y comunicación es responsabilidad del **Ministerio de Educación**, **el Sena**, **Telecom**, **El Ministerio de Comunicaciones**.

El organigrama del SNPAD muestra una estructura por comités a nivel nacional, regional y local. A nivel Nacional el comité está encabezado por la presidencia y los ministerios, así como, por comités asesores técnicos, científicos, operativos, asistenciales y el Fondo Nacional de Calamidades que administra los recursos y la Dirección del Gestión del Riesgo encargada de coordinar y articular el sistema (Vasquez, 2006). A nivel regional los comités se denominan **CREPAD** y a nivel Local **CLOPAD**. Estos deben recibir apoyos de las comisiones asesoras sobre las amenazas, la información técnica y de alerta y las acciones operativas de búsqueda, rescate, comunicación, administración y distribución de ayudas, entre otros (Figura 5-3).

³⁹ El IDEAM, hace parte de las instituciones como ente de investigación y control adscrito al MVDAT, tiene funciones de apoyo técnico científico al SNPAD y a las entidades del Sistema Nacional Ambiental SINA, el artículo 15 del decreto 1277 la obliga a prestar en la medida de su capacidad técnica, los servicios de pronósticos, emisión de comunicados, ya sean boletines, avisos, alertas de índole hidrometeorológico para el SNPAD y otras entidades que necesiten de la información (UNGRD, 2010).

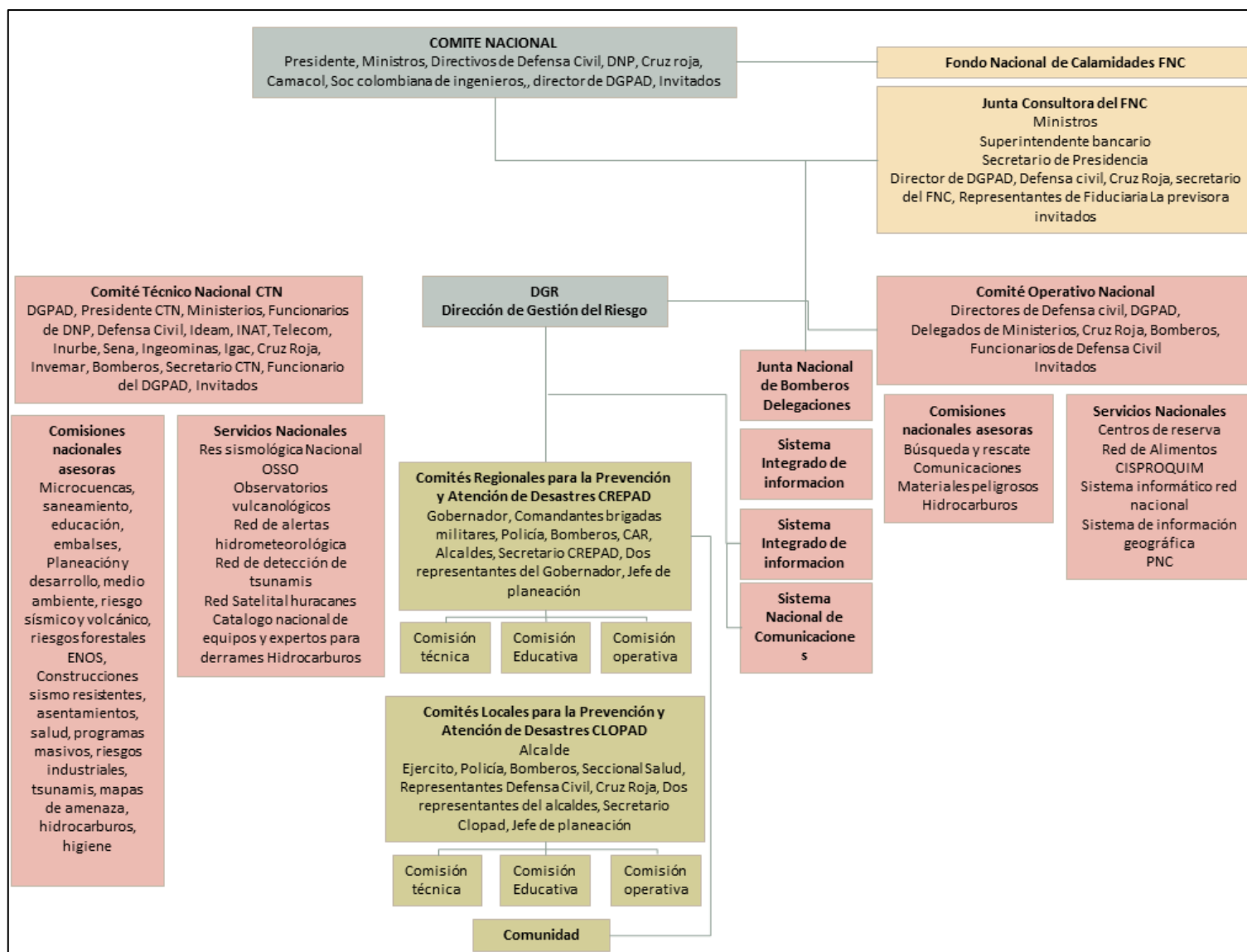


Figura 5-3. Estructura del SNPAD (UNGRD, 2010).

5.3.2 Gestión de los Recursos Hídricos, el Territorio y el Ambiente.

La Ley 99 de 1993 y el Decreto-Ley 216 de 2003, establece al **Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT)**, como coordinador del **Sistema Nacional Ambiental (SINA)**. Como organismo rector de la gestión del medio ambiente y de los recursos naturales renovables, se encarga de definir y formular, las políticas y regulaciones a las que se sujetan la recuperación, conservación, protección, ordenamiento, manejo, uso y aprovechamiento de los recursos naturales renovables, entre ellos el agua. **Le corresponde al MAVDT entre otros, fijar las pautas para el ordenamiento y manejo de cuencas hidrográficas.**

El **SINA** está conformado por la Unidad Administrativa Especial del sistema De Parques Nacionales, 33 Corporaciones Autónomas Regionales y de Desarrollo Sostenible (CAR), las entidades territoriales (municipios, departamentos y territorios étnicos), 6 Unidades Ambientales Urbanas ubicadas en las principales ciudades, 5 institutos descentralizados de investigación e información, encargados de dar soportes técnico y científico a la gestión, los organismos de control (la Contraloría, la Procuraduría y la Defensoría del pueblo), algunos gremios y organizaciones no gubernamentales (Figura 5-4), (UNGRD, 2010).

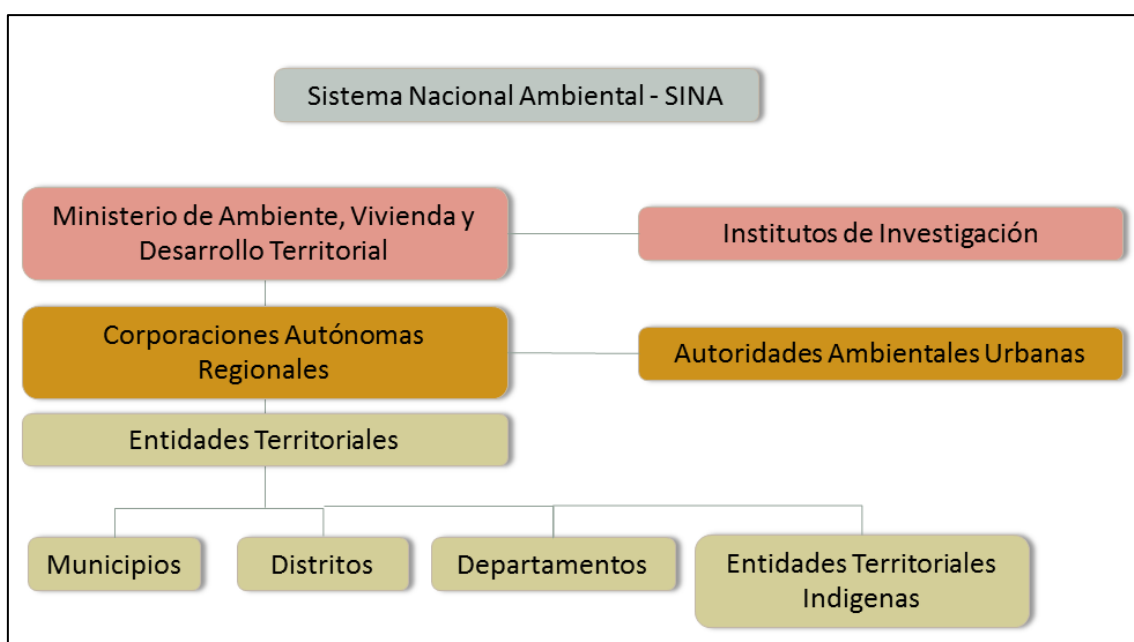


Figura 5-4. Estructura del SINA (UNGRD; Comision Europea de Ayuda Humanitaria, 2010)

Los Institutos de Investigación e información son:

- **El Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM**, que gestiona información relacionada, entre otros temas, con hidrología, hidrogeología, meteorología y ecosistemas, realiza estudios e investigaciones y emite conceptos en dichas materias. Apoya el trabajo de las autoridades ambientales regionales para el desarrollo de las funciones relativas al ordenamiento, manejo y uso del agua; también coordina el Sistema de Información Ambiental.
- **El Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives de Andreis” INVEMAR**, presta asesoría y apoyo científico y técnico sobre los recursos naturales renovables y los ecosistemas costeros y oceánicos de los mares adyacentes al territorio nacional; el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos
- **El Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos “Alexander von Humboldt”** que trabaja en temas relacionados con biodiversidad
- **El Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas “Sinchi” y el Instituto de Investigaciones del Pacífico John Von Neumann**, cuyos objetivos son desarrollar investigación científica y tecnológica que contribuya al desarrollo sostenible en la Amazonia y en el Pacífico.

En el nivel local, **los municipios** como integrantes del SINA deben desarrollar planes, programas y proyectos generales y sectoriales para la gestión integral del recurso hídrico, articulados con los planes de desarrollo regional y nacional. Pueden dictar, con sujeción a normas de superior jerarquía, **disposiciones legales para el control y preservación del recurso hídrico**. Además, **cofinancian y/o, en coordinación** con otras entidades públicas, ejecutan obras o proyectos de descontaminación, **obras hidráulicas**, proyectos de irrigación, **acciones contra inundaciones y regulación de cauces y corrientes de agua**, para así contribuir al manejo de cuencas y microcuencas (UNGRD, 2010).

5.3.3 Gestión del Riesgo de Desastres

La Ley 1523 de 2012 establece el nuevo **Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SNGRD)** y dictan otras disposiciones. Dicho sistema se encargará del proceso social orientado a la formulación, ejecución, seguimiento y evaluación de políticas, estrategias, planes, programas, regulaciones, instrumentos, medidas y

acciones permanentes para el conocimiento y la reducción del riesgo y para el manejo de desastres, con el propósito explícito de contribuir a la seguridad, el bienestar, la calidad de vida de las personas y al desarrollo sostenible.

El SNGRD estará compuesto por una red de instancias colectivas de coordinación a nivel nacional, departamental, distrital y municipal haciendo énfasis en señalar a las autoridades políticas (Presidente, Ministros, Directores de departamentos administrativos, Gobernadores, Alcaldes) como responsables de las decisiones en el Sistema Nacional (Figura 5-5).

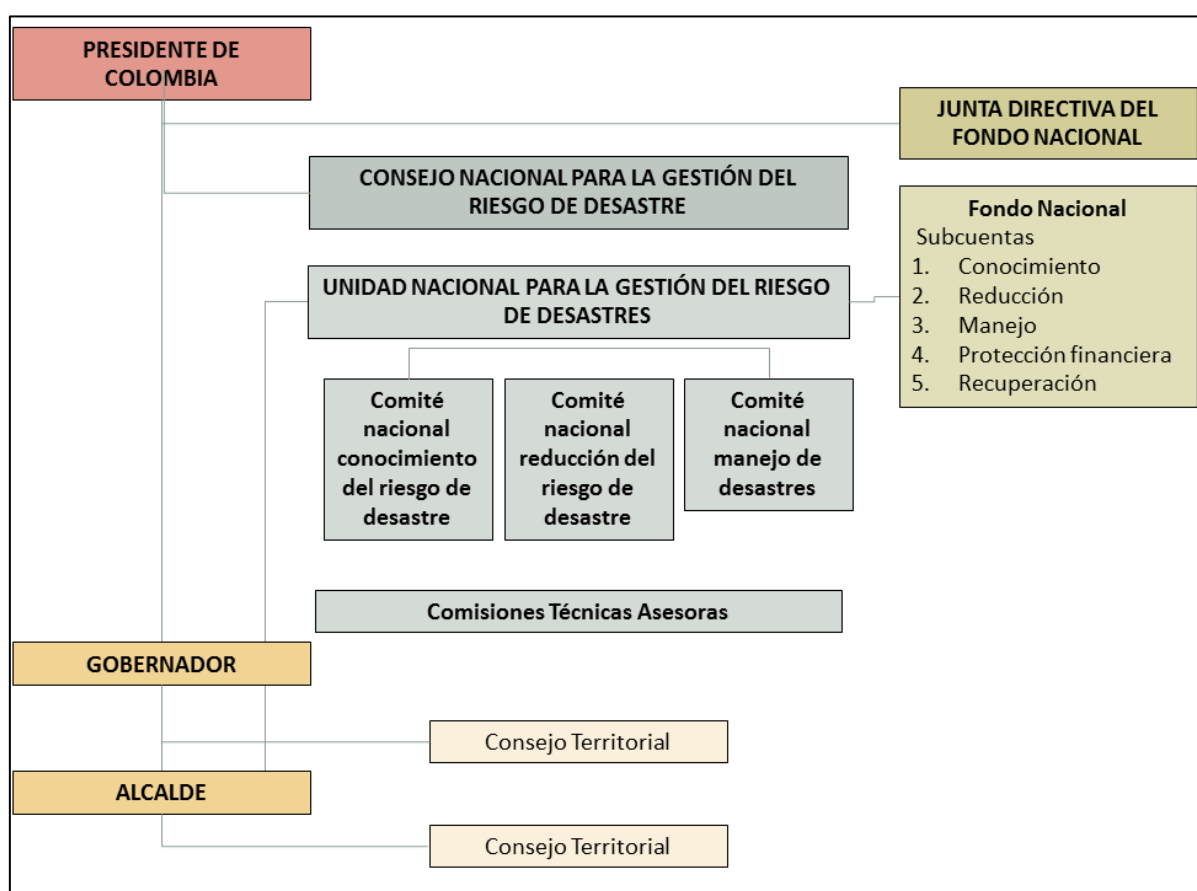


Figura 5-5. Estructura del SNGRD (UNGRD, 2010)

Las entidades de orientación y coordinación son:

- **El Consejo Nacional para la Gestión del Riesgo:** Presidente, Ministros, Director DNP, director de UNGRD
- **La Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres:** Anterior SNPAD

- **El Comité Nacional para el Conocimiento del Riesgo:** DNP, UNGRD, DANE, IGAC, INGEOMINAS, IDEAM, DIMAR, ASOCARS, Delegado de Federación de Departamentos, Delegado Federación de Municipios
- **El Comité Nacional para la Reducción del Riesgo:** UNGRD, DNP, Consejo Colombiano de Seguridad, ASOCARS, Delegado Federación de Municipios, FASECOLDA, Representante Universidades Publicas, Representante Universidades Privadas
- **El Comité Nacional para el Manejo de Desastres:** UNGRD, DNP, Ejercito, Armada, Fuerza Aérea, Policía Nacional, Defensa Civil, Cruz Roja, Bomberos
- **Los Consejos Departamentales, Distritales y Municipales para la gestión del riesgo.** (CGRD): Gobernador o Alcalde, Representantes de: oficina de GRD, CARS, Defensa Civil, Bomberos, Cruz Roja, Policía, Secretario de despacho departamental o municipal.

El SNGRD re-estructura al SNPAD pasando de comités enfocados en prevención y atención de desastres, a organizaciones que atiendan cada etapa de la gestión del riesgo, también se observa un cambio en el fondo financiero y en la responsabilidad que asumen gobernadores y alcaldes, sin embargo este esquema presentado no incluye la participación de las comunidades en las decisiones en cuanto a la gestión del riesgo. El SNGRD, se apoya en la estructura existente de comisiones asesoras pero, en adelante serán transversales a todos los ejes de gestión. Queda pendiente la forma como el Plan Nacional definirá el manejo de temas de interés, tales como, las amenazas hidrometeorológicas, en especial las inundaciones, y sí tendrá el protagonismo que reclama en la gestión del riesgo.

5.4 FONDOS DE FINANCIACION PARA LA GESTION DEL RIESGO DE INUNDACIONES EN COLOMBIA

5.4.1 Costos de los desastres

Los daños ocasionados por los desastres tienen una tendencia creciente en los últimos 30 años (Figura 5-6). El desastre del sismo sobre el Eje cafetero ha sido el de más

impacto sobre el PIB⁴⁰. Por otro lado, la temporada de lluvias de 2010/2011 ha sido la más crítica en la historia por los daños y afectados, pero el impulso de sectores económicos como la minería, el comercio y sector productivo controlaron los efectos sobre el Producto Interno Bruto, ajustando las pérdidas al 1%⁴¹ en el 2010. Por último, las inundaciones y deslizamientos de las temporadas de lluvias que hacen parte de los desastres menores, de forma acumulada han tenido un impacto incluso mayor que el sismo del eje cafetero (2.2% del PIB del año 2000), por lo que no se puede negar costos para el desarrollo del país.

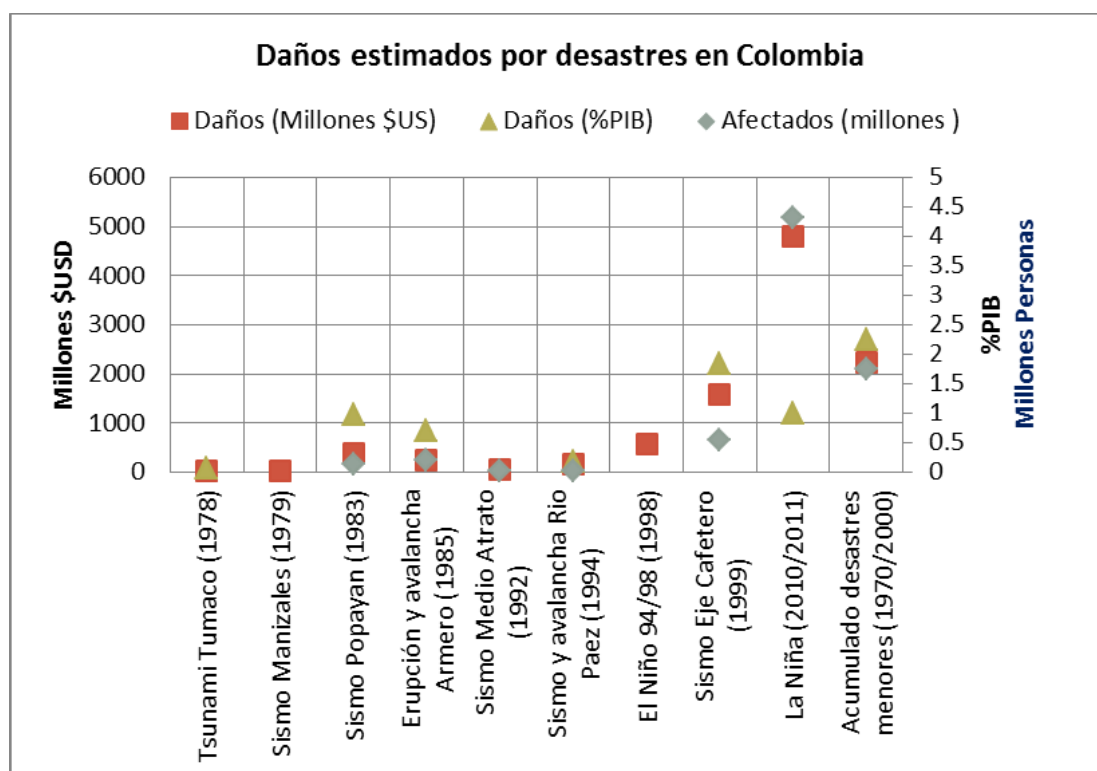


Figura 5-6. Daños estimados por Desastres socio naturales Adaptado de (Cardona, et al., 2007)

5.4.2 Inversión en Gestión del Riesgo

La financiación de las políticas de gestión del riesgo, se realiza a partir presupuestos propios o contribuciones nacionales establecidas en el PND, incluyendo donaciones, créditos y cooperación internacional. También funcionan otros instrumentos como, bonos, fondos y seguros.

⁴⁰ Algunos estudios indican que atrasó el desarrollo de la región afectada (CEPAL)

⁴¹ Otras publicaciones indican que las pérdidas se verán reflejadas en el 2.4% del PIB hasta el 2014 (Semana.com)

El SNAPD, depende del **Fondo Nacional de Calamidades** como principal fuente de financiación de proyectos orientados a reducción, atención y recuperación de sectores de población afectados por emergencias. El FNC también ha sido utilizado para la atención a la población desplazada⁴², en la década del 2000.

Los recursos asignados por el estado muestran una fuerte variabilidad, sobre todo en la década de 1990, se puede considerar que la tendencia del estado ha sido una asignación decreciente y en todo caso por debajo del 0,5 % del Gasto Total Nacional, con inyecciones de capital cuando se presentan grandes desastres (Figura 5-7), si tenemos en cuenta que las tendencias globales muestran un incremento en el número e intensidad de los desastres cada año, podríamos concluir que la política aplicada es demasiado optimista o no considera estos estudios.

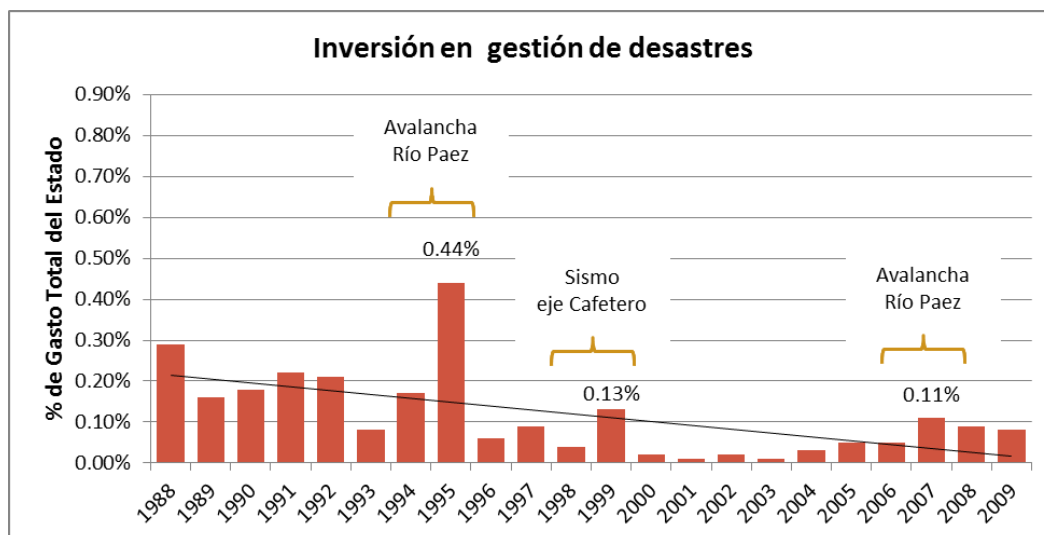


Figura 5-7. Evolución de los ingresos del FNC como % de los ingresos de la Nación. Adaptado de (Martín, et al., 2011) & (Cardona, et al., 2007)

Entre los años 2000 y 2003, Los recursos para atención, recuperación y rehabilitación decrecen fuertemente (Figura 5-8). Esto puede deberse a la finalización del programa para la recuperación por el sismo del eje cafetero en 1999. La tendencia de inversión es variable en el tiempo pero, muestra un leve crecimiento en las políticas de preparación, prevención y mitigación; y se mantiene constante en la gestión del conocimiento.

⁴² La situación de Conflicto Armado en Colombia ha dejado entre 3.2 y 5.2 millones de personas desplazadas al año 2010.

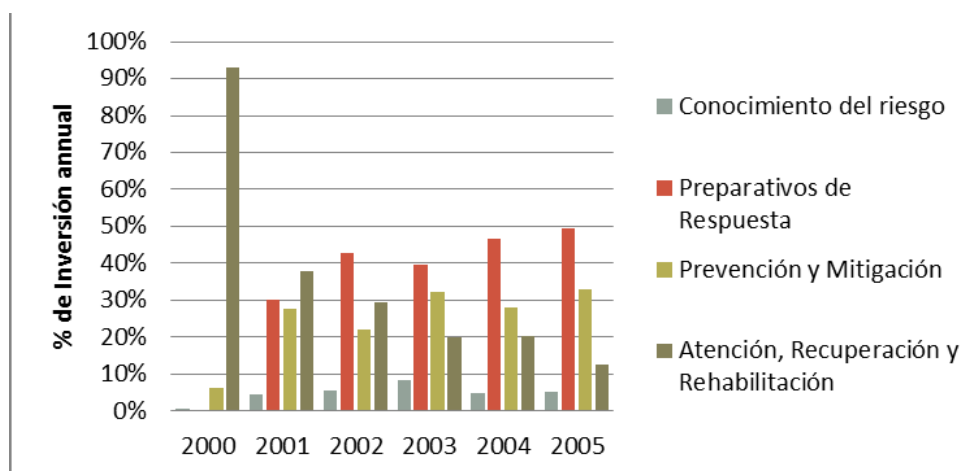


Figura 5-8. Distribución de recursos para gestión del riesgo según políticas sectoriales en Colombia. Adaptado de (Cardona, et al., 2007).

Del año 2005 al 2009 la inversión en gestión del riesgo superó \$1,8 billones USD (Aunque nunca superó el 0,2% del gasto total nacional). De dicha inversión, el 51,5% fue destinado a reducir las condiciones de riesgo, el 45,4% al manejo de desastres, el 2,7% a la identificación del riesgo y el 0,4% a la gobernabilidad y protección financiera (Costa, 2009). Sin embargo, mientras en Colombia, los ciudadanos más ricos reciben del gobierno transferencias en forma de gasto tributario del orden de 3,52% del PIB, los recursos destinados para atender las pérdidas de ingreso y riqueza de las personas más pobres -quienes sufren directamente los eventos de la naturaleza-, acumulados para un periodo de 9 años, apenas llegan al 0,05% del PIB (Figura 5-9) (Martín, et al., 2011), la situación es peor si tenemos en cuenta que el acumulado de desastres menores en 30 años han generado pérdidas hasta del 2,2% del PIB, mostrando que hasta el momento la inversión es suficiente para disminuir la vulnerabilidad frente al riesgo de inundaciones.

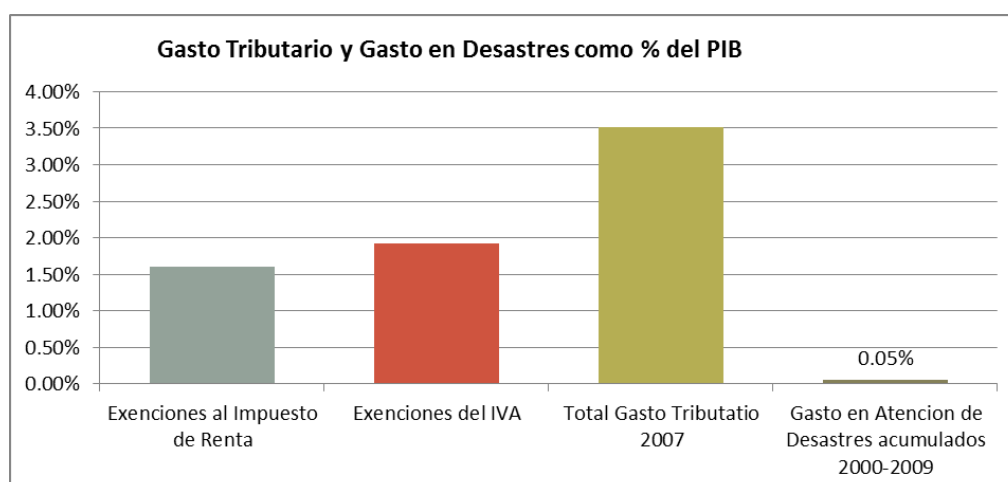


Figura 5-9. Gasto tributario y gasto en atención de desastres acumulado como % del PIB de Colombia. Adaptado de (Martín, et al., 2011).

Otros fondos para actividades afines a la gestión del riesgo de desastres son el **Fondo Nacional Ambiental, FONAM, el Fondo Nacional de Regalías, FNR y el Fondo Financiero de Proyectos de Desarrollo FONADE** (Vasquez, 2006). Bogotá estableció el **Fondo de Prevención y Administración de Emergencias de Bogotá (FOPAE)** que es mucho más grande en tamaño que el FNC y recibe \$ 4.000-5.000 millones de pesos colombianos al año. Es este último, en su momento, transfirió recursos al FOREC para la emergencia del eje cafetero en 1.999.

Cuando se han presentado grandes desastres el Estado a creado **fondos especiales de emergencias** con el objetivo de favorecer el giro directo y oportuno de recursos como son el caso del **RESURGIR** (Desastre d Armero, 1985), **Corporación Nasa Kiwe** (Desastre de Páez, 1994), **FOREC** (Desastre Eje Cafetero, 1999), **Fondo de Adaptación/Colombia Humanitaria** (Desastre Lluvias 2010), la intención a resultado positiva en algunos casos, pero ha desacreditado la capacidad del SNPAD para gestionar la emergencia y la posterior recuperación; además no permite que la experiencia adquirida fortalezca el sistema nacional ya que una vez superada la emergencia los fondos temporales son desarticulados, perdiéndose la capacidad de gestión y el conocimiento adquirido.

La propuesta actual del Estado para cambiar la situación a un modelo mas adecuado, donde la comunidad determine y actué sobre la adaptación y disminución de los riesgos e impactos ambientales en su entorno, es un sistema de transferencias basado en contratos con pago por resultado, eliminando los anticipos y con mecanismos de promoción hacia la eficiencia en los proyectos.

El actual Fondo Nacional de Calamidades se convierte en **Fondo Nacional de Gestión del Riesgo** con sub-cuentas específicas para: (i) Conocimiento del Riesgo, (ii) Reducción del Riesgo, (iii) Manejo de Desastres, (iv) Recuperación y (v) Protección Financiera. Continúa su administración por parte de la **Fiduciaria La Previsora**. Es importante resaltar que la nueva política aumenta la inversión para GRD, en adelante el Fondo Nacional para cada vigencia fiscal contará con una apropiación no inferior al 0,9% de los gastos corrientes del Gobierno Nacional (sin incluir los gastos de inversión).

La descentralización dio acceso al nivel local a los **Fondos Nacionales de Financiación**, también amplió **las transferencias de recursos** a las localidades. Sin embargo, no se

establecieron mecanismos eficientes de control para determinar la eficacia de los proyectos ejecutados, el cumplimiento de los municipios y gobernaciones con los objetivos de inversión pactados. Debido a lo anterior, los resultados no tuvieron efectos positivos en equidad, mejora de la calidad de vida y disminución de la vulnerabilidad. Por el contrario, se sigue observando un bajo desempeño fiscal y problemas de desperdicio de recursos y corrupción; como ejemplos quedan los múltiples escándalos por el manejo de las regalías, o el manejo de las donaciones y dotaciones para los afectados por la emergencia por las inundaciones del 2010-2011.

5.5 COMENTARIOS SOBRE EL SISTEMA INSTITUCIONAL, LEGAL Y FINANCIERO PARA LA GESTIÓN DEL RIESGO DE INUNDACIONES EN COLOMBIA

5.5.1 Sobre la legislación nacional

En la política pública sobre la gestión de riesgos en Colombia se tiene claro que es fundamental mejorar el conocimiento del riesgo, desarrollar un sistema integrado de información y consolidar las redes de monitoreo y alerta (Cardona, et al., 2007). En los últimos 10 años se presenta una transformación en el eje conceptual de reacción ante desastres pasando a la mitigación de riesgos, vulnerabilidades y a la protección fiscal del estado y el fortalecimiento de los Fondos Nacionales para mejorar la gestión del riesgo.

En la última década, el Estado ha formulado varios instrumentos legislativos en torno a la gestión del riesgo de desastres, la gestión integral de los recursos hídricos y el ordenamiento territorial; sin embargo, la amplia normativa establecida no cuenta con la integralidad necesaria para su aplicación. Un aspecto a fortalecer en la gestión del riesgo en Colombia, es la vinculación entre las políticas de orden nacional y los entes territoriales (departamentales y municipales). En muchos casos éstas no se formulan con metodologías, recursos y formas de seguimiento que permitan su exitosa aplicación.

La vulnerabilidad de la población y los factores socio-económicos, inciden fuertemente en las estrategias para la gestión del riesgo. La opinión pública tiene gran incidencia en la decisión del Estado de revisar o proponer legislación, por lo tanto en periodos de gobierno con menores afectados por los desastres, se observa menos actividad en la generación de instrumentos legislativos.

La transitoriedad de las políticas, lleva al desarrollo de medidas de corto plazo y de poca profundidad para transformar las condiciones locales y regionales frente al riesgo. Además las limitaciones presupuestales y la eficiencia fiscal de los municipios afectan los tiempos de planeación, licitación y ejecución de programas y proyectos. Esto convierte las medidas a emprender en proyectos individuales y sectoriales, alejados de la visión sistémica de los problemas asociados al riesgo de inundaciones.

Las directrices tienen una deficiencia general en relación a la evaluación del riesgo, ya que falta un marco instrumental metodológico adecuado para cada nivel: nacional, regional y local. Al respecto el Plan Nacional de Desarrollo del 2010 contempla el desarrollo de metodologías a pequeña escala para realizar los mapas de amenazas y riesgos a nivel local y la Ley Plan Nacional de GRD, deberá promover la política nacional para la GRD y la estrategia para la atención de emergencias, entre otros.

La declaratoria de “estados de emergencia y calamidad” tiene una doble implicación en el país. Por una parte permiten una rápida actuación del Estado para movilizar recursos y conformar equipos especiales para la atención de catástrofes. Sin embargo, y teniendo en cuenta que esta medida permite la movilización de recursos y la contratación directa por parte del Estado y de las municipalidades, puede generar una seria vulnerabilidad sobre los recursos económicos ya que muchas veces la superposición de roles institucionales deja brechas para la desviación de recursos, la asignación ineficiente de contratos y generan la paulatina pérdida de credibilidad sobre la labor institucional ante emergencias y desastres.

La legislación y las políticas de gestión de los recursos hídricos tuvieron un periodo de 20 años de poco desarrollo (1980 - 2000). Sin embargo, en el último decenio ha empezado la formulación de marcos legales hacia una visión más integral sobre el manejo del agua. El problema no es la cantidad de recursos legales existentes y su pertinencia, la cuestión radica en la debilidad para integrarlas entre temas de interés y entre instituciones para cumplir con la protección de los recursos naturales; y la activa y continua aplicación de la ley.

Aunque en las políticas de descentralización, se observa una línea jerárquica vertical y centralizada y una vulnerabilidad en la dirección de las diferentes corporaciones

autónomas por la política electoral, que permiten un trabajo descoordinado entre el MAVDT y las regiones., a nivel local no existe voluntad política para la idoneidad técnica y administrativa en la ejecución de las responsabilidades ambientales. Un tercer aspecto importante que dificulta la aplicación de la ley, es la situación de orden público en el área rural y en los pequeños municipios, donde no es posible garantizar la gobernabilidad ni el control eficaz sobre aspectos fundamentales como la deforestación, la minería, los cultivos ilícitos y el desplazamiento de personas, entre otros.

El marco político sobre el ordenamiento del territorio ha mostrado avances importantes, no solo en los aspectos metodológicos sobre el manejo de cuencas y los planes de ordenamiento territorial de los municipios, en la determinación de zonas de riesgo, sino en la titulación de tierras y la designación de los usos del suelo en todo el territorio nacional. Nuevamente en este caso las limitaciones están asociadas a la efectiva aplicación de la ley en áreas con problemas de orden público, las voluntades políticas y los intereses particulares que pueden afectar la adecuada ordenación del territorio en los municipios y la continuidad de los programas de Estado, durante las transiciones del poder ejecutivo.

Existen normas claras para disminuir la vulnerabilidad física de los centros urbanos frente a riesgos y amenazas naturales. Sin embargo, la aplicación de la ley es mas frecuente en las ciudades capitales que en los pequeños municipios y en áreas rurales, ya que el estado no ejerce un control total sobre el territorio y hay falencias en los procesos de titulación de tierras, por tal razón es difícil establecer responsabilidades y asignar ayudas para la reparación de zonas afectadas.

Los procesos de desplazamiento de personas hacia los centros urbanos no permiten el crecimiento planificado, controlado y legal en las ciudades. La vulnerabilidad social se incrementa ya que día a día, hay intentos por ocupar áreas restringidas al desarrollo urbano. Por esto, las instituciones tienen la encrucijada de legalizar áreas ya desarrolladas en zonas de riesgo o por fuera de los límites de cobertura de servicios y en este caso, deben plantearse métodos no convencionales para la gestión del riesgo y de múltiples riesgos.

La falta de estudios específicos sobre las vulnerabilidades y amenazas y los mapas de riesgo se enfrentan a las necesidades de expansión de las ciudades, que permiten el crecimiento en sectores que después son declarados inadecuados.

5.5.2 Sobre el sistema institucional

Las modificaciones a las instituciones e instrumentos, están asociadas a los planes de desarrollo de los diferentes gobiernos y a la ocurrencia de grandes desastres. Un ejemplo de esto, es la nueva política de 2012 aún en desarrollo, se encamina en la gestión del riesgo de desastres con el enfoque de procesos, y se formula ante el desastre por la temporada de lluvias de 2010 y los fallos institucionales evidenciados en la nula capacidad de control de las inundaciones y en la atención de la emergencia.

Hasta el año 2010 el enfoque de las acciones cae sobre la atención de emergencias y no sobre los procesos de adaptación y disminución de la vulnerabilidad frente a amenazas naturales y mucho menos hacia riesgos complejos. Es decir continúan llevando a cabo acciones reactivas por sobre las preventivas. La nueva política de estado propone una gestión basada en tres ejes de gestión: el conocimiento, la reducción y el manejo de desastres; haciendo de la atención de emergencias una parte de la gestión y no el todo.

Aunque el nivel local tiene la máxima responsabilidad frente a los desastres y la Constitución Política de 1991 promueve la descentralización, sigue actuando un modelo de Estado centralista en lo administrativo. **Los incrementos en las transferencias de recursos del Estado a los niveles regional y local, han tenido poco impacto positivo en el aumento en la equidad y en la reducción de la vulnerabilidad social y la pobreza,** (Cardona, et al., 2007); y mucho menos, en reducir el impacto de las inundaciones y otros eventos hidrometeorológicos que continúan desencadenando los desastres socio-naturales. No se puede negar que hay avances en la gestión del riesgo y que las acciones positivas bien sean puntuales o por periodos de tiempo, han dependido, del nivel de compromiso con el tema, de los gobiernos en cada nivel.

Los gobiernos locales ignoran su papel en la gestión ambiental y en la prevención y adaptación frente al riesgo. Así, los municipios y regiones siguen pensando que la

responsabilidad administrativa recae en Bogotá y no tienen las reservas de recursos económicos, no hay formulación de proyectos de gestión del riesgo; y tampoco tiene la fuerza técnica y estructural para realizar eficazmente las acciones necesarias (Cardona, et al., 2007); más aún, si se tiene en cuenta la frecuente rotación de personal experto en las alcaldías, gobernaciones y corporaciones autónomas

El anterior sistema institucional no mostraba una conexión clara entre las instituciones que poseen el conocimiento sobre el manejo de las inundaciones (Asesores) y las entidades encargadas de garantizar los recursos presupuestales para llevar dichos planes a cabo (Alcaldías y Gobernaciones, FNC). Tal y como estaban estructurados los comités del SNPAD, se presentaba una superposición de responsabilidades en la toma de decisiones; situación que puede terminar generando una dilución de la acción principal a emprender, en la asignación poco eficiente de los recursos económicos, humanos y materiales, así como, un mal manejo y difusión de la información (Paris, et al., 2007).

El SNAPD no muestra de forma clara la responsabilidad institucional en la recuperación posterior a la emergencia; hasta el momento la directriz es la formación instituciones temporales (Fondos financieros), para la recuperación de las localidades, la transitoriedad de los gobernantes y los cambios de asesores y especialistas en las instituciones por afiliaciones político/administrativas, genera la pérdida de la experiencia adquirida, dificulta la transferencia de conocimientos y el trabajo en red entre instituciones. Esto puede mejorarse con una estrategia metodológica para la sistematización de información, la comunicación y la formación de capacidades en las instituciones permanentes del SNPAD.

5.5.3 Sobre los Fondos Financieros para la Gestión del riesgo de Inundaciones

En la última década, la situación de despilfarro, corrupción e ineficiencia, que impidió la participación ciudadana y el manejo local adecuado de los problemas, promovió el retroceso del modelo de Estado hacia el centralismo. Este cambio se debió no solo a una voluntad política del poder Ejecutivo, sino también a la modernización del gobierno en los sistemas de información, que permiten monitorear, (en el papel o en la pantalla), desde

la capital lo que sucede a nivel local. No obstante, la falta de presencia real y física en las pequeñas localidades, aleja todavía mas a las poblaciones del desarrollo pretendido.

Los desastres socio-naturales afectan la economía nacional notoriamente, la acumulación de los daños ocasionados por desastres menores en los últimos 40 años ha generado pérdidas del 2,2% del PIB. Sin embargo las políticas del Estado para la gestión del riesgo no garantiza los montos necesarios para la recuperación de la población más pobre y en los últimos 10 años dicho presupuesto solo alcanza el 0,5% del Producto Interno Bruto. Es importante reconocer la iniciativa de garantizar en adelante al menos 0,9% de los Gastos totales nacionales para la reserva de recursos de atención de desastres, es de esperar que también se fortalezca la creación de fondos a nivel regional y local para atender emergencias frecuentes como las inundaciones.

Hasta el momento no se había presentado un desastre con tan alta demanda de recursos del Estado como la temporada de lluvias intensas 2010/2011 que de todo el presupuesto de la Nación aprobado (4,5 billones de pesos) solo el 19% estaba disponible durante la emergencia. Hasta el momento la inversión en la atención y mitigación de daños asciende a 7,1 billones de Pesos (Colombia Humanitaria, 2011).

El nuevo sistema de GRD propone un comité asesor transversal a los pilares digestión que debe facilitar la articulación entre instituciones, el fondo de financiación también distribuirá mayores recursos en cuentas específicas pero; quedan por fuera de la estructura la participación de las comunidades en la gestión del riesgo, la asesoría Técnica se queda en el nivel central de decisión, cuando debería afectar a todos los niveles de gobierno y promover la creación de fondos para desastres frecuentes a nivel regional y local y mantiene la aprobación de actuaciones centralizada.

CAPÍTULO 6

INUNDACIONES EN COLOMBIA Y DESASTRES SOCIO-NATURALES

6 INUNDACIONES Y DESASTRES SOCIO-NATURALES EN COLOMBIA

En Colombia el entendimiento de la dinámica particular del ciclo hidrológico, la fisiografía y los patrones de asentamiento humano que hemos desarrollado históricamente, se vuelve fundamental para la formulación de estrategias de prevención y gestión del riesgo de inundaciones. Este capítulo recopila información general sobre los desastres socio naturales en el mundo, en especial aquellos asociados con el agua, posteriormente describe las principales características del país y los efectos de las temporadas de lluvias de 2010 y 2011. Finalmente, para tratar de exponer aquellos factores que inciden la ocurrencia de desastres por inundaciones.

6.1 DESASTRES POR INUNDACIONES A NIVEL MUNDIAL

Las tendencias a nivel global, muestran como con el paso del tiempo la cantidad de desastres socio-naturales continúa en aumento y lo severo de los desastres de la última década. Aunque en promedio número de víctimas mortales se mantuvo casi constante en la década de los noventa, en los últimos años se reporta un alto número de víctimas, sobre todo en países en desarrollo, (Figura 6-1). Esto puede deberse, al incremento de la población, a la urbanización en áreas con riesgo de desastres y al mayor acceso a información sobre los eventos, aún en lugares remotos.

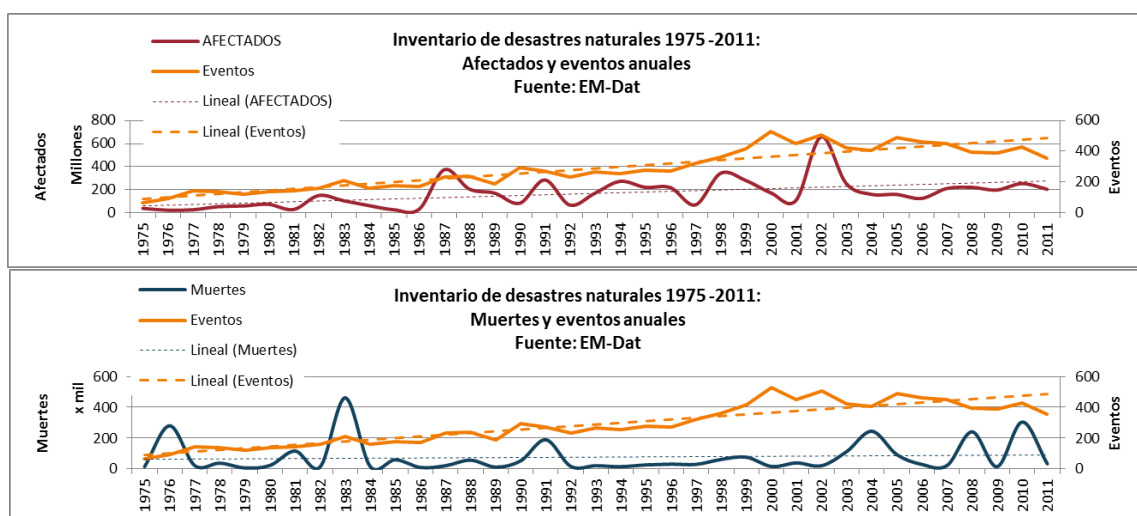


Figura 6-1. Resumen de desastres socio-naturales a nivel mundial 1975 – 2010, total anual de eventos, afectados y muertes (interpolación lineal y líneas suavizadas). EM-DAT

Al clasificar la información por tipo de desastre destacan los de tipo hidrometeorológicos (77%) y de estos el 42% corresponde a inundaciones (Figura 6-2).

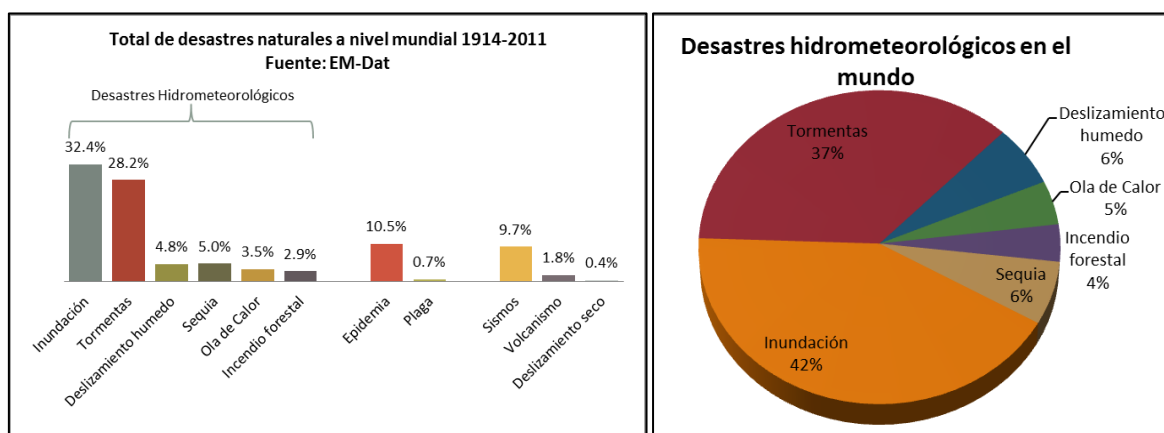


Figura 6-2. Total de eventos por tipo de desastre socio naturales 1910 - 2010. EM-DAT

6.2 AREAS INUNDABLES EN COLOMBIA

Las zonas en Colombia con más riesgos de inundaciones son los Llanos Orientales, las llanuras de los ríos Magdalena y Cauca, la región del Caribe y el departamento del Chocó, (afectado por su cercanía a la Costa del Pacífico donde la precipitación media anual supera los 9.000 mm y la cordillera de los Andes, constituye una barrera que retiene las nubes que se forman en el océano y evita que se trasladen hacia el interior del país). En la llanura del Pacífico, además se presentan inundaciones por efecto de las mareas altas que produce represamiento de los ríos que drenan hacia el Pacífico y hace que se desborden hacia áreas más bajas y planas (Vasquez, 2006).

La Figura 6-3, muestra el total del territorio inundable en un año normal en comparación con las inundaciones provocadas bajo el efecto del fenómeno de La Niña en el 2011, apreciándose incrementos en las áreas inundables, de la costa pacífica, el macizo colombiano, la región oriental y la costa caribe.

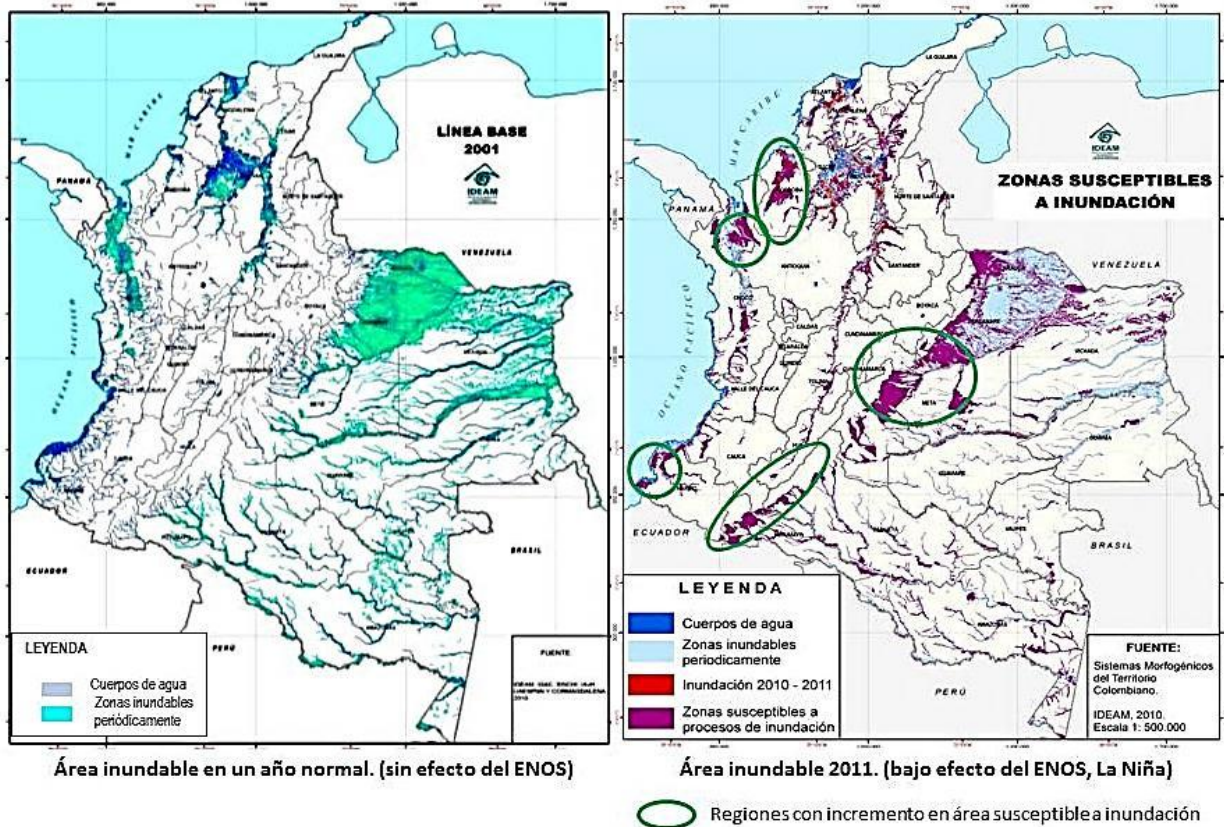


Figura 6-3. Zonas susceptibles a inundaciones periódicas en condiciones normales⁴³

Las inundaciones en el país coinciden con la temporada de lluvias, y se dan por regiones según el régimen bimodal o mono modal de precipitación, así: en el periodo MAMJ y SON se presentan en las regiones Andina y Caribe, el régimen mono modal Enero a Octubre se presentan en la región pacífica, y en los llanos Orientales y la Amazonia las lluvias van de Marzo a Julio y nuevamente en Octubre.

6.3 40 AÑOS DE INUNDACIONES

A continuación se presenta un análisis de información sobre desastres por inundaciones y avenidas torrenciales. La información histórica de pérdidas por desastres en Colombia es suministrada por el programa DesInventar⁴⁴ y la base de datos de desastres EM-DAT⁴⁵, (Emergency Events Data Base). La mayoría de información se concentra en las

⁴³ Se considera normal a la ausencia de efectos de variabilidad climática por el fenómeno ENOS.

⁴⁴ DesInventar es el Sistema de Inventario de Desastres de América Latina. Creado en 1994 por LA RED (Red de estudios sociales en prevención de desastres de América Latina), Corporación OSSO y EIRD. (Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres de la ONU).

⁴⁵ Em-Dat es la Base de datos mundial sobre desastres creada en 1988 por la OMS y el CRED -Centro de investigación en epidemiología y desastres de Bélgica.

regiones Andina, Pacífica y Atlántica, en las cuales habita la mayoría de la población y la infraestructura económica. Los municipios con mayor cantidad de reportes son Cali, Medellín, Barranquilla y Bogotá. La información sistematizada en el periodo 1970 -2011, se obtiene a partir de datos oficiales, notas hemerográficas, informes técnicos sobre desastres, etc. (Desinventar.org)

Teniendo en cuenta que la superficie periódicamente inundable es de 10,7 millones de ha, equivalen al 9,2% del territorio (IGAC, et al., 2011), es de prever que los desastres más frecuentes y de mayor impacto económico sean las inundaciones. La alta recurrencia y la vulnerabilidad de la población inciden para que este tipo de desastres genere el mayor número de personas afectadas⁴⁶, la cifra total supera los 14 millones de personas en 40 años (Figura 6-4). No obstante el vulcanismo es el evento que más víctimas mortales ha generado (Armero, 1984; Popayán, 1985; Armenia, 1998).

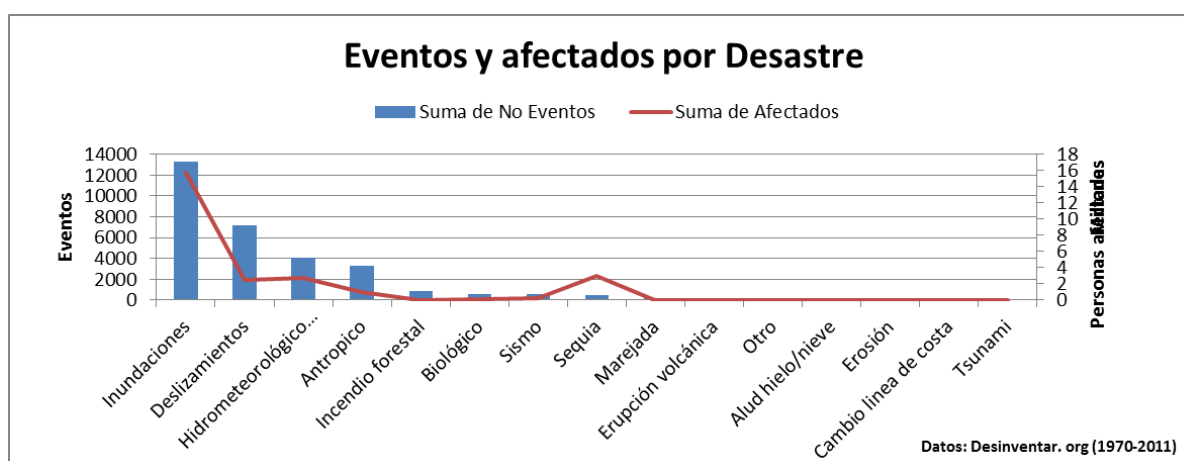


Figura 6-4. Total de afectados por desastres socio-naturales (Online.DesInventar.org, 2012).

La información sobre desastres naturales en el periodo 1970-2009 representa el 91% del total de la base de datos DesInventar y la evaluación de los efectos de las inundaciones en este periodo, se basa en un promedio de 600 reportes. La curva de personas afectadas muestra picos en 1971, 1984, 1988, 1999 y 2010 que coinciden

⁴⁶ Afectados: personas que sufren efectos indirectos o secundarios. Diferentes a damnificados, que sufren efectos secundarios como deficiencias en la prestación de servicios públicos, comercio, trabajo, aislamiento, etc. (Definición de OCHA y N.U.). Damnificados: personas que han sufrido grave daño directamente asociado al evento, pérdida parcial o total de (bienes, cultivos, animales, etc.) y/o la desaparición, lesión, o muerte de familiares o miembros del hogar (Definición de OCHA y N.U.).

con el fenómeno La Niña (Figura 6-5). Esta información establece la relación entre la variabilidad climática y la probabilidad de ocurrencia de desastres por inundaciones, y muestra la necesidad incluir la gestión integrada del riesgo en este tema dentro de los planes de desarrollo territorial. Otro aspecto ya mencionado, es el aumento anual en la cantidad de eventos y afectados, situación que coincide con las tendencias a nivel global.

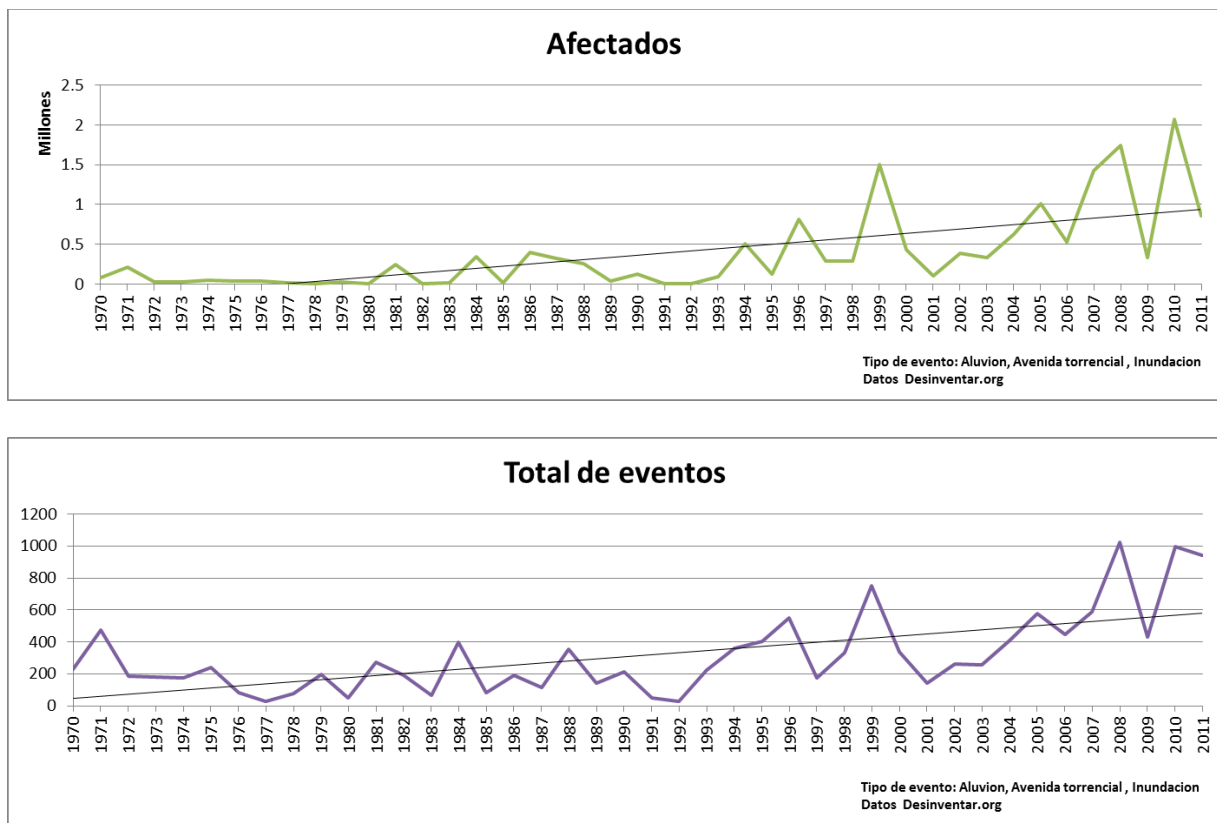


Figura 6-5. Evolución de inundaciones y personas afectadas entre 1970 y 2011.
(Desinventar.org)

Se observa que los periodos críticos de inundación corresponden con el régimen bimodal de lluvias que afecta a la mayoría del país, con picos en los meses abril - mayo y octubre noviembre sobre las curvas de total de eventos y personas afectadas. Un tercer pico de afectación se presenta en el mes de julio, debido posiblemente a la suma de efecto de fenómeno de La Niña y la temporada de ciclones tropicales en la costa Caribe (Figura 6-6).

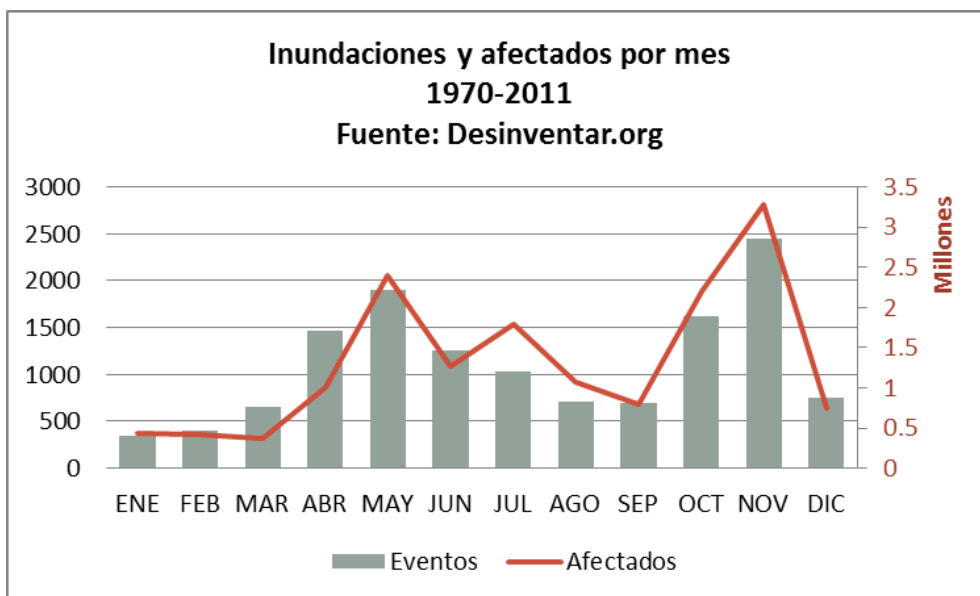


Figura 6-6. Distribución mensual de Inundaciones y afectados. Periodo 1970-2011 (desinventar.org)

La mortalidad asociada a avenidas torrenciales e inundaciones que ocurren durante las temporadas de lluvias que afectan a Colombia, muestra una tendencia decreciente, posiblemente debida a un mejor entendimiento y respuesta actitudinal sobre la amenaza de inundación del entorno, a una mejor actuación de los organismos de socorro, prevención y atención de emergencias y al mayor y mejor acceso a información sobre alertas, prevención y respuesta frente a emergencias divulgadas por los medios (Figura 6-7). Por el contrario, se observa un incremento anual en el total de hectáreas de cultivo y viviendas destruidas, tal vez asociado al desarrollo urbano y a la explotación de las llanuras de inundación.

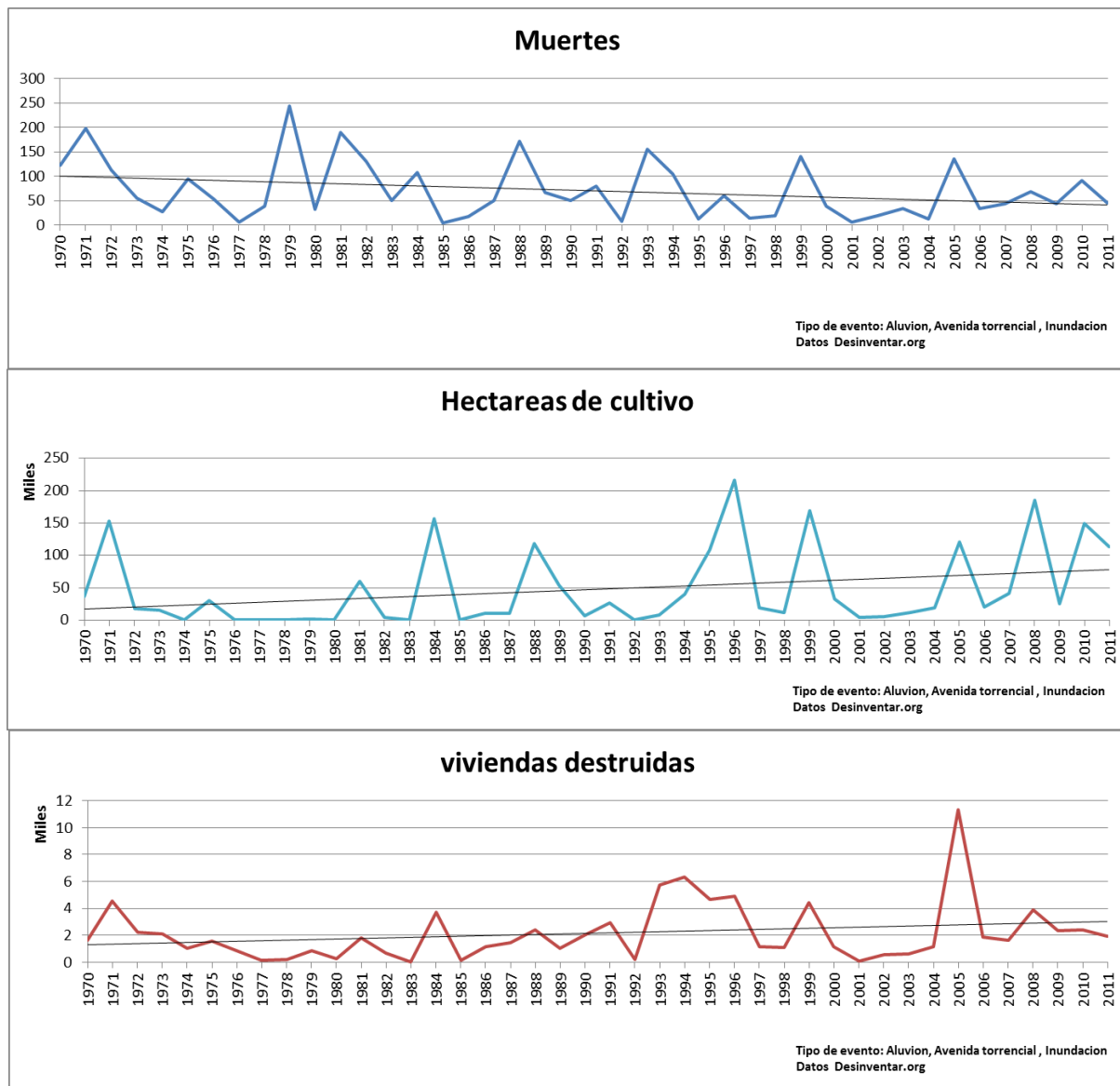


Figura 6-7. Efecto de las inundaciones en Colombia, Pérdidas de vidas, áreas de cultivo y viviendas, periodo 1970-2011. (EM-DAT. & DESINVENTAR)

6.4 ULTIMOS DESASTRES ASOCIADOS AL FENOMENO DE LA NIÑA

Se realizó una consulta sobre desastres por inundaciones durante Eventos La Niña fuerte en los últimos 25 años, mostrando las siguientes fechas y efectos:

1984: Fenómeno de La Niña. Más de 15 departamentos, 52 muertos, 25 mil familias sin techo, 100 mil hectáreas inundadas en el Valle⁴⁷, en el Bajo Cauca y en el Magdalena Medio y Bajo. Pérdidas por \$3 mil millones de pesos (Elespectador.com, 1984).

⁴⁷ ..."Una de las zonas más afectadas es el departamento del Valle de cauca con 10 mil familias han debido ser auxiliadas por la Cruz Roja y la Defensa Civil. Ni siquiera la propia capital, Cali, ha podido

1998-2000: Fenómeno de La Niña. Se vieron afectados por las inundaciones 24 departamentos (Bolívar, Nariño y Valle del Cauca los más afectados). Desafortunadamente hubo 155 fallecidos, 1,57 millones de afectados, 18,2 mil ha de bosques y cultivos inundados. Perdidas económicas estimadas en \$33,2 billones de pesos (DesInventar.org).

2007-2008: Fenómeno La Niña. 27 de 32 departamentos afectados por inundaciones, 225 muertes, 1,5 millones de personas damnificadas, 23 mil hectáreas anegadas y \$38,5 billones de pesos estimados en pérdidas. (Aguilar, et al., 2008). Cali con 2,2 millones de habitantes, padeció un incremento en las emergencias sanitarias a causa de las constantes suspensiones del servicio de abastecimiento de agua, producto del deterioro de la calidad del río Cauca y a un total de 126 cierres de la planta de potabilización de agua de Puerto Mallarino. (Sedano, et al., 2012).

6.5 DESASTRES POR LA TEMPORADA DE LLUVIAS 2010 – 2011

A continuación se presentan algunos datos sobre los daños provocados por las temporadas de lluvias 2010-2011 que se distribuyen en los periodos abril 2010 – junio 2011 y septiembre – diciembre 2011.

En total resultaron 5,48 millones de personas afectas y 691 personas fallecidas por diferentes desastres naturales, en su mayoría asociados a amenazas hidrometeorológicas. La mayor cantidad de víctimas mortales se deben a los deslizamientos de tierra por exceso de humedad de los suelos y las inundaciones son la que más población afectada dejan (Tabla 6-1). En total las inundaciones lentas y súbitas dejan 4,34 millones de personas afectadas (79% del total de afectados) y 203 fallecidas.

sustraerse a la furia de las aguas del Cauca y sus afluentes de la región. Aparte de ella, Yumbo, Palmira, Buga, Pradera, Sevilla, Cartago, Tuluá y Puerto Tejada, en el Cauca, han visto desaparecer barrios enteros en sus zonas más bajas”... (Elespectador.com, 1984)

Tabla 6-1. Temporada de lluvias I y II, 2010- 2011. Tipos de desastres, muertes y afectados.
 Adaptado de (SNPAD, 2010, 2011)

Tipo de desastre hidrometeorológico	Muertos	Personas afectadas
Inundaciones	203	4,336,532
Otros Hidrometeorológicos, (Tormenta eléctrica, Tornado, Vendaval, Marejada, Granizada, Helada, sequia, incendio forestal)	33	639,925
Deslizamiento (húmedo)	455	502,012
Erosión		3,130
Total	691	5,481,599

Los daños se calculan en 239 mil hectáreas de cultivos perdidos, 598 mil viviendas afectas, 725 sitios con daños en la infraestructura vial y una inversión para la atención de la emergencia por \$7,1 billones de pesos que representa el 1% del PIB (BanRepublica, 2011).

Tabla 6-2. Inundaciones 2010-2011, efectos sobre los bienes. Adaptado de SNPAD, 2010, 2011 & Colombia-Humanitaria, 2011.

Ítem de afectación	Valor
Vivienda afectada (un.)	598,630
Vivienda destruida (un.)	10,859
Hectáreas de cultivos y bosque	238,658
Kilómetros de vías	1,332
Inversión en atención (\$COP)	7.105.715.701.575

La distribución mensual de los 4,34 millones de personas afectadas (Figura 6-8), muestra varios picos con respecto al número de víctimas debido, al régimen de pluvial bimodal que predomina en el país. Se presenta también, un pico atípico en los meses de Julio - Agosto de 2010, debido probablemente al efecto del fenómeno de La Niña.

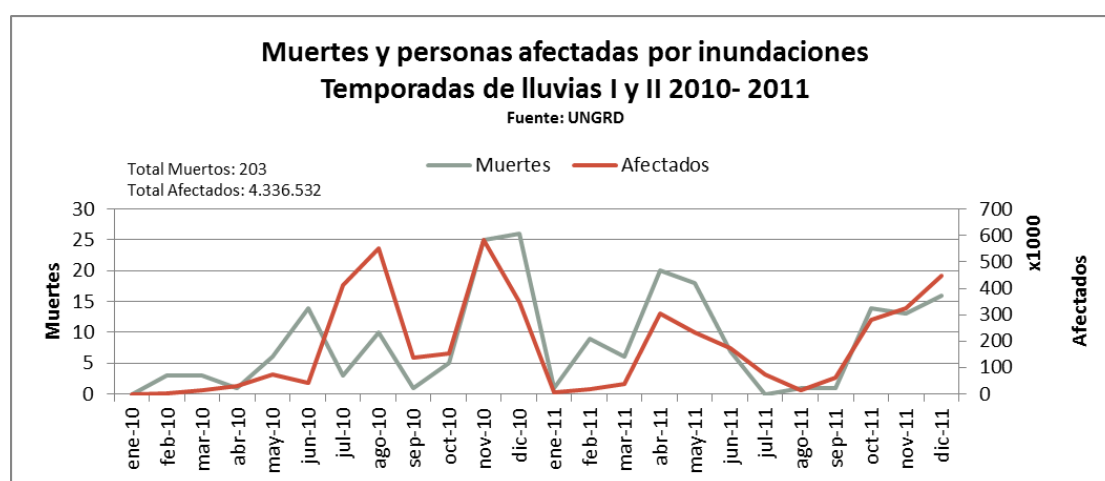


Figura 6-8. Personas afectadas y muertes ocasionadas por la temporada invernal abril 2010 - diciembre 2011. Adaptado de (Colombiassh.org, 2011a), (UNGRD, 2011), (SNPAD, 2011). (Mininterior, 2011)

Los departamentos más afectados por las inundaciones fueron: Bolívar, Magdalena, Choco, Cauca, Córdoba, Cesar, Sucre, Nariño, Atlántico y Valle del cauca. Sin embargo, las víctimas fatales se presentaron en su mayoría en Antioquia, Santander, Risaralda y Caldas, donde los deslizamientos de tierra tuvieron consecuencias catastróficas (Figura 6-9). Para ver más detalles sobre los efectos de las inundaciones en los diferentes departamentos.

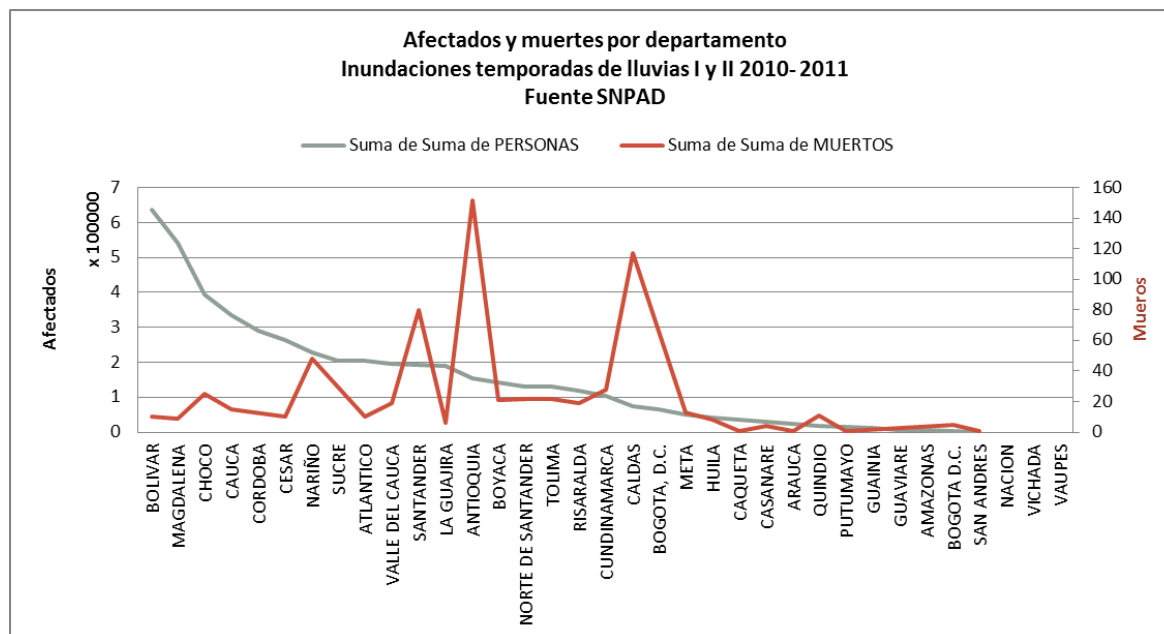


Figura 6-9. Distribución de afectados por departamentos. I y II Temporada de lluvias 2010 - 2011. Adaptado de (UNGRD, 2011), (SNPAD, 2011).

6.6 ¿A QUÉ SE DEBE QUE LAS INUNDACIONES DEL 2010 SE HALLAN CONVERTIDO EN UNA CATÁSTROFE?

A continuación se discuten algunos aspectos naturales y antrópicos que podrían explicar la magnitud del desastre presentado en Colombia durante los años 2010 y 2011. Teniendo en cuenta la importancia de encontrar en las causas del problema elementos que pueden ser incluidos en la gestión integrada del riesgo de inundaciones en el contexto colombiano.

6.6.1 Causa 1. El cambio climático y la variabilidad climática

Dentro de las explicaciones a la gravedad de las inundaciones, está el cambio climático que incrementa e intensifica los eventos hidrometeorológicos extremos, alterando la variabilidad climática típica. En Colombia las alteraciones e incremento en el régimen de lluvias son explicadas en buena parte por la VC interanual, relacionada con el fenómeno El Niño Oscilación del Sur - ENOS y sus fase frías, conocida como La Niña. Que ha sido causa de lluvias extraordinarias en diferentes regiones del país, ocasionando un efecto negativo sobre el medio físico natural, impacto social y económico de grandes proporciones (Wolansky, et al., 2003).

El evento La Niña 2010-2011, se ha clasificado de acuerdo al índice MEI⁴⁸ como uno de los 6 más severos desde 1950 y durante el periodo marzo-abril 2011 como el segundo más crítico en 51 años. [Wolter, K & Timlin, M.S (1993) (1998) (2011)]. El valor del MEI más extremo negativo, se presentó a lo largo del segundo semestre de 2010 y en enero-mayo 2011. Además, La Niña vuelve a manifestarse con fuerza en el trimestre Septiembre- noviembre/2011, (Figura 6-10).

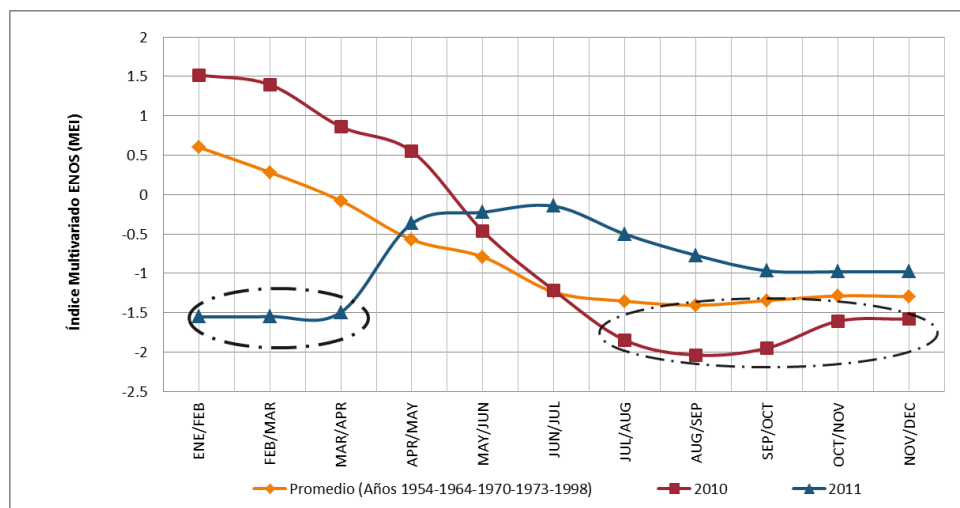


Figura 6-10. Promedio del MEI, para los últimos 5 eventos más fuertes de La Niña vs. Condiciones del MEI 2010/2011 Adaptado de Wolter, K., & M.S. Timlin ,2011 (Carvajal, et al., 2012).

⁴⁸ MEI (Multivariate ENSO Index). Índice océano - atmosférico implementado por agencias climáticas como la NOAA, para evaluar las anomalías de los registros hidroclimáticos como series de lluvias, caudales y niveles mensuales. El MEI se basa en 6 variables del Pacífico Tropical (Presión P, componentes de la superficie del viento zonal U, y meridional V, temperatura superficial del mar S, temperatura superficial del aire A, y fracción de nubosidad total del cielo C)

Teniendo en cuenta que los efectos sobre las precipitaciones en Colombia pueden desplazarse hasta un trimestre y que los efectos sobre los caudales máximos de los ríos se presentaran de acuerdo al régimen de lluvias del país (Poveda, 2002), es posible relacionar entonces el desastre presentado al fenómeno de La Niña. Al observar los picos de población afectada, los efectos más severos del fenómeno se vivieron en el segundo semestre de los años estudiados lo que corresponde con la tendencia de ocurrencia de La Niña y teniendo en cuenta que el MEI fue más extremo negativo se presento en el 2010, es durante este periodo que se reporta el mayor numero de personas afectadas. Además, en Julio/Agosto también hay incidencia de la temporada de ciclones tropicales en el Caribe lo que disparó aun más las cifras de afectados por el desastre (Figura 6-11).

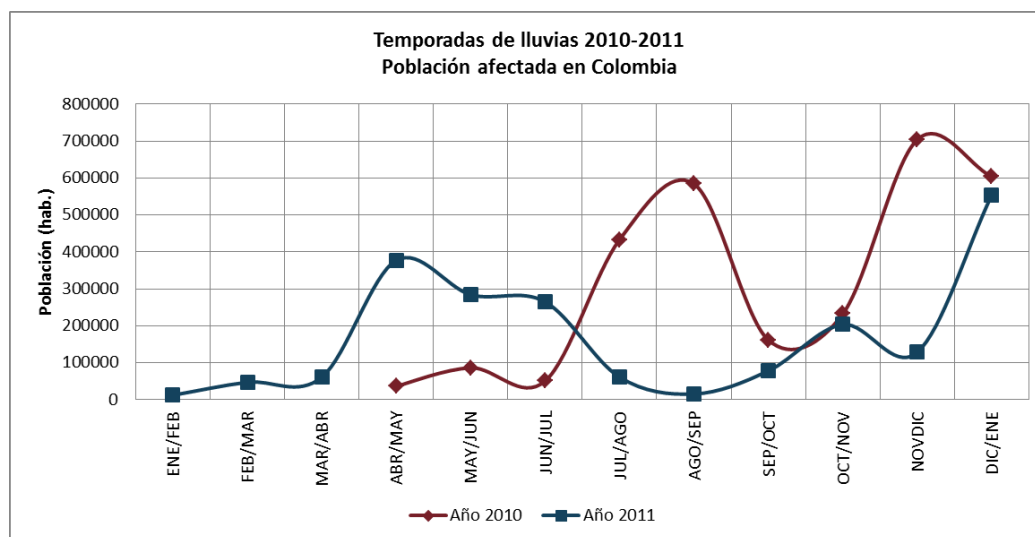


Figura 6-11. Personas afectadas por la temporada invernal abril 2010 – diciembre 2011, Adaptado de SNPAD, 2011 (Carvajal, et al., 2012).

Según el IDEAM (2010), los caudales máximos en los ríos Magdalena y Cauca se presentaron entre octubre y noviembre del 2010, sobre todo en la zona baja. Durante ese periodo se presentaron intensidades de lluvias para periodos de retorno entre 40 y 80 años. En el año 2011, nuevamente se alcanzan niveles máximos históricos en los ríos Magdalena y Cauca.

Si tenemos en cuenta que la VC tiene cierta periodicidad en el país, que La Niña, ha ocurrido en los últimos 60 años, con una frecuencia media de 7 años, (Carvajal-Escobar, 2011) y términos de eventos extremos se presentan en promedio cada 11 años, esperaríamos que la capacidad de adaptación aumentara y el total de afectados disminuyera con el tiempo. Sin embargo, al observar el grafico de histórico de afectados por inundaciones en Colombia, se encuentra que en promedio cada 3 años se presentan

inundaciones que dejan más de 500.000 personas afectadas y las tendencias son crecientes. Podemos inferir que la VC no es la principal causa del desastre 2010/2011, existen otros factores que asociados al olvido sobre el riesgo que representa el desarrollo de sociedades en zonas inundables o de fuerte pendiente, donde no se da la importancia necesaria a los procesos de preparación y atención de emergencias y a las instituciones encargadas de la gestión del riesgo de desastres en cuanto a los equipos de trabajo, presupuesto y la transitoriedad política.

6.6.2 Causa 2. Crecimiento demográfico y urbanización no planificada

El crecimiento demográfico y la urbanización descontrolada es otro aspecto que afecta el impacto de las inundaciones. En Colombia la urbanización descontrolada surge a partir de modelos de estado y de desarrollo que no se adaptan las condiciones de las regiones, a visiones que trataron de ignorar las migraciones hacia las ciudades que se vienen presentando desde los años 50, y a legislaciones equivocadas sobre el control del espacio público. Los nuevos pobladores, debido a su baja renta, forman barrios ocupando áreas públicas y zonas de alto riesgo de inundación o deslizamiento (Figura 6-12). En estos sectores hay baja cobertura de servicios de transporte, abastecimiento de agua potable, alcantarillado, drenaje de aguas lluvias, aseo, recolección de basuras y contaminación, todo esto además de las inundaciones frecuentes o los movimientos en masa en zonas de ladera (Tucci, et al., 2006).



Figura 6-12. Inundaciones en Juanchito, Barrio urbano-marginal de Cali, 2011. (Elpais.com.co)

La dificultad de acceso a ciertos sectores, la ausencia de instituciones del estado, la falta de seguridad y la violencia, debilitan la conexión con la Municipalidad y dividen a las grandes ciudades en dos mundos con realidades distintas encadenados por los efectos de las inundaciones urbanas (Tucci, et al., 2006).

Hoy en día, las periferias marginales ocupan un porcentaje importante de las grandes ciudades de Suramérica como Río de Janeiro, Buenos Aires, Bogotá, etc. Este crecimiento se debe al desplazamiento desde la zona rural; ya sea por búsqueda de mejores oportunidades, por desastres socio-naturales o situaciones de conflicto armado. En Colombia la urbanización desde la zona rural se viene presentando en los últimos 50 años; las cifras oficiales del desplazamiento por conflicto armado, reportan 3.700.381 personas (Accion Social, 2011). De los cuales, el 93% de los desplazados migra hacia las ciudades (Albuja, et al., 2010). Por lo tanto, actualmente hay cerca de 31 millones de habitantes (76% del total) ubicados en áreas urbanas de la región Andina y Caribe.

Aunque se carecen de indicadores para determinar lo efectivo de las medidas de protección y de gestión del riesgo de desastres socio-naturales por inundaciones, la migración de población de la zona rural hacia las áreas de riesgo en los centros urbanos, explicaría en parte la razón por la cual las cifras de afectados aumentan con el tiempo.

6.6.3 Causa 3. El mal uso del suelo.

Las deficiencias en la gestión del suelo, de los recursos hídricos e inadecuado ordenamiento territorial, también hacen que las inundaciones se transformen en catastróficas. La degradación de los suelos, la modificación de la forma de los cauces y la alteración de los ciclos vitales de los ecosistemas, derivan en inundaciones más frecuentes y de mayor magnitud. La expansión agrícola, la minería, la generación de energía, el crecimiento demográfico y la urbanización son los principales gestores de estos cambios ya que los problemas socioeconómicos, llevan a la población más pobre, a ubicarse en áreas peligrosas por ser inundables o susceptibles a deslizamientos (Figura 6-13).



Figura 6-13. Minería de Oro, Zaragoza, río Dagua, Valle del Cauca, 2010 (Elpais.com.co).

Hasta el momento la gestión del suelo y de los recursos hídricos se maneja de forma fragmentada, sin considerar el papel de las inundaciones en el ecosistema y la cuenca, aún no se interpreta teniendo en cuenta la interacción suelo-agua-clima-personas. Por lo tanto, es común encontrar permisos de usos del suelo sin tener en cuenta los riesgos, las vulnerabilidades, como las recientes concesiones de uso del territorio para la minería en áreas protegidas de bosque y páramo, ó el relleno de humedales para para pastoreo y cultivo.

La modificación del uso del suelo en zonas de alta pendiente, cambia la capacidad de infiltración de agua lluvia y favorece el aumento de escorrentía superficial. En las zonas bajas o planas, la expansión agrícola y el desarrollo urbano, tienden a rellenar, ocupar o cambiar el curso de los ríos y humedales, limitando su capacidad de amortiguar las inundaciones y el depósito de sedimentos. Los cambios incrementan el riesgo de desastre, ya que ante eventos extremos, el río trata de recuperar su espacio natural, afectando cultivos y comunidades enteras.

Las carencias en la gestión del suelo, el agua, la ordenación del territorio y los problemas socioeconómicos, llevan a la población más pobre a ubicarse en áreas peligrosas por ser inundables o susceptibles a deslizamientos. Si adicionalmente, tenemos en cuenta la debilidad institucional y la corrupción que permite usos del suelo sin tener en cuenta los riesgos, y que consiente cambios en los permisos de uso del territorio para minería en

áreas protegidas de bosque y páramo, o el relleno de humedales para pastoreo y cultivo, y la alta incidencia de desastres, es de esperarse que las inundaciones se repitan frecuentemente, sin esperar cambios en el total de afectados.

6.6.4 Causa 4. El deterioro de los bosques

Otra razón que explica la magnitud de las inundaciones, es el deterioro de los bosques, ya que, la cobertura vegetal, las propiedades del suelo y las condiciones de saturación previas a una precipitación, son factores determinantes en la producción de escorrentía después de una lluvia. Por tanto, la deforestación es un factor de aumento del riesgo de inundaciones, ya que contribuye al aumento del agua en los ríos, al depósito de sedimentos en los cauces, a la desestabilización y deslizamientos de tierras saturadas de agua.

Se estima que el total de bosques naturales remanentes (incluidos los intervenidos) alcanzan los 610.000 km² (aproximadamente el 53% del territorio nacional) y que en el periodo 2000-2007, el 36,2% de bosques fueron convertidos en pastos y el 38,2% en rastrojo o vegetación secundaria que terminó igualmente convertida en zona de pastoreo (ej. Figura 6-14). En valores netos (no porcentuales), Colombia es el octavo entre los países con mayor deforestación en el mundo (Duque, 2011).



Figura 6-14. Deforestación en la Amazonía PNN Nukak. (Ciat.org)

Por cuarta vez el Gobierno Nacional intenta radicar el proyecto de Ley Forestal (Ley 1377 de 2010) promovido desde el año 2008. En esta ocasión, tiene iniciativas positivas al exigir a las empresas la consecución de permisos de explotación, de construcción de carretables y planes de manejo de bosques forestales de uso comercial, también declara zonas especiales de interés, áreas sensibles como los páramos y áreas protegidas, que no pueden ser intervenidas.

Le proyecto pretende ampliar el área apta para monocultivos de pino y eucalipto y en el marco del “Estado de Emergencia Económica, Social y Ecológica por razón de grave calamidad pública” (Dec. 125/01/2011), se crea un Programa Especial de Reforestación que incluye áreas afectadas por inundación y áreas vulnerables por fenómenos de remoción en masa. Será financiado por el Fondo Nacional de Calamidades (FNC), presupuesto nacional y otros recursos; y se realizarán todas las adecuaciones institucionales para facilitar los tramites. Es decir, amparados en la crisis ambiental se promueven soluciones de reforestación comercial que en última instancia, no garantiza la recuperación de los bosques protectores, ni evitará en el largo plazo la pérdida de suelos en los piedemontes una vez se inicie la explotación. Por el contrario, como ha quedado demostrado en Suramérica, el monocultivo de coníferas ha mermado la disponibilidad de agua debido a la profundización de los acuíferos por la penetración de las raíces y el alto consumo de agua de estos bosques, limita la biodiversidad en las montañas andinas.

6.6.5 Causa 5. Debilidades en la gestión de la infraestructura

Las debilidades en la gestión y administración de las obras de infraestructura, encauzamiento, protección y regulación de los ríos, es una causa más que explica la gravedad de las inundaciones. En el país las labores de operación y mantenimiento de la infraestructura son limitados o inexistentes; además, la capacidad de protección frente al riesgo de inundaciones de las obras civiles es comparable a la capacidad de daño que pueden ocasionar cuando se presentan fallos. Considerando lo anterior, no se puede confiar plenamente en la seguridad que representan las obras de protección, sobre todo porque el grado de conocimiento sobre la magnitud y frecuencia de las inundaciones extremas del pasado ya no permiten determinar con exactitud el grado máximo de riesgo al que se está expuesto frente al CC y la VC (Sedano, et al., 2012).

Aunque se realizan diagnósticos, estudios y diseños para mantener, actualizar y mejorar la infraestructura, el acceso a los recursos para ejecutarlos es lento y complejo. La situación de conflicto en algunas regiones, la propiedad de los predios que colindan con muchas obras y la privatización de entidades, genera dificultades en las relaciones entre instituciones públicas y los actores privados; y en consecuencia, en el manejo de la infraestructura de protección ante inundaciones. Un ejemplo de lo anterior, es lo ocurrido en el Canal del dique, donde la falta de monitoreo y mantenimiento a la estructura generó la rotura en puntos que habían sido perforados con tuberías para el riego de cultivos (Figura 6-15).



Figura 6-15. Rotura del Canal del Dique debida a temporada de lluvias, 30/11/2010 (elheraldo.com.co)

La validez de la información técnica necesaria para desarrollar obras adecuadas y sostenibles en el tiempo, varía de acuerdo a la evolución del conocimiento, al acceso y a la capacidad de análisis de información. Aunque en el pasado, el diseño tradicional funcionó para disminuir el riesgo de inundaciones, los cambios en los estándares de seguridad hacen que en la actualidad, los resguardos, factores de seguridad en el cálculo y los métodos de estimación de la probabilidad de ocurrencia de un evento extremo; no están resultando suficientes para proteger a las sociedades de los riesgos asociados al CC. Además, muchos de los enfoques tradicionales vienen presentando debilidades debidas a una falsa percepción de seguridad que permite el incremento de la vulnerabilidad en el territorio y en caso de fallo pueden representar incluso, un riesgo mayor al que había antes de la protección. Las nuevas tendencias buscan estudios

técnicos que tienen en cuenta la incertidumbre climática y desarrollos técnicos que se adapten mejor al ambiente, apoyados en medidas no estructurales que promuevan su sostenimiento en el tiempo y acompañen el grado de protección con actitudes de prevención y mejor respuesta ante eventos de inundación.

La ingeniería debe ir más allá, de trasladar la inundación de un lugar a otro en la cuenca, de retener los volúmenes de escorrentía pluvial, de movilizar rápidamente los flujos de agua o aumentar la capacidad de transporte de los cauces. Las nuevas tendencias buscan desarrollos técnicos que imiten el comportamiento natural de los ríos, aprovechando los servicios que prestan los ecosistemas, recuperando espacios de laminación natural de caudales punta, (llanuras de inundación, humedales, áreas de recarga de acuíferos, etc.), disminuyendo las demandas de agua y alargando al máximo posible su ciclo dentro de las comunidades, conservando las condiciones naturales de las cuencas. Todo lo anterior, apoyado en medidas no estructurales que promuevan la sostenibilidad ambiental, el beneficio económico y que al tiempo se acompañen de procesos de fortalecimiento de capacidades para adaptarse y sostener en el tiempo actitudes de prevención y mejor respuesta ante eventos de inundación rompiendo el ciclo desastre, mitigación, olvido y nuevo desastre.

6.6.6 Causa 6. Problemas en la respuesta institucional

Un aspecto que agravó la situación de desastre, fue el débil papel de las instituciones en la gestión del desastre. Colombia debe mejorar aún la preparación adecuada para la prevención y atención las emergencias climáticas a nivel institucional. Ha sido evidente que los modelos de gestión ambiental y del riesgo deben articularse más a las necesidades, y tener una mejor coordinación inter-institucional.

Dentro de las limitaciones en la atención de desastres se resalta que las instituciones no manejan estándares internacionales, la respuesta en la asistencia humanitaria fue en muchos casos inapropiada, desigual, escasa, ineficaz y lenta. Durante la emergencia no había liderazgo o coordinación entre los actores humanitarios, y el suministro de información se limitó a aspectos financieros y gerenciales. Aunque el Estado movilizó el dinero necesario para la emergencia en las zonas afectas, se creó un sistema de gestión en paralelo con un grupo de nuevos actores que ocasionó retraso en la respuesta e

ignoró la experiencia sobre atención de desastres que tenían instituciones ya existentes (Oxfam, 2011).

También se presentaron problemas con las ayudas entregadas que resultaban insuficientes, y en algunos casos no respondían a las características culturales y/o necesidades de los diferentes grupos que componen la población. Un ejemplo de esto es el papel de la mujer como población vulnerable; en muchos lugares las mujeres se hacen responsables de las condiciones de salud, alimentación, cuidado de niños y ancianos, por tanto para ellas resulta urgente resolver este tipo de problemas. Los hombres sienten como primera necesidad la recuperación de sus parcelas y sus viviendas, por lo que herramientas y conocimientos para reconstruir sus hogares, en muchos casos, es lo más importante. Los ejemplos anteriores muestran la necesidad de incorporar el enfoque de género en la Gestión Integrada de Inundaciones para dar respuestas oportunas y satisfactorias a las verdaderas necesidades de los afectados (APFM, et al., 2009).

Otras causas del desastre fueron la corrupción y la falta de capacidades de las instituciones estatales. De acuerdo a los informes de Colombia Humanitaria (2011), se ha denunciado el desvío de dineros de las ayudas en campañas electorales en varios municipios. De forma concreta la procuraduría investiga la responsabilidad fiscal de desvío de recursos de Colombia Humanitaria en los departamentos de Choco, Sucre, Santander y Atlántico (Semana, 2011), y la Contraloría⁴⁹ encontró irregularidades en el manejo de los recursos financieros en 12 de las 33 CAR auditadas en mayo de 2011. Además de esto, aunque se han entregado recursos para más de 7.000 proyectos por cerca de 5 billones de pesos, solo el 45% están en ejecución.

Un ejemplo de lo anterior se reflejó en Cartagena en Julio de 2011., cuando se encontraron 12.500 bolsas de alimentos en estado de descomposición que no fueron entregados a los afectados por las inundaciones del 2009 (Elespectador.com). El Gobernador del Atlántico, trata de justificar la situación debido a que el proceso de contratación realizado por el Gobernador de la época presentaba irregularidades y él no quería caer en un proceso judicial por entregar dichas ayudas, prefiriendo que se perdieran incluso, ante la emergencia vivida en 2010-2011.

⁴⁹ Ente autónomo de control, investigación y vigilancia de los recursos públicos en los entes del Estado colombiano.

La Contraloría también investiga a las instituciones responsables de actualizar los mapas de riesgo y de la incorporación de dicha información en los Planes de Ordenamiento Territorial, es así como se empezaron a revisar las acciones de las alcaldías, el FOPAE⁵⁰ y el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

Los funcionarios de los entes territoriales desconocen la importancia de crear y mantener los Comités Regionales y Locales para la Prevención y Atención de Desastres (Clopad y Crepad), por tal motivo y a pesar de estar legislado desde 1989, el 78% de los municipios afectados entre el 2010 y el 2011 no cuentan con dichos comités.

Las instituciones y las organizaciones de prevención y atención de desastres tienen graves dificultades para sistematizar eficazmente, datos detallados sobre la población afectada y las necesidades asistencia. Aunque el cálculo de la cantidad de damnificados no es fácil, las misiones inter-agenciales para identificación de necesidades humanitarias, han evidenciado que aun no se ha podido brindar la asistencia necesaria a toda la población damnificada, sobre todo, en zonas de difícil acceso, como Chocó, Cauca, Nariño y áreas de la Depresión Momposina y La Mojana. Esto puede deberse también, a la doble afectación o múltiple riesgo que viven estas poblaciones por los problemas de orden público debidos a grupos armados ilegales.

Aunque el Estado giró los recursos a Colombia-Humanitaria para la atención de las necesidades y las obras de mitigación del impacto de las inundaciones. La falta de proyectos completos, hacen que a la fecha solo se hayan girado el 40% de los recursos económicos, generando atrasos en los inicios de las obras y pocos cambios en cuanto a la vulnerabilidad de las personas frente a estos eventos.

A lo anterior se suma la negativa del Estado a declarar el “Estado de Emergencia” durante la segunda temporada de lluvias del 2011. Por lo tanto, Colombia Humanitaria no atiende las afectaciones posteriores al 30 de junio del 2011. Si tenemos en cuenta que de acuerdo al IDEAM el fenómeno de La Niña se extenderá hasta Marzo de 2012, las pérdidas de las inversiones en obras para las inundaciones no concluidas ó deterioradas por la segunda temporada de lluvias, la transición de los nuevos gobierno municipales

⁵⁰ Fondo de Prevención y Atención de Emergencias de Bogotá

con los cambios de personal que conllevan, pueden generar una pérdida de conocimiento y experiencia adquirida. Es posible que los aportes per cápita (en dinero, alimentos u otros enceres), para los afectados se vean disminuidos así como, las ayudas inter-organizacionales y la participación de las instituciones del estado en las regiones más afectadas.

6.6.7 Causa 7. Falta de preparación frente a emergencias de las comunidades.

La situación de emergencia se transformó en desastre y desbordó toda la capacidad para atender la emergencia, ya que de los 1.101 municipios del país, en 808 no hay planes de gestión del riesgo y solo en 7 de los 32 departamentos y en el distrito capital, hay centros reguladores de urgencias, emergencias y desastres (Oxfam, 2011). Aunque catástrofes anteriores como Armero, Popayán y Armenia generaron el SNAPD⁵¹, la información recopilada y la experiencia al respecto no son transversales a todos los sectores sociales. No se ha logrado sostener en el tiempo los conceptos sobre prevención, gestión del riesgo y reacción ante las emergencias. Los cambios de gobierno pueden tener algo de responsabilidad al respecto, pero parece que no se genera conocimiento y cambios de comportamiento consistentes.

6.6.8 Otras Causas.

La falta de información científica, técnica y social representa un riesgo. Se evidencian avances en los temas de vigilancia y análisis de las amenazas a escala nacional pero, no se dispone de información suficiente y detallada que permita efectuar análisis de riesgo adecuados a escalas más pequeñas y locales. Muchas de las CAR⁵² apenas adelantan la instalación de sus sistemas de recolección de información para la gestión hidrometeorológica del riesgo de inundaciones.

En otros lugares, los límites territoriales e institucionales y la venta de bienes públicos a empresas privadas (ej., EPSA en el Valle del Cauca), contribuyen a la pérdida de

⁵¹ Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres.

⁵² Corporaciones Autónomas Regionales

información en zonas de borde o en áreas que actualmente son de gran interés (costa Pacífica del Valle del Cauca).

Las dificultades de acceso y la situación de conflicto armado en muchas regiones, dificulta la recolección de información y las labores de mantenimiento de los sistemas de monitoreo de hidrometeorológicos, durante las situaciones de emergencia dificultan la entrega de ayudas a las personas afectadas y el desplazamiento de personas de la zona rural hacia las ciudades, incrementando la población en áreas urbano marginales y por lo tanto, la vulnerabilidad social.

La burocracia y la escasez de recursos del Estado permiten en otros casos el deterioro de los equipos de monitoreo ambiental. El IDEAM en el 2011, reconoce que uno de los limitantes en cuanto a la gestión del riesgo es la disponibilidad de información a escala de cuenca y subcuenca y realiza esfuerzos para fortalecer las redes y el flujo de información en las regiones, así como mejorar el acceso a la información científica que generan las diferentes instituciones ambientales.

La falta de autonomía e independencia al Sistema Nacional para la Prevención y Atención de desastres (SNPAD), fue otra causa, actualmente el Sistema hace parte del Ministerio del Interior, pero hay un proyecto de Ley para su modificación que incluye la creación de dependencias para la GRD en municipios con más 250.000 habitantes. Dicho proyecto también pretende fortalecer el Fondo de Nacional de Calamidades, ya que el total de recursos de 2010 de la Dirección de Gestión del Riesgo del Ministerio del interior, era inferior al presupuesto para el mismo tema que tenía el distrito capital.

La improvisación y la falta de prevención y formación en atención de desastres, aunque existe el SNPAD desde 1989 (catástrofe de Armero). Las regiones no conocían la dimensión de su vulnerabilidad ante eventos naturales y cíclicos como el fenómeno de La Niña. No habían destinado recursos para detectar riesgos y enfrentar emergencias. El reto es mejorar el grado de conocimiento, comprensión y acción a mandatarios locales y regionales.

6.7 ¿QUÉ REFLEXIONES QUEDAN?

Las inundaciones hacen parte del ciclo hidrológico, siempre han existido, y la humanidad ha aprovechado sus beneficios como la recarga de acuíferos, fertilidad de suelos y la biodiversidad de los ecosistemas conexos como, humedales, etc. No obstante, con el paso del tiempo, el desarrollo y la ocupación del territorio hacen que éstas se asocien cada vez más a catástrofes, a la variabilidad climática (VC) y al cambio climático (CC); y aunque es cierto que la fluctuación natural y/o antrópica del clima juega un papel muy importante, también lo hacen los procesos en los cuales se busca dominar la naturaleza en lugar de convivir con ella, como lo hicieron antiguas civilizaciones. Entonces ¿Cómo debemos gestionar el uso del territorio y de los recursos hídricos para potencializar el desarrollo sostenible y disminuir el riesgo de desastres por inundaciones? ¿Dónde estamos los humanos dentro del ciclo hidrológico? Y si hacemos parte de él, ¿Cómo debemos usar el recurso hídrico para minimizar el impacto ambiental, sin dejar de beneficiarnos?

Aún, cuando el nuevo Plan de Desarrollo Nacional 2010 tiene un capítulo sobre Sostenibilidad Ambiental y Prevención del Riesgo. El Desarrollo implica la explotación de los recursos naturales (Cultivos forestales, Expansión agrícola, Minería, Generación de Energía, etc.) y esto tiene impactos ambientales en los que se debe pensar. Las pérdidas humanas, el factor ambiental como causa de desplazamiento, las pérdidas de cultivos y animales, los daños en infraestructura vial, los colapsos vehiculares y de servicios en los centros urbanos, representan un costo importante en el desarrollo del país, entonces ¿Cómo logramos transformar el modelo de desarrollo para que las inundaciones y las llanuras de inundación potencien nuestro crecimiento y no se conviertan en un factor periódico de mayor empobrecimiento?, de igual forma y teniendo en cuenta la necesidad de desarrollo económico, ¿Cómo evitar la promoción de leyes en las que predomina el beneficio económico y no la sostenibilidad ambiental, tan difícil de cuantificar? Es decir, ¿cómo evidenciar los beneficios de los servicios que prestan los ecosistemas?

Es necesario replantear la visión de los gobernantes sobre la prevención del riesgo de inundaciones, las partidas presupuestarias y la importancia de los programas emprendidos para fortalecer las capacidades de adaptación ante desastres; especialmente en un país con múltiples amenazas como Colombia, donde es necesario

fortalecer la gestión integrada de riesgos en el manejo del territorio y de los recursos hídricos. Destacan en casi todas las causas de las inundaciones, las debilidades en cuanto a planeamiento, capacidad institucional de hacer cumplir las normativas y su responsabilidad sobre actuaciones oportunas y eficaces durante la emergencia presentada. Los problemas asociados a inundaciones y al deterioro de los recursos hídricos no se limitan a una falta de coordinación interinstitucional; están más asociados a fronteras institucionales, a burocracia y al solape de responsabilidades. La falta de planeación deja vacíos que no son atendidos por el estado. Pero la pregunta es ¿Cuáles son los aspectos claves que motivarán a los líderes y a las comunidades a actuar de manera propositiva, activa y efectiva en gestión de inundaciones?

6.8 SINTESIS DE ASPECTOS QUE DEBEN INCORPORARSE EN LA GESTIÓN INTEGRADA DEL RIESGO DE INUNDACIONES EN COLOMBIA

A partir de las causas y de las reflexiones sobre los desastres por inundaciones en Colombia se presenta una serie de aspectos que deben ser incluidos en la gestión integrada de riesgo de inundación. Algunos de los aspectos a fortalecer deben ser transversales a las etapas de gestión de riesgo de desastres como:

6.8.1 Aspectos transversales a todas las actuaciones de gestión del riesgo

- La integración entre los planes de gestión del suelo, de los recursos hídricos, los planes de ordenamiento territorial con zonificación del riesgo y la normativa de usos del suelo y urbanismo.
- Incluir alternativas para facilitar las relaciones entre instituciones públicas y actores privados para facilitar labores de monitoreo, operación y mantenimiento de estaciones hidrometeorológicas, de obras de protección y de franjas de protección de los ríos.
- Fortalecer la capacidad de instituciones a nivel local en la gestión del riesgo integrada de inundación en temas como:
 - Papel en el control del riesgo de inundación.
 - Conservar y promover experiencia adquirida en la gestión del riesgo.
 - Cooperación entre instituciones.

- Actuación en las diferentes etapas del riesgo.
- Eliminación de burocracia, promover eficiencia
- Procedimientos para financiación de actuaciones.
- Sistematización de información, recopilación de información, bases de datos requeridos en la gestión del riesgo.
- Actuación en situación de riesgo complejo: Conflicto armado.
- Trabajo participativo y colaborativo.

Otros aspectos a tener en cuenta en la gestión integrada del riesgo de inundación se agrupan en las etapas de evaluación del riesgo, selección de actuaciones y atención de emergencias; así:

6.8.2 En la evaluación de riesgo de inundación:

- Para mejorar el conocimiento sobre el riesgo y la formulación de actuaciones debe establecerse un protocolo y para sistematizar eficazmente, datos sobre la población afectada, las necesidades asistencia, daños a edificaciones, infraestructura y ecosistemas; cotas alcanzadas por el agua, área afectada, etc.
- Generar información científica, técnica y social, a escala nacional y a escalas locales.
- Fortalecer las redes y el flujo de información en las regiones, facilitar el acceso a la información científica que generan las diferentes instituciones ambientales a través de Sistemas de Información.
- Incorporar en los estudios, el impacto del ENOS y el cambio climático en la disponibilidad hídrica, en especial en la determinación de los caudales de inundación para diferentes periodos de retorno.
- Desarrollar estudios sobre vulnerabilidad en el territorio y las tendencias de cambio teniendo en cuenta las migraciones hacia los centros urbanos y el crecimiento de los asentamientos urbano marginales en áreas de riesgo.

6.8.3 Dentro de la selección de actuaciones:

- Involucrar la participación de la comunidad en la toma de decisiones.

- Generar métodos de selección de tecnología apropiada a las condiciones sociales, ambientales, económicas y técnicas.
- Generar indicadores para evaluar efectividad de las medidas de protección y de gestión del riesgo.

6.8.4 En los planes de atención de emergencias,

- Formar centros reguladores de urgencias, emergencias y desastres.
- Mejorar la coordinación inter-institucional.
- Generar procesos participativos en la generación de mapas de rutas de evacuación, puntos de seguros de reunión y rutas de atención durante emergencias.
- Incorporar el enfoque de género para dar respuestas oportunas y satisfactorias a las verdaderas necesidades de los afectados.
- Incorporar manejo de situaciones de riesgo complejo por conflicto armado en zonas de desastre.

6.8.5 En los Sistemas de Alerta Temprana

- Incorporar en el impacto de El ENOS y el cambio climático en la predicción de inundaciones.
- Instalar sistemas de recolección y análisis de información hidrometeorológica para evaluar inundaciones, mejorar sistemas de predicción y alerta temprana, para evaluación a escala local.
- Adaptar Sistemas de Alerta Temprana a las condiciones locales y fortalecer la capacidad de comunicación entre puntos de vigilancia y monitoreo con las Autoridades Locales para la respuesta frente a emergencias.

CAPÍTULO 7
PROPUESTA METODOLÓGICA PARA
INCORPORAR LA GESTIÓN INTEGRADA
DEL RIESGO DE INUNDACIONES EN
COLOMBIA

7 PROPUESTA METODOLOGICA PARA INCORPORAR LA GESTIÓN INTEGRADA DEL RIESGO DE INUNDACIONES EN COLOMBIA. CASO DE ESTUDIO LA VICTORIA, VALLE DEL CAUCA

Este capítulo une toda la información revisada hasta el momento para formular una primera propuesta de la metodología para la gestión integrada del riesgo de inundación en Colombia (Caso de estudio La Victoria – Valle del Cauca), haciendo énfasis en algunos aspectos que deben ser abordados para mejorar la gestión de inundaciones en el país.

Se describen las características generales de la zona de estudio y los criterios para evaluación del riesgo de inundación a partir de los estudios *“Metodología para determinar el riesgos de inundación debida al desbordamiento de un cauce aluvial”* (Ayala, 2009) y *“Proyecto de Caracterización y modelación matemática del río Cauca – PMC Fase III”* (CVC & Univalle-EIDENAR, 2007).

7.1 DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

7.1.1 Localización y Geografía

El municipio de La Victoria está ubicado en la República de Colombia, en el sector nororiental del Departamento del Valle del Cauca, sobre la margen derecha del río Cauca, a 154 kilómetros al norte de la ciudad de Cali, entre las coordenadas 978.000 N 1´113.000 E y 997.000 N 1´138.000 E, con una extensión de 265,35 km² (Figura 7-1). Presenta una división poligonal que define un perímetro como sector urbano (incluye la cabecera municipal) y otro como sector rural.

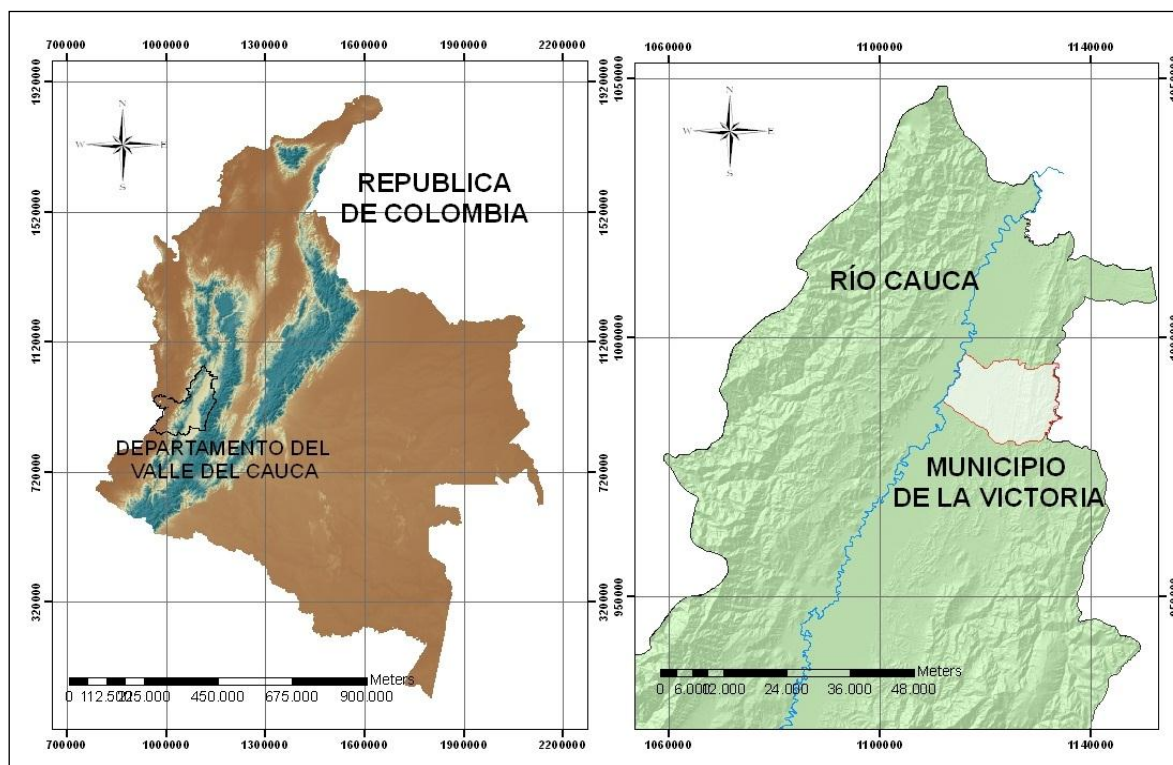


Figura 7-1. Localización del municipio de La Victoria, Valle del Cauca, Colombia (Ayala, 2009)

7.1.2 Climatología

La Tabla 7-1, presenta información general sobre el clima.

Tabla 7-1 Características clima

Parámetro	Zona plana	Zona de piedemonte
Piso térmico	Cálido	Medio
Área (km ²)	115,34	150
Temperatura media (°C.)	31°	25°
Altitud (msnm)	915	1500
Precipitación media anual (mm/año)	900	1300
Precipitación máxima anual (mm/año)*	1696	
Precipitación media anual (mm/año)*	1135	
Precipitación mínima anual (mm/año)*	212	

(*) Datos de estación pluviométrica de La Victoria. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC)

7.1.3 Geología

Los depósitos de diatomitas de la formación Zarzal y los conos aluviales antiguos indican la existencia de un lago durante el pleistoceno. La zona del valle está conformada por depósitos de suelos aluviales de la era cuaternaria, constituidos por arenas, arcillas y gravas; en la parte de los cerros se hallan depósitos lacustres de areniscas y conglomerados de gravas medianas de la era terciaria; se nota poco rejuvenecimiento de los depósitos, exceptuando algunos limos y arenas en capas delgadas, arrastrados por el río Cauca y de material arrastrado por la quebrada Los Micos.

La zona de colinas está constituida principalmente por las formaciones Zarzal y La Paila del terciario, con depósitos de areniscas, conglomerados, tobas dacíticas, tobas arenosas y arcillolitas de espesores delgados; en las capas superiores predominan las diatomitas. La formación Zarzal se superpone a La Paila, sobre estas formaciones se encuentran depósitos aluviales y fluviales, ubicados en las zonas de influencia de las corrientes de agua.

La zona del valle está formada por capas horizontales de suelos aluviales, de consistencia muy blanda hasta dura, siendo las zonas cercanas al río las de consistencia blanda y hacia los cerros se hacen más dura. Los cerros presentan buzamientos en la misma dirección de cortes realizados, posibilitando deslizamientos en la ladera.

7.1.4 Geomorfología.

La geomorfología muestra las características físicas de los depósitos y la dinámica de los agentes externos sobre éstos. A continuación se describen los principales fenómenos de las tres zonas geográficas que caracterizan este sector.

En la zona del valle aluvial de río Cauca, el principal agente que interviene en el ciclo geológico es el mismo río y la quebrada El Mico; éstos transportan materiales y erosionan según las velocidades y los niveles de agua; por otra parte se encuentran las aguas de esorrentía que bajan de los cerros tutelares, erosionando y cambiando el relieve. En general, en esta zona los suelos presentan buena estabilidad, no se presentan movimientos de masas de suelo, sólo erosión natural.

En la zona de colinas se encuentran rocas sedimentarias consolidadas poco alteradas; sobre éstas existen depósitos aluviales en la zona de influencia de las quebradas, en la parte norte hacia la sierra se presentan pequeños depósitos de terrazas sobre la quebrada Chascará. Existen escarmientos lentos en la parte baja, en las laderas se presentan erosiones laminares intensas debido a la poca cobertura vegetal y terracetos susceptibles a la erosión.

En la zona de cordillera se encuentran rocas sedimentarias consolidadas con meteorización, desde altamente alteradas a poco alteradas, sólo se presentan depósitos aluviales recientes en la ribera del río La Vieja. Se están presentando erosiones laminares

intensas y movimientos de tierra considerables debido al mal manejo del suelo y de los drenajes naturales; sobresalen los movimientos de tierra de Miravalles, Cuevaloca y de la quebrada San Miguel, movimientos de tierra grandes circulares, con líneas de falla definidas y activos, con un potencial grande de amenaza.

7.1.5 Población

En el municipio de La Victoria el fenómeno de la emigración está muy arraigado por motivos socio-económicos (Tabla 7-2), ya que la falta de oportunidades de trabajo conllevan desplazamientos a municipios aledaños que ofrezcan empleo al igual que a las capitales de departamento. Sin embargo, el fenómeno de la inmigración está dado por personas que regresan en busca de una estabilidad de residencia posterior a la jubilación (EOT, 2000). El asentamiento indígena del municipio pertenece a la etnia Embera Chamí, la cual se asentó desde las primeras décadas de este siglo en la vereda de Cuevaloca del corregimiento de Taguales.

Tabla 7-2. Crecimiento de la población

Población	Urbano	Resto	Total
Censo (DANE, 1993)	-	-	16.916
EOT (2000)	-	-	16.200
Censo (DANE, 2005)	9.265	4.457	13.722
Población proyectada 2010 (DANE, 2005)	9479	4.219	13.698

7.1.6 Educación

La Tabla 7-3, resume los datos sobre instalaciones educativas y población en edad escolar.

Tabla 7-3. Datos sobre centros educativos y población en edad escolar

Dato	Total
Total centros educativos (un)	20
Estudiantes (personas)	3.800
Docentes (personas)	183
Porcentaje de centros en área urbana	74%
Porcentaje de población en edad escolar	33%
Rangos de edad escolar (personas)	4 - 19

7.1.7 Viviendas y servicios públicos

Los datos sobre vivienda urbana y rural se presentan en la Tabla 7-4. El 94% de las viviendas con casas y el 4,7% de los hogares tienen actividad económica en las viviendas.

Tabla 7-4. Características de viviendas y servicios públicos

Dato	Urbano	Rural	Cobertura
Material predominante	Bloque o ladrillo	bahareque ⁵³	
Viviendas (DANE, 2005)	2.709	1.452	
Familias por vivienda *	1.6	1.6	
Personas por vivienda	3.6	3.2	
Usuarios Acueducto**	2.346	-	
Población con acueducto	10.752	-	88%
Conexión a alcantarillado	2.217	-	87%
Energía Eléctrica	2.166	-	97%
Línea telefónica	1.650	-	68%

(*) Es de aclarar que existen viviendas que son compartidas hasta por tres y cuatro familias.

(**) Total de familias Urbano y Rural 4.050 (FOREC, 2000)

El servicio de abastecimiento y alcantarillado es brindado por las Empresas de Acueducto y Alcantarillado del Valle del Cauca ESP (Acuavalle ESP), de carácter estatal. En el área urbana la cobertura de alcantarillado es del 87%, el 13% restante corresponde a pozos sépticos o descargas directas a zanjones aledaños; además se presentan problemas de conexión por diferencia de cotas, pues algunas casas se encuentran por debajo del nivel de la línea de alcantarillado y las conexiones erradas de agua lluvia, las cuales deben evitarse, porque saturan el sistema en épocas de invierno. La red actual de alcantarillado descarga directamente al río Cauca pues no existe una planta de tratamiento. En el Plan Maestro de Desarrollo del Municipio se encuentra la implementación de la misma con el fin de colaborar con la recuperación del río Cauca. Existe una planta en la central de sacrificio (matadero municipal), pero en la actualidad no ha entrado en servicio.

La disposición final de residuos sólidos (16 t/día) se realiza en el relleno sanitario, el cobro se realiza por tarifas y la prestación del servicio de recolección es brindada por la Alcaldía municipal empleando volquetas como transporte con una frecuencia de dos veces por semana.

La red vial urbana está constituida por 20 calles que tienen una disposición este-oeste y 12 carreras en dirección sur-norte, el 90% es de pavimento rígido y 10% en afirmado, presenta un grado alto de deterioro que se vio aumentado con el movimiento telúrico del 25 de enero de 1.999.

La malla vial está compuesta por una vía nacional que cruza el municipio de sur a norte, denominada Panamericana, eje económico del país; además cuenta con dos vías

⁵³ Material de construcción de viviendas a partir de palos entretejidos con cañas y barro.

departamentales las cuales conectan la vía nacional con el área urbana de La Victoria y el municipio de la Unión por el puente Mariano Ospina Pérez. Las carreteras de comunicación a los diferentes centros poblados de los corregimientos están sin pavimento , excepto la parte que une desde la Panamericana hasta el corregimiento de Holguín pasando por San José (de carácter privado), están en buenas condiciones ya que son utilizadas para sacar los productos agrícolas y ganaderos, principalmente caña en la parte plana; es de destacar que estas vías pueden ser utilizadas como alternas en caso de una necesidad de evacuación por emergencia o calamidad.

7.1.8 Servicios institucionales municipales

A continuación se presenta un listado de las principales instituciones presentes en la localidad que cuentan con instalaciones que pueden ser requeridas en situaciones de emergencias para la logística, instalación de campamentos, albergues, etc.

- Instituciones educativas
- Defensa civil,
- Telecomunicaciones
- Centro administrativo municipal
- Terminal de transporte
- Central de sacrificio
- Cementerio
- Plazas de mercado
- Centros culturales, bibliotecas
- Hospital, centros de salud, hogar de ancianos
- Policía,
- Bomberos Voluntarios
- Recreativos, Coliseo, Eco parque, Polideportivo, Parques, Escenarios al aire libre

7.1.9 Economía

Las principales fuentes de economía son las actividades pecuaria y agrícola, no hay sectores industriales o microempresas de producción masiva, excepto la microempresa Láctea del corregimiento de Holguín. En La Victoria se encuentran registrados 328 establecimientos comerciales de los cuales el 24,10% supe las necesidades básicas, el 4,37% el de salud, el 11,30% esparcimiento, el 0,6% entidades bancarias, que corresponden a las actividades más primarias para el flujo económico, el 59,70% restante son locales que se pueden considerar complementarias de los servicios primarios. En estas ocupaciones están por ejemplo hoteles, depósitos de insumos agrícolas, restaurantes, entre otros.

La zona agrícola presenta sistemas de cultivos transitorios que se pueden clasificar según su tamaño. Los de tamaño promedio grande son los cultivos de soja, sorgo, maíz, algodón, caña panelera, caña de azúcar, uva, cítricos y maracuyá. Los cultivos de tabaco, fríjol, tomate, pimentón, zapallo, ciruelo, cebolla cabezona, melón, café, yuca, guayaba y piña son de unidad productiva pequeña en su mayoría, con excepciones de tamaño mediano (EOT, 2000).

La minería, aunque es poca, se basa principalmente en la explotación de materiales de arrastre en los ríos Cauca, La Vieja y la quebrada Los Micos. De éstos se extraen: arenas finas, gravas y arcillas para la producción de ladrillos y tejas de buena calidad (EOT, 2000).

Según información manejada por Acuavalle la estratificación socioeconómica⁵⁴ indica que la mayoría de la población tiene baja capacidad económica (Tabla 7-5), esta información asociada al tamaño de la población en el casco urbano ubica a la población en el nivel medio de complejidad (RAS, 2000). El nivel de pobreza representado, por el índice de Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI⁵⁵) en el municipio alcanza el 14,71% en el casco urbano y el 27,08% en el área rural.

Tabla 7-5 Estratificación socioeconómica

Estrato	Descripción	Porcentaje de población	
		Urbano	Rural
1	Bajo-bajo	29.5%	31.7%
2	Bajo	56.0%	61%
3	Medio - bajo	14.4%	7.2%
4	Medio	0.1%	0%
5	Medio - alto		
6	Alto		

7.1.10 Río Cauca.

El río Cauca nace en el Macizo Colombiano, cerca del Páramo de Sotará en el departamento del Cauca y desemboca en el Brazo de Loba del río Magdalena frente al municipio de Pinillos, en el Departamento de Bolívar, luego de atravesar gran parte del territorio nacional, encauzado entre las cordilleras Occidental y Central.

⁵⁴ Clasificación de los inmuebles para asignar subsidios y asignar tarifas, es un indicador de la capacidad económica y se utiliza como herramienta de planeación ya que caracteriza sectores socioeconómicamente.

⁵⁵ Indicador de pobreza en una comunidad, definida como personas que viven en condiciones inadecuadas, por materiales constructivos, hacinamiento, sin servicios públicos, alta dependencia económica e inasistencia escolar.

Tabla 7-6. Características río Cauca, en estación hidrométrica La Victoria

Datos	Valor
Longitud total (km)	1.204
Área cuenca (km ²)	59.074
Porcentaje área nacional	5%
Caudal máximo diario, (La Victoria) (m ³ /s)	773
Caudal medio diario, (La Victoria) (m ³ /s)	349
Caudal mínimo diario, (La Victoria) (m ³ /s)	145
Caudal instantáneo máximo, 1975, (La Victoria) (m ³ /s)	1.324
Caudal instantáneo mínimo, 1961, (La Victoria) (m ³ /s)	63

Las características del cauce del río Cauca, se tomarán del estudio Caracterización del río Cauca, Tramo Salvajina – La Virginia, Universidad del Valle, Proyecto PMC, julio 2000. Para determinar los caudales de inundación y los periodos de retorno se empleará la serie de caudales máximos anuales registrados después de la construcción del embalse de Salvajina (periodo 1985 – 2011) en cada una de las estaciones hidrométricas.

7.1.11 Inundaciones

La Figuras 7-2 y 7-3, presentan alguna información disponible sobre inundaciones históricas en el municipio. Con el paso del tiempo el número de eventos registrados ha aumentado. Las inundaciones tienen una frecuencia casi anual. Los efectos de las inundaciones de 2010 – 2011, son los más graves registrados hasta el momento.



Figura 7-2. Reportes sobre inundaciones desde 1950 (Desinventar.org 1950-2011)



Figura 7-3. Daños ocasionados. (Desinventar.org 1999-2011)

7.2 ESTRUCTURA GENERAL DE LA GESTIÓN INTEGRADA DEL RIESGO DE INUNDACIÓN EN LA VICTORIA

La gestión integrada del riesgo de inundaciones para Colombia puede seguir la estructura de la Figura 7-4. El conocimiento del riesgo debe ser transversal a todas las etapas de gestión del riesgo de desastres, y a las medidas para la prevención, mitigación, respuesta y recuperación que a la vez, generan información de retroalimentación para mejorar el conocimiento sobre el riesgo.

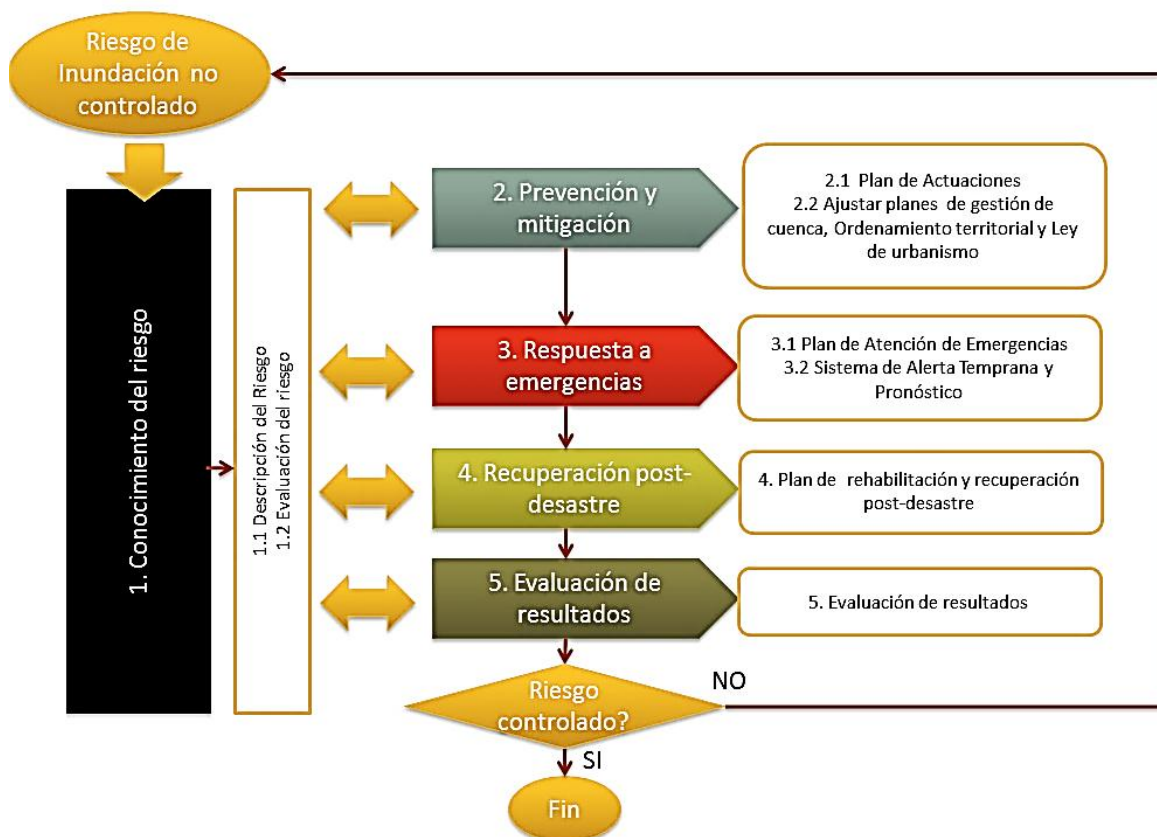


Figura 7-4. Estructura general de la gestión del riesgo de inundaciones

Los planes de gestión de cuencas hidrográficas, ordenamiento territorial, la ley de urbanismo, la respuesta a emergencias, el sistema de alerta temprana y pronóstico, y el plan de recuperación post-desastres son las herramientas no estructurales a implementar que tienen un carácter ineludible en la gestión integrada del riesgo. Para el caso de estudio, algunos de estos ya están implementados; por lo tanto, será necesario revisarlos para acoplar las actuaciones de prevención y mitigación del riesgo a dichas políticas sobre el uso del suelo y el agua.

En adelante cada componente del plan será abordado como un proceso simple con una condición de inicio, unas entradas en forma de actividades o de información preliminar y salidas de resultados a incluir en la gestión del riesgo de inundaciones. El proceso termina en una condición final cumplida. Cada componente de la gestión integrada tiene asociado un proceso representado en diagramas de flujo⁵⁶, donde la información de entrada puede ser tratada con herramientas de modelación y análisis, para generar los resultados requeridos en otros componentes de la gestión, o como puntos que deben incorporarse y resolverse en el plan de actuaciones.

7.3 ETAPA 1. CONOCIMIENTO DEL RIESGO

7.3.1 Estudios Previos.

Los estudios previos se refieren a gran cantidad de información que debe ser organizada y agrupada por temas, procesada en bases de datos y representada gráficamente en SIG (Figura 7-5). En el caso de estudio se propone incorporar información sobre la variabilidad climática, para evaluar los caudales de inundación bajo el efecto del fenómeno La Niña, incluir datos sobre otras amenazas naturales asociadas a fenómenos hidrometeorológicos que pueden afectar el comportamiento de las inundaciones y la respuesta ante emergencias (ej. Deslizamientos y avalanchas).

Los estudios previos también deben valorar ecosistemas estratégicos como humedales, franjas de protección de los cauces y el estado de la cuenca, ya que su recuperación y aprovechamiento puede incluirse, como actuaciones para disminuir los caudales punta.

En los aspectos socio-económicos, se debe generar información que permita describir mejor la urbanización marginal en áreas de riesgo, para determinar con mayor certeza la vulnerabilidad y mejorar la toma de decisiones sobre las inversiones en infraestructura en dichos sectores en comparación con medidas diferentes, como facilitar efectivamente el acceso a viviendas de interés social en terrenos sin riesgos.

⁵⁶ En los diagramas de flujo, el inicio y fin del proceso estará demarcado con óvalos negros y amarillos. Las actividades de entrada se señalan en color rojo; los resultados o salidas se identifican con rectángulos verdes; y las herramientas necesarias para obtener las salidas están simbolizadas con rectángulos violetas.

El fortalecimiento institucional alrededor del riesgo de inundaciones es un tema clave en Colombia y debe aplicarse en el municipio de La Victoria. Se recomienda recopilar información sobre las instituciones clave de la localidad, su funcionamiento, la nueva legislación a cumplir y la experiencia en el tema de inundaciones, para proponer un programa de fortalecimiento en la gestión integrada del riesgo de desastres.

La información de tipo cartográfico se puede obtener de: Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca-CVC, Universidad del Valle, Instituto Geográfico Agustín Codazzi-IGAC, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia-IDEAM, Alcaldía municipio de La Victoria (EOT, 2000), Instituto de Investigaciones en Geociencias Minería y Química-INGEOMINAS, Instituto Nacional de Vías-INVIAS, Empresa de Energía del Pacífico-EPISA, Departamento Administrativo Nacional de Estadística-DANE; Acuavalle S.A E.S.P, etc.

Los datos sobre el valor de los bienes y los daños por inundaciones se puede recopilar de entidades oficiales encargadas de infraestructuras, empresas constructoras, información periodística, Ministerio de Transporte, Secretaría de Hacienda, Ministerio de Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, bases de datos sobre desastres, bibliotecas y hemerotecas de diferentes organismos.

1.1 Conocimiento preliminar y descripción de componentes del riesgo

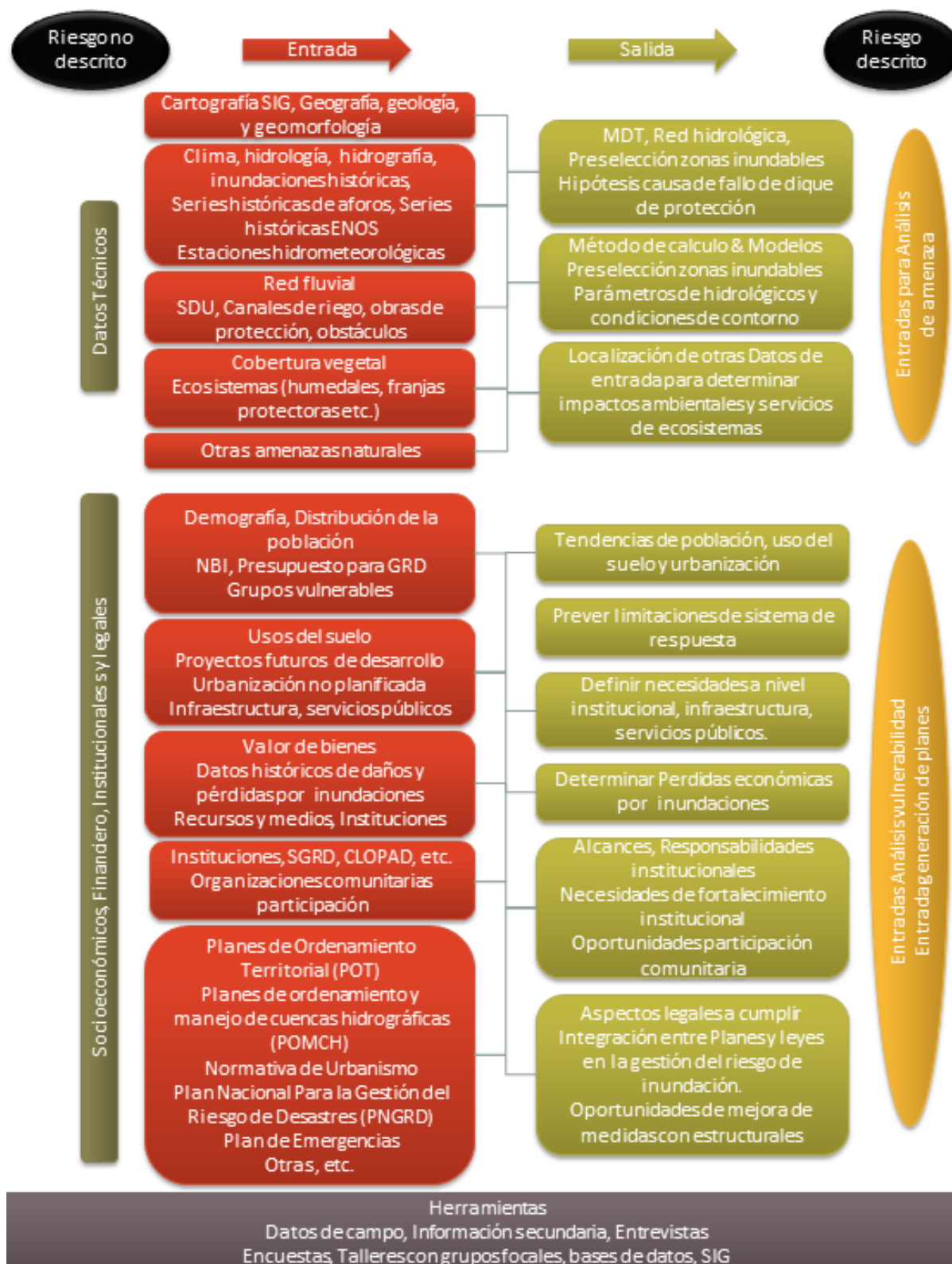


Figura 7-5. Proceso para la elaboración de los estudios preliminares

7.3.2 Evaluación de riesgo actual y futuro

La evaluación del riesgo de inundación actual y futuro, dependerá del grado de información disponible a nivel local y de la capacidad de generación de datos faltantes. En este proceso la condición de inicio será el estado de riesgo no cuantificado, basándose en los estudios previos. El resultado será el riesgo cuantificado representado en los mapas de zonificación del riesgo, otros mapas con información sobre para el plan de respuesta a desastres y para lo tomadores de decisiones. El proceso se divide en el análisis de la amenaza y el análisis de la vulnerabilidad, tal y como se explica a continuación.

7.3.3 Determinación de la amenaza:

Las entradas serán los datos procesados en los estudios previos. A partir de la información histórica sobre inundaciones, la geomorfología y las series de datos de caudal se establecerán los periodos de retorno y los niveles máximos de inundación en el área de estudio. Cuando no haya datos suficientes sobre el caudal, se debe ejecutar una etapa de modelación hidrológica para estimar los caudales a partir de las precipitaciones en la zona, incluyendo el caudal máximo bajo el efecto del fenómeno La Niña (ENOS), para cada periodo de retorno.

El procedimiento a seguir es: (i) Definición de las condiciones de contorno, (ii) Curva de calibración Nivel – Caudal, (iii) Modelación hidráulica, (iv) Resultado área inundable, puntos de desbordamiento, velocidades, niveles de inundación, (v) Revisión y ajuste de datos de entrada.

En la modelación hidráulica es importante incluir modelos en 2 dimensiones que permitan definir la magnitud de la amenaza en función de la altura alcanzada por el agua, el área afectada, la velocidad y la combinación de la altura y la velocidad; además estos modelos poseen subrutinas con las que se pueden evaluar escenarios de fallos de algunas estructuras de protección (ej. Diques laterales). Los resultados del modelo hidráulico quedan representados en el mapa de amenazas.

Los periodos de retorno (T) a evaluar serán 25, 100 y 200 años, teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- La normativa colombiana (RAS, 2000), exige el diseño de obras de drenaje con periodo de retorno mínimo de 25 años para colectores y canales principales, además se debe emplear un T de 100 años, para el dimensionamiento del borde libre de canales pluviales que drenen áreas tributaras de más de 1000 ha.
- Aunque no hay un consenso general sobre los periodos de retorno a considerar en las obras de protección, muchos países coinciden en definir periodos de retorno de 50 y 200 años para el diseño de medidas a nivel urbano, y valores menores para actuaciones en el sector rural (Temez, 2002).
- Por efecto del CC se incrementará la frecuencia de ocurrencia extremos del ENOS, que impactarían considerablemente la región; convirtiéndolo en una normalidad climática (Magín et al., 2007, Collins et al., 2005), por lo tanto, es necesario prever periodos de retorno suficientes que contrarresten la incertidumbre e incluyan la variabilidad climática.
- La capacidad socioeconómica nacional con relación al costo de obras para periodos de retorno muy amplios.

De acuerdo al PATRICOVA se ha demostrado que para calados inferiores a 0,80 metros, los daños producidos por las inundaciones crecen muy lentamente; a partir de ese nivel los daños se disparan, hasta alcanzar alturas de lámina de agua de 1,20 metros en los que se vuelven a estabilizar. A partir de lo anterior, se consideran estos 2 intervalos de magnitud para clasificar el grado de amenaza. Además, una inundación se considera peligrosa cuando se presentan velocidades mayores de 1,0 m/s o cuando el producto del calado y la velocidad sea mayor a 0,50 m²/s (Temez, 2002), la Tabla 7-7 presenta la clasificación de la amenaza.

1. Tabla 7-7. Niveles de amenaza propuestos

Clasificación de la amenaza	Frecuencia T (años)		
	Alta T ≤ 25	Media 25 < T < 100	Baja 100 < T < 200
h ≥ 0,8 m v ≥ 1,0 m/s h*v ≥ 0,5 m ² /s	Alta 1	Alta 2	Bajo 5
h < 0,8m v < 1,0 m/s h*v < 0,5 m ² /s	Medio 3	Medio 4	Bajo 6

7.3.4 Determinación de la vulnerabilidad

El análisis se inicia con los resultados de los estudios previos socioeconómicos y con el mapa de amenazas para terminar en la estimación de vulnerabilidad en el territorio (Figura 7-6). Se requieren algunas herramientas de clasificación como las curvas calado-daño del USACE, indicadores como el IVP (Índice de Vulnerabilidad Prevalente), matrices de calificación, etc. La propuesta para La Victoria es evaluar los siguientes escenarios:

- Escenarios de inundación de origen natural
 - Inundación, T 25 años, T 100años y T 200 años, e,
 - Inundación para caudal afectado por el fenómeno La Niña
- Escenarios de inundación de origen antrópico
 - Ej. Inundación por rotura o fallo de dique lateral

Se recomienda tener en cuenta aspectos como:

- La evaluación de las pérdidas potenciales de vidas humanas, elementos físicos, actividades económicas y de otra índole.
- Identificación, caracterización y localización de elementos expuestos: las pérdidas directas en bienes e infraestructura, las pérdidas indirectas como un factor de las directas para representar efectos adversos como, la interrupción de servicios y alteraciones de actividad económica.
- Factores de fragilidad socioeconómica que incrementan la vulnerabilidad.
- Factores sobre el nivel de resiliencia expresado en fondos para recuperación, aseguramiento de propiedades, institucionalidad, gobernabilidad, condiciones ambientales, organización comunitaria y participación.

Se proponen dos formas de estimación de la vulnerabilidad:

- Método agregado que permite estimar la vulnerabilidad directa e indirecta asociada al coste de los daños sobre las edificaciones, infraestructura, y de las personas afectadas para cada nivel de amenaza.
- Método desagregado que combina factores físicos, socioeconómicos y de resiliencia para cada nivel de amenaza.

Método agregado de estimación de la vulnerabilidad asociada a daños en las personas y los bienes

Cuando no se cuenta con información suficiente sobre aspectos socioeconómicos se puede aplicar los siguientes métodos para determinar la vulnerabilidad por personas afectadas y la asociada a los daños materiales.

Vulnerabilidad personas afectadas: Debido a lo complejo de este análisis y a la limitada información para el caso de estudio, se propone realizar una simplificación al considerar a todas las personas por igual (sexo, edad, capacidad productiva, etc.) y, consiguientemente, la expresión de la vulnerabilidad podría ser la siguiente:

$$Vulnerabilidad \ (V_p) = \frac{(Número\ de\ víctimas)}{(Número\ de\ habitantes)}$$

Elementos expuestos: Las pérdidas se establecen en función del tipo de superficie para las siguientes clasificaciones: Construcciones (edificios y viviendas), Infraestructura lineal (vías, acueducto, alcantarillado, acequias, telecomunicaciones y energía), Superficies naturales (usos del suelo), Áreas de actividad económica, Áreas de cultivo y Edificaciones institucionales.

Vulnerabilidad por daños materiales. Relación existente entre el valor de las pérdidas medias producidas por el escenario de inundación estudiado (o valor de los daños que se supone producen las inundaciones fluviales sobre los elementos afectados) y el valor de replazar ese elemento o el costo de uno nuevo, de acuerdo con la siguiente expresión:

$$Vulnerabilidad \ (V_M) = \frac{Pérdidas\ del\ elemento\ por\ una\ inundación\ de\ ciertas\ características \ (\$)}{Valor\ del\ elemento \ (\$)}$$

De esta forma, la vulnerabilidad queda expresada como el grado de pérdidas monetarias, de 0 (sin daño) a 1 (pérdida total).

Pérdidas indirectas: se consideran los efectos sobre las actividades económicas que no se pueden determinar con facilidad a consecuencia de la interrupción del servicio de

transporte, el bloqueo o daño de carreteras y la parálisis de actividades económicas que pueden afectar no solo al municipio de La Victoria sino a municipios vecinos por la falta de mano de obra, la pérdida de mercados, el incremento de costos de transporte, etc.

Estimación de las pérdidas indirectas: Debido al grado de dificultad, se puede simplificar asumiendo las pérdidas indirectas como un porcentaje equivalente al 0.50% de las pérdidas directas. Sin embargo, este valor debe ser analizado de acuerdo a la importancia de la localidad para la región.

$$\text{Pérdidas Indirectas } (\$) = 0,50 \times [\text{Pérdidas directas } (\$)]$$

Método desagregado de estimación de la vulnerabilidad para cada nivel de amenaza

Cuando se dispone de información socioeconómica suficiente se puede recurrir a la estimación de la vulnerabilidad asociada a aspectos físicos, condiciones socio-económicas y a la falta de resiliencia con el Índice de Vulnerabilidad Prevalciente (Cardona, 2005)

Índice de Vulnerabilidad Prevalciente IVP_x . El IVP_x , se obtiene de la suma ponderada de tres categorías de vulnerabilidad prevalciente que reflejan la exposición y susceptibilidad física ES , la fragilidad socio-económica FS y la falta de resiliencia FR en cada unidad de análisis.

$$IVP_{ES,FS,FR} = \sum_{i=1}^m w_{ES_x} \times D_{ES_x} + \sum_{j=1}^n w_{FS_x} \times D_{FS_x} + \sum_{k=1}^l w_{FR_x} \times D_{FR_x}$$

Donde: w_{ES_x} , w_{FS_x} , y w_{FR_x} son los pesos que toman en consideración a la importancia relativa de cada categoría de vulnerabilidad; D_{ES_x} , D_{FS_x} y D_{FR_x} son los descriptores que componen cada categoría de vulnerabilidad y m , n y j indican el número total de descriptores para cada categoría de vulnerabilidad.

En el caso de La Victoria, se incluyen los descriptores propuestos por González (2005), ya que son datos que se pueden obtener en la localidad (Tabla 7-8). No obstante, los pesos atribuidos a cada descriptor se han revisado para el contexto de la población. Se

propone aplicar métodos para procesar y jerarquizar información cualitativa, como el Proceso Analítico Jerárquico (PAJ) para capturar el criterio, la experiencia y el juicio de expertos (Cardona, 2005).

Tabla 7-8. Descriptores que integran el Índice de Vulnerabilidad (González, 2005).

Indicadores de exposición y susceptibilidad	Descriptor, D		Peso, w
	ES1	Densidad poblacional	0,082
	ES2	Densidad agrícola y ganadera	0,061
	ES3	Crecimiento poblacional	0,143
	ES4	Dispersión población	0,102
	ES5	Población indígena	0,102
	ES6	Población con dependencia física	0,122
	ES7	Población NBI	0,184
	ES8	Población en sector primario	0,041
	ES9	Viviendas pobres o con hacinamiento	0,163
Indicadores de fragilidad	Descriptor, D		Peso, w
	FS1	Marginación poblacional	0,077
	FS2	Migración poblacional	0,038
	FS3	Rezago social	0,096
	FS4	Seguridad social	0,058
	FS5	Desempleo abierto	0,154
	FS6	Ingreso poblacional	0,154
	FS7	Dependencia socioeconómica	0,115
	FS8	Déficit de vivienda	0,173
	FS9	Dependencia del crecimiento económico del sector primario	0,135
Indicadores de falta de resiliencia	Descriptor, D		Peso, w
	FR1	Cobertura servicios médicos	0,113
	FR2	Cobertura servicios hospitalarios	0,094
	FR3	Cobertura servicios de auxilio	0,113
	FR4	Capacidad de alberque	0,075
	FR5	Capacidad de divulgación de información	0,132
	FR6	Índice de desarrollo municipal	0,151
	FR7	Índice de percepción del riesgo de inundación	0,057
	FR8	Índice de operatividad en emergencias	0,170
	FR9	Sostenibilidad ambiental	0,094

7.3.5 Determinación del Riesgo

El riesgo se determinará, de acuerdo a lo establecido en el marco conceptual de este trabajo, en el caso de La Victoria se propone rango de 1 a 6 para clasificar el riesgo de bajo a alto, respectivamente.

Riesgo directo: se refiere a la estimación de los daños sobre las personas y a las pérdidas económicas de cada grupo de elementos expuestos en los que se ha dividido el territorio amenazado.

$$R_p = (7 - A) \times V_p \quad \text{Riesgo personas afectadas}$$

$$R_M = (7 - A) \times V_M \quad \text{Riesgo por daños materiales}$$

Donde

R_M : Riesgo por daño materiales (desde Bajo = 1, hasta Alto= 6)

R_P : Riesgo por personas afectadas (desde Bajo = 1, hasta Alto = 6)

A: Amenaza (6 niveles establecidos siendo el valor más alto 1 y el mas bajo 6)

V_M : Vulnerabilidad por daños materiales (Nulo = 0; Alto =1)

V_P : Vulnerabilidad por personas afectadas (Nulo= 0; Alto =1)

Los niveles de riesgo en la victoria, claramente diferenciados en bajo, medio y alto deben ser definidos por el criterio de expertos, después del análisis de las condiciones locales resultantes para cada escenario de inundación.

Para cada tipo de elemento considerado (daños materiales, personas afectadas) se obtienen diferentes mapas, (tantos como escenarios de amenaza propuestos). La sumatoria de los mapas de riesgo específico para construcciones, infraestructura lineal y superficies naturales; constituye lo que se denomina mapa de riesgo directo, que representará las pérdidas esperables como consecuencia de la afectación de esos elementos por las inundaciones. El mapa de riesgo directo mostrará las pérdidas por píxel para los distintos elementos.

$$RD = \left(\sum R_{Mx} \right) + R_P$$

Riesgo indirecto. Se refiere a la estimación de las pérdidas económicas de difícil medición y de los impactos de la inundación que pueden resultar incluso más allá de los límites del municipio en evaluación y prolongarse en el tiempo. En función del escenario de amenaza, los riesgos indirectos quedan representados por la siguiente expresión:

$$\text{Riesgo Indirecto (RI)} = \text{Amenaza} \times \text{Pérdidas potenciales indirectas}$$

El resultado de riesgo indirecto, por tanto, será el producto de las pérdidas indirecta por la amenaza obtenida para cada escenario, y se representa de forma englobada sobre el mapa de riesgo directo.

Estimación del riesgo total. La estimación de las pérdidas totales para cada escenario de inundación es la suma del riesgo directo y el riesgo indirecto. El mapa de riesgo total (RT). Para cada escenario de amenaza se tendrá:

$$RT = RD + RI$$

Otra forma de determinar el riesgo en el caso de estudio, es determinando el Índice de Riesgo (Cardona, 2005).

Índice de Riesgo IRI_x . La valoración del riesgo por inundaciones parte de la identificación de las unidades de análisis, x , que corresponden a los territorios (localidades, sectores o barrios, etc.), para los cuales se determina el IRI_x :

$$IRI_x = IRFI_x (1 + IVP_x)$$

Donde: $IRFI_x$, es el «Índice de Riesgo Físico » basado en descriptores obtenidos de los daños o pérdidas potenciales, que causa cada escenario de inundación en el territorio de análisis e IVP_x , «Índice de Vulnerabilidad Prevaliente», obtenido de la suma ponderada de tres categorías de vulnerabilidad.

Índice de Riesgo Físico $IRFI_x$. El $IRFI_x$, es dado por:

$$IRFI_x = \sum_{i=1}^p w_{RF_i} \times D_{RF_i}$$

Donde: D_{RF_i} corresponde a los descriptores del riesgo físico, w_{RF_i} es el peso para cada descriptor y p , es el número total de descriptores de riesgo físico. Los descriptores propuestos para el IRFI, se toman del estudio de caso realizado por Gonzáles (2005), porque se consideran aplicables pero, los pesos de cada descriptor fueron adaptados al contexto local.

Tabla 7-9. Descriptores que integran el Índice de riesgo físico (González, 2005)

Índice de riesgo físico	DESCRIPTOR PARA CADA ESCENARIO DE INUNDACIÓN, D		PESO, w
	RF1	Territorio afectado	0,161
	RF2	Población afectada	0,143
	RF3	Viviendas afectadas	0,125
	RF4	Muertos	0,107
	RF5	Heridos/enfermos	0,125
	RF6	Daño infraestructura publica	0,107
	RF7	Daño cultivos	0,107
	RF8	Daño actividades económicas	0,054
	RF9	Daño ambiental	0,071

1.2 Evaluación del riesgo

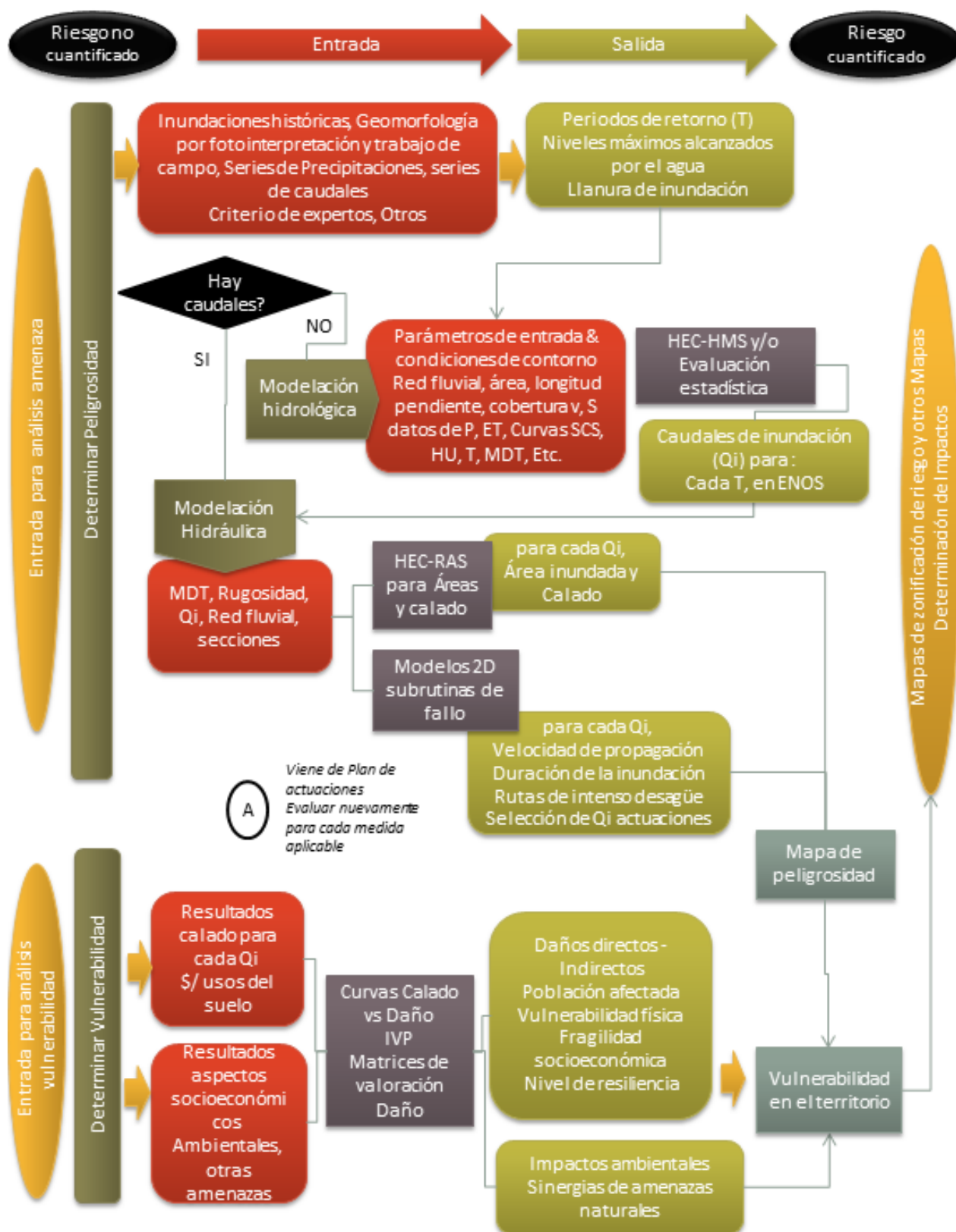


Figura 7-6. Proceso evaluación del riesgo

7.4 ETAPA 2. PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DEL RIESGO

Esta etapa de gestión es la combinación de las medidas estructurales y no estructurales agrupadas en el plan de actuaciones y toda la normativa que debe ajustarse para integrar dicho plan en las políticas de gestión de la cuenca, el uso del suelo y las normas de construcción.

7.4.1 Plan de actuaciones

El proceso para la elaboración del plan de actuaciones del caso de estudio inicia con el riesgo cuantificado y los mapas de zonificación del riesgo. Las actividades de entrada deben generar las medidas a implementar para reducir el riesgo en La Victoria. Se ha dividido en dos secciones; la preselección y la generación de información para la posterior toma de decisiones (Figura 7-7). Algunas de las actuaciones que se pueden incorporar en el plan se presentan en la Tabla 7-10:

Tabla 7-10. Ejemplos de actuaciones para la reducción del riesgo de inundación

Enfo que	Tipo de medida	Antes: (Advertir, Preparar, Reducir):	Durante: (Respuesta a emergencias)	Después: (Rehabilitación, Reconstrucción)
Amenaza	Estructural	Obras de regulación, laminación de caudales punta, almacenamiento. obras de protección, encauzamientos Adecuar sistemas de drenaje urbano	Elevación de altura de diques, rotura controlada de diques para inundaciones controladas	Demoliciones y limpieza de escombros, reparación de daños Refuerzo de estructuras
	No Estructural	Planes de gestión de cuenca	-	-
Vulnerabilidad	Estructural	Adecuación de terrenos, edificaciones e infraestructura. Reubicación de poblaciones	-	-
	No Estructural	Mapas de riesgo Plan de Ordenamiento Territorial Normas de urbanismo	Autoprotección Planes de respuesta emergencia Mapas rutas de evacuación y áreas seguras	Seguros y Subsidios Planes rehabilitación y recuperación post- desastre Evaluación de resultados Mapas de áreas aseguradas
		Sistemas de Inventario y suministro de Información Sistemas de Predicción y Alerta Temprana Comunicación Fortalecimiento de capacidades		

2.2 Plan de Actuaciones

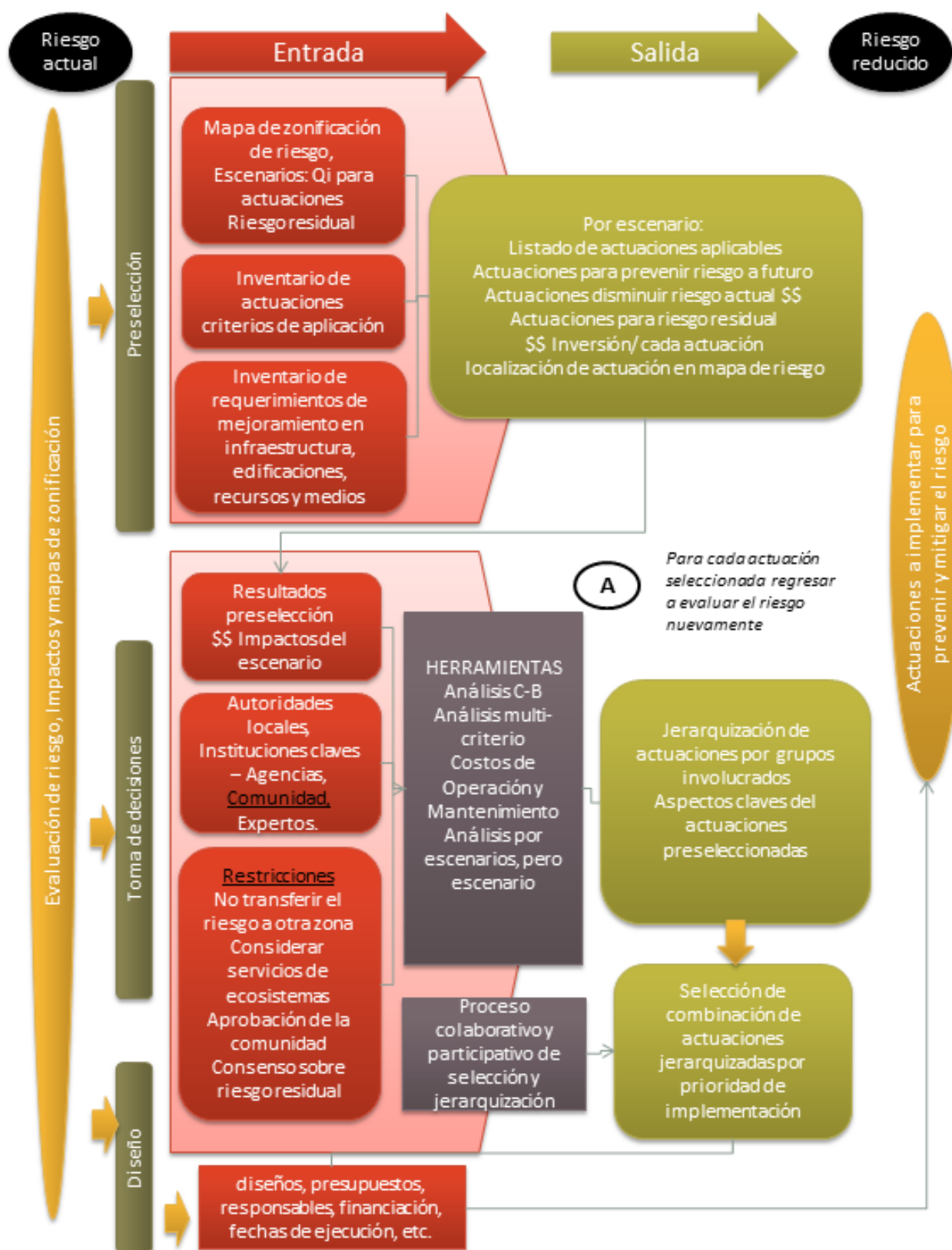


Figura 7-7. Procesos del plan de actuaciones

Una medida necesaria a implementar en el municipio es el fortalecimiento institucional de la alcaldía municipal, la CVC, la Defensa Civil, los Bomberos y la Secretaria de Salud. La Tabla 7-11, muestra algunos temas de trabajo que fueron encontrados en el capítulo 6 de este trabajo.

Tabla 7-11. Areas de trabajo para fortalecimiento institucional

Aspecto	Temas de trabajo
Ajuste a la gestión institucional	Mejor cooperación entre instituciones. Mejorar operación, evaluación y mantenimiento de infraestructura de protección, redes de monitoreo, etc. Promover la gestión del conocimiento para conservar experticia en el tema de inundaciones. Reducción de la burocracia. Actuaciones en situaciones de riesgo complejo.
Promover procesos de participación y toma de decisiones	Integrar intereses institucionales e intereses de la comunidad. Mejorar compromisos y responsabilidades de comunidades en cumplimiento de normativa.

La toma de decisiones y la jerarquización de actuaciones es un proceso importante que requiere tanto de estudios técnicos, como financieros; y la aplicación de métodos económicos de análisis en conjunto con otras evaluaciones para determinar los beneficios de las medidas estructurales y no estructurales en la mitigación del riesgo. La propuesta para el caso de estudio es abordar un análisis colaborativo donde los involucrados en las decisiones y la comunidad, puedan participar en la selección y jerarquización de las medidas a implementar en el plan.

7.4.2 Planes de gestión de cuenca, Ordenamiento Territorial y Normativa de urbanismo.

Dentro de la etapa de prevención y mitigación del riesgo se deben plantear mecanismos que integren el plan de actuaciones a la política de gestión del suelo y del agua. Por lo tanto se deben ajustar los Planes de Ordenamiento y Manejo de Cuencas Hidrográficas (POMCH), los Planes de Ordenamiento Territorial (POT) y la Normativa de Urbanismo.

El proceso inicia con un nivel de riesgo actual cuantificado y las actividades deben generar actuaciones a ser incluidos en los planes de gestión para reducir el riesgo (Figura 7-8). Algunas medidas importantes a incluir en La Victoria son:

- La recuperación de las franjas de protección de los ríos.

- La protección y recuperación de los humedales, zonas de recarga de acuíferos, etc.
- La restauración hidrológica y forestal de las cuencas.
- Priorizar el uso de áreas seguras para el uso residencial, instalaciones de grupos de población vulnerable e infraestructura institucional y de servicios claves.
- Considerar las zonas potencialmente inundables sometidas a nivel de riesgo alto como no urbanizables y exigir una protección especial.
- En las áreas sometidas a niveles de riesgo medio prohibir la construcción de viviendas, granjas, hoteles, centros escolares o sanitarios, zonas para campin, bomberos, cementerios y otros usos y actividades de naturaleza similar.
- En las zonas de riesgo bajo promover la construcción de viviendas y hoteles con ciertas medidas de seguridad.
- Incorporar las consideraciones de diseño, técnicas de construcción y materiales que mejoren la resistencia de las edificaciones y de la infraestructura pública frente a desastres por inundaciones.
- Desarrollar un Sistema de Información basado en SIG para la gestión de datos sobre los usos del suelo, y aspectos socioeconómicos.

2.3 Planes de gestión de cuencas, plan de ordenamiento territorial y norma urbanismo

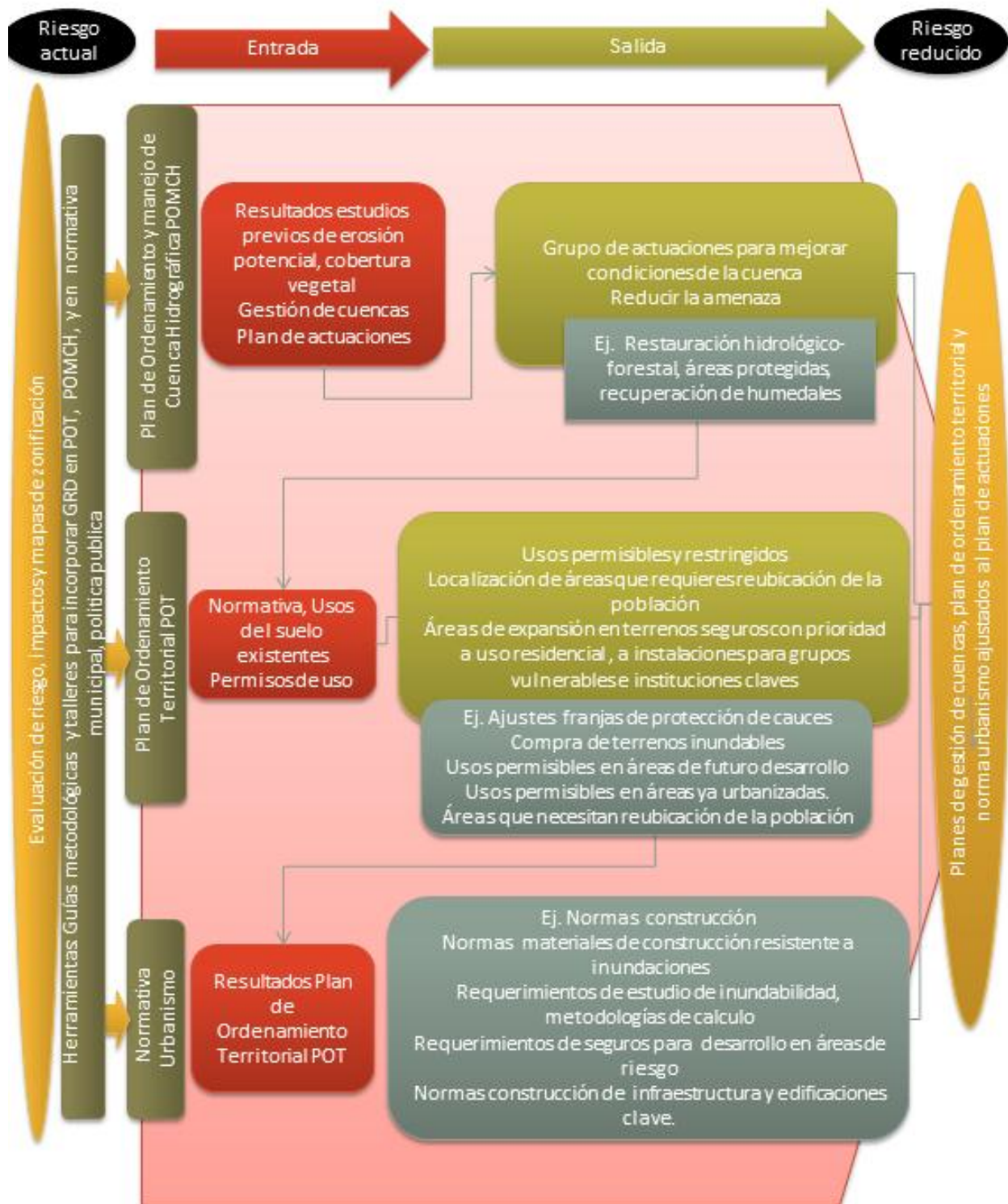


Figura 7-8. Proceso de ajuste de planes de cuenca, ordenamiento territorial y normativa de urbanismo

7.5 ETAPA 3. RESPUESTA A EMERGENCIAS

La etapa de respuesta se divide en dos componentes: el Plan de Emergencias que prepara las condiciones locales y a las autoridades locales para atender un desastre por inundación y el Sistema de Alerta Temprana y Pronóstico sobre el riesgo de inundación como herramienta para activar el plan de emergencias y que además genera información permanente que permite comprender mejor el comportamiento de las inundaciones en el área de estudio.

7.5.1 Plan de Emergencias

El proceso se divide en 2 ejes de trabajo la preparación y la respuesta en sí. La preparación aborda la identificación de actores y responsabilidades para la atención de emergencias, la formulación de los protocolos y mapas de rutas de evacuación, puntos seguros, localización de puntos prioritarios de intervención de los grupos de socorro, y la determinación de los recursos que se requieren para atender un desastre de cierta magnitud (Figura 7-9).

Se resaltan las siguientes instituciones presentes en la localidad que deben hacer parte de la estructura organizativa para la respuesta a emergencias y desastres: Alcaldía municipal, Defensa Civil, Bomberos, Policía, Prestadores de Servicios públicos, líderes de las Juntas de Acción Comunal. Estas instituciones deben contar con el apoyo regional de la CVC, la UNGRD, la gobernación del Valle, el Ejército y la Cruz Roja.

La respuesta corresponde a la activación del plan de emergencias en actividades de aseguramiento, autoprotección, evacuación, rescate, traslado, albergue, atención médica, manejo de cadáveres, ayudas, servicios básicos, etc.

Las recomendaciones para la elaboración del plan de emergencias en el caso de estudio son:

- A partir de las instalaciones institucionales plantear la logística para diferentes niveles de emergencia, es decir en caso de necesidad que espacios o edificaciones públicas pueden ser empleadas como campamentos de los cuerpos de socorro, bodegas de almacenamiento y albergues para la población damnificada.

- Definir las responsabilidades de la comunidad ante una emergencia.
- Generación de mapas con rutas de evacuación, grupos de población que requieren atención prioritaria, puntos seguros de encuentro, localización de albergues, protocolos de actuación, etc.
- Organizar talleres comunitarios para definir las necesidades de ayuda para enfrentar emergencias y facilitar la recuperación teniendo en cuenta el enfoque de género.
- Una vez superada la etapa crítica de la emergencia, se debe recopilar información para determinar los efectos del desastre, los requerimientos de recursos y medios adicionales; y empezar a ejecutar el plan de recuperación post-desastre.

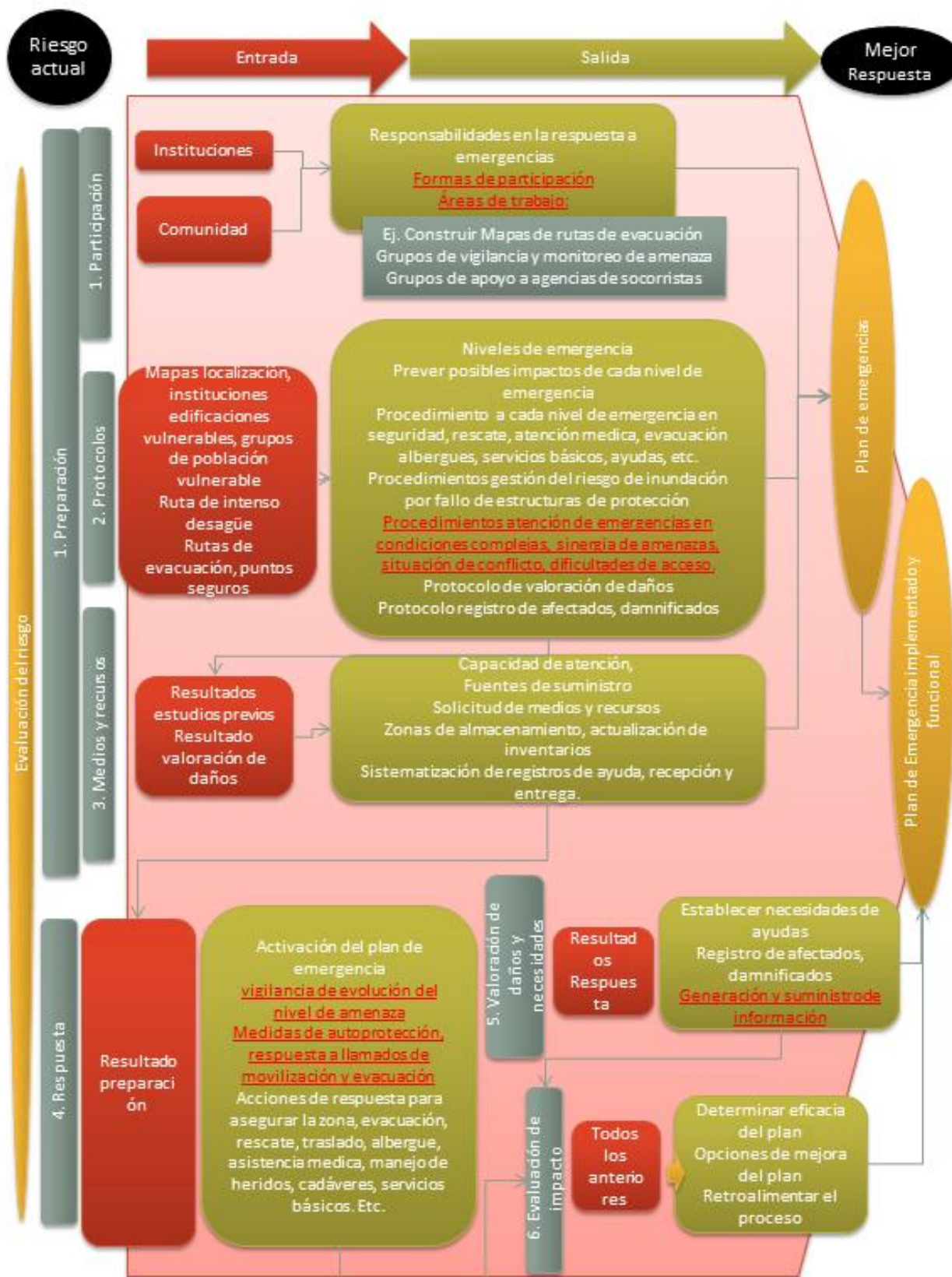


Figura 7-9. Procesos del Plan de emergencias

7.5.2 Sistemas de Alerta Temprana y Pronóstico (SATP)

El Sistema de Alerta Temprana y Pronóstico es una herramienta para preparar y fortalecer la respuesta a desastres por inundaciones. En esta etapa se puede vincular de forma activa a la comunidad de La Victoria en la generación de datos de calidad para el posterior procesamiento y determinación de pronósticos y alertas.

Este proceso inicia con un nivel de riesgo cuantificado, requiere de la participación de las instituciones encargadas del monitoreo ambiental a nivel nacional y regional (IDEAM y CVC, respectivamente), los datos deben generarse a partir de la red de estaciones hidrometeorológicas existente pero, en el caso de La Victoria, se debe analizar si dicha red es suficiente para caracterizar el área de estudio, y en caso necesario elaborar un plan para aumentar la red de monitoreo (Figura 7-10).

La toma de datos también incluye actividades de seguimiento al estado de los ríos y de las estructuras de protección. Entre las actividades que puede desempeñar la comunidad del caso de estudio, destacan las labores de vigilancia y seguimiento de los diques, encauzamientos, márgenes de los ríos, cuidado de las estaciones hidrometeorológicas, etc., sobre todo en lugares de difícil acceso. Otra labor importante a nivel de organización comunitaria es la generación de una red de suministro de información a las autoridades locales y a las instituciones encargadas del análisis de datos.

Por último, todos los datos recopilados deben someterse a análisis técnico en las instituciones ya mencionadas y estas deben generar los pronósticos y alertas a la comunidad y a los encargados de la Gestión Integrada del Riesgo de Inundación.

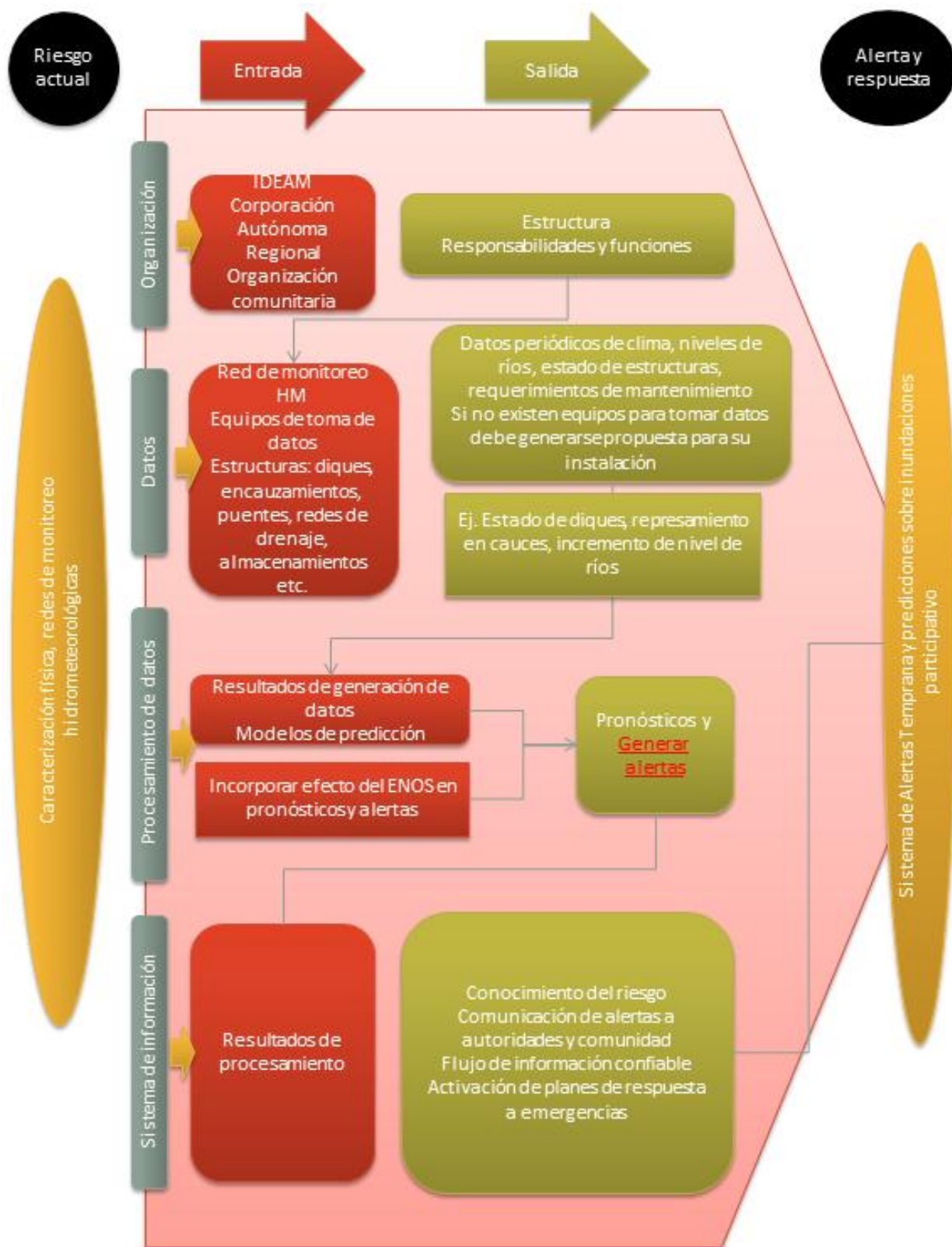


Figura 7-10. Etapa Sistema de Alerta Temprana y Pronóstico

7.6 ETAPA 4. PLAN DE REHABILITACIÓN Y RECUPERACIÓN.

El Plan de Rehabilitación y Recuperación atiende la componente del riesgo una vez superada la crisis de la emergencia de dos formas, la gestión de los recursos económicos y la atención médica y social para los afectados.

La administración municipal de La Victoria debe iniciar la preparación para la recuperación, desde que se activan las alertas sobre la emergencia, el objetivo será movilizar todos los medios y recursos locales, regionales y nacionales para atender las pérdidas y recuperar las condiciones normales de vida de las personas afectadas.

El proceso inicia con una situación de impacto post-desastre y termina con la vuelta a la normalidad. El plan tiene cuatro componentes: la interacción entre instituciones, legislación y fondos financieros para ejecutar los proyectos de rehabilitación y reconstrucción; la cuantificación de los daños ocasionados y los puntos de intervención; las actividades de rehabilitación de las actividades básicas, y la reconstrucción de edificaciones e infraestructura afectada (Figura 7-11).

Dentro de las actividades de recuperación que deben quedar en el plan se propone:

- Definir el protocolo para la gestión de recursos del Fondo Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres.
- Estructurar la organización comunitaria y el apoyo de personal, maquinaria y equipos para la limpieza de escombros y residuos después de la emergencia.
- Gestionar herramientas, materiales y maquinaria para la reconstrucción de las viviendas y edificaciones afectadas.
- Gestionar el apoyo médico y psicológico para atender a la población afectada.
- Establecer el apoyo social para familias y promover la generación de empleo.

Además se propone la creación de un fondo financiero para la GRD a nivel departamental o municipal que garantice recursos para la recuperación post-desastre.

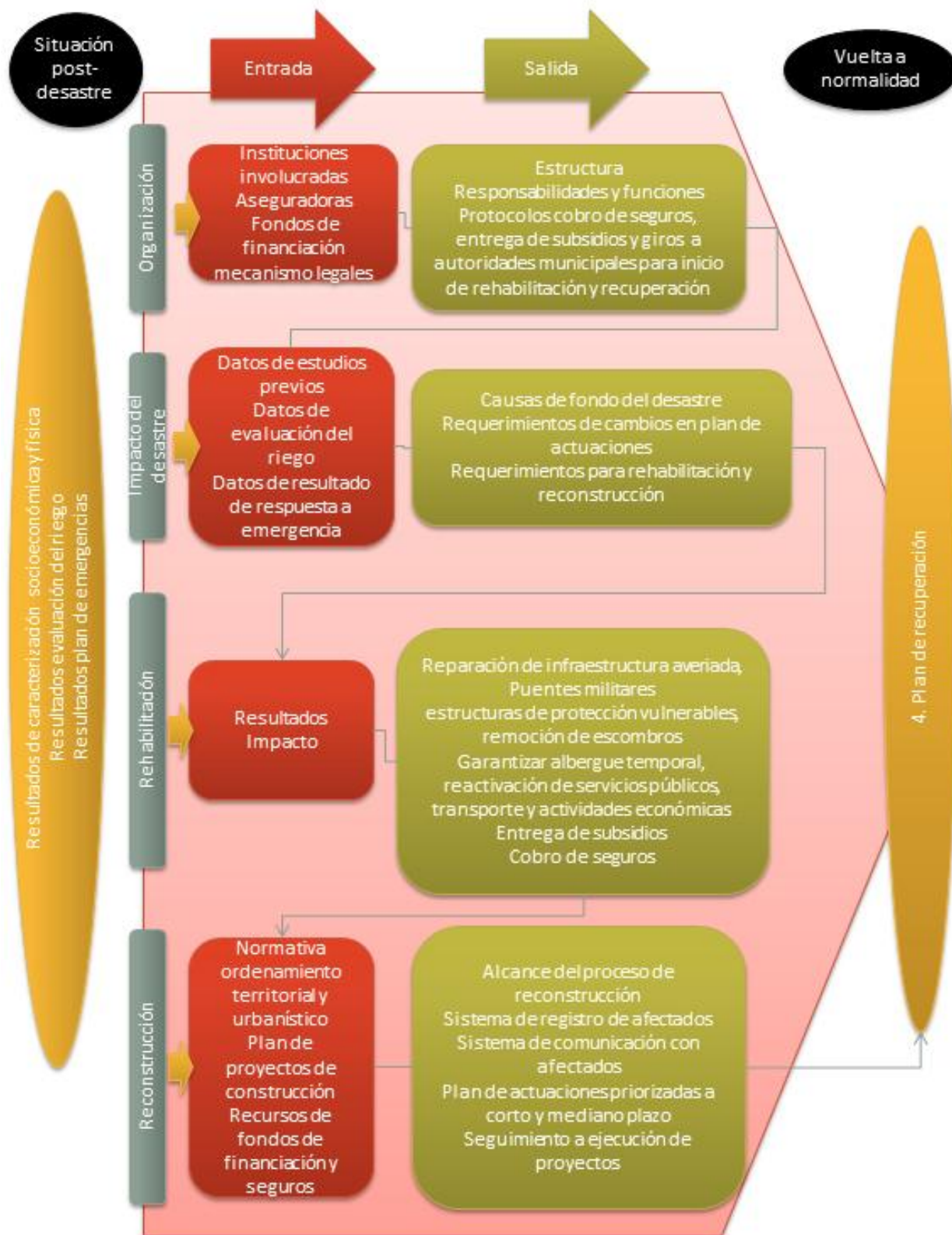


Figura 7-11. Plan de Rehabilitación y Recuperación

7.7 ETAPA 5. EVALUACIÓN DE RESULTADOS DE GESTIÓN

La efectividad de cada etapa de gestión debe ser evaluada periódicamente, en el caso de estudio la revisión se llevará a cabo cada 5 años y cuando se supere una emergencia. El periodo propuesto se debe a la alta probabilidad de cambio de las condiciones de urbanización a nivel local y los cambios en el desarrollo económico que atraviesa el país.

El proceso de evaluación inicia con un nivel de riesgo cuantificado en el año base, y a partir de la implementación de las actuaciones, se debe hacer seguimiento a los indicadores de gestión (Figura 7-12). Las autoridades locales de La Victoria y las instituciones involucradas tienen la responsabilidad de verificar los cambios en el uso del suelo, en la demografía y en la economía de las áreas con amenaza de inundación; las instituciones encargadas de la gestión ambiental deben hacer seguimiento a los usos del suelo en la cuenca y al impacto de las actuaciones para reducir la amenaza. El propósito de la evaluación es generar información a partir de lecciones aprendidas, actualizar los mapas de zonificación del riesgo y actualizar el Plan de Actuaciones en función del estado de conocimiento sobre la gestión del riesgo de inundaciones.

Se proponen algunos indicadores para evaluar la gestión del riesgo, el manejo de información sobre amenaza y vulnerabilidad, los logros del fortalecimiento institucional, la eficiencia del plan de respuesta:

Indicadores gestión del riesgo

- Área con riesgo con plan de gestión implementado (área cubierta por el plan de gestión/Área total)
- Reducción de impacto por el plan de actuaciones: $[(\text{Riesgo Actual} - \text{Riesgo Resultante con actuaciones}) / \text{Riesgo Actual}]$

Indicadores de manejo de información sobre la amenaza

- Áreas con amenaza con evaluación y mapas de zonificación del riesgo. (Si/No)
- Información al público sobre la amenaza en su entorno, (Número. Habitantes informados/Población total)
- Área con amenaza de inundación (área inundable / área total)

Indicadores de evolución de la vulnerabilidad

- Inventarios de pérdidas y desastres (SI/No)
- Vulnerabilidad de cultivos. (Área de cultivo susceptible a inundación de cierta severidad / área de cultivo en el año base).
- Evolución de daños (Valor actual del daño potencial / al valor de daños en el año base).
- Vulnerabilidad edificaciones. (Número actual de propiedades susceptibles a inundación de cierta severidad / Número de propiedades susceptibles en el año base).
- Vulnerabilidad población. (Población afectada / población afectada año base)

Indicadores fortalecimiento institucional

- Instituciones identificadas por la comunidad relacionadas con la gestión del riesgo de inundaciones. (Número. de instituciones)
- Presencia institucional. (Instituciones presentes/área con riesgo)

Indicadores Respuesta a Emergencias

- Participación de la comunidad en simulacros, alertas y requerimientos de organismos de socorro. (Número participantes/ Población en riesgo)
- Protocolos estandarizados revisados y actualizados. (Número)
- Existencia de medios y recursos. (Medios y recursos requeridos/ Medios y recursos en inventarios)
- Reporte de alertas. (Número Alertas generadas en temporada de lluvias)
- Brigadas de vigilancia de diques, estaciones hidrometeorológicas, niveles de ríos anuales. (Número de reportes)

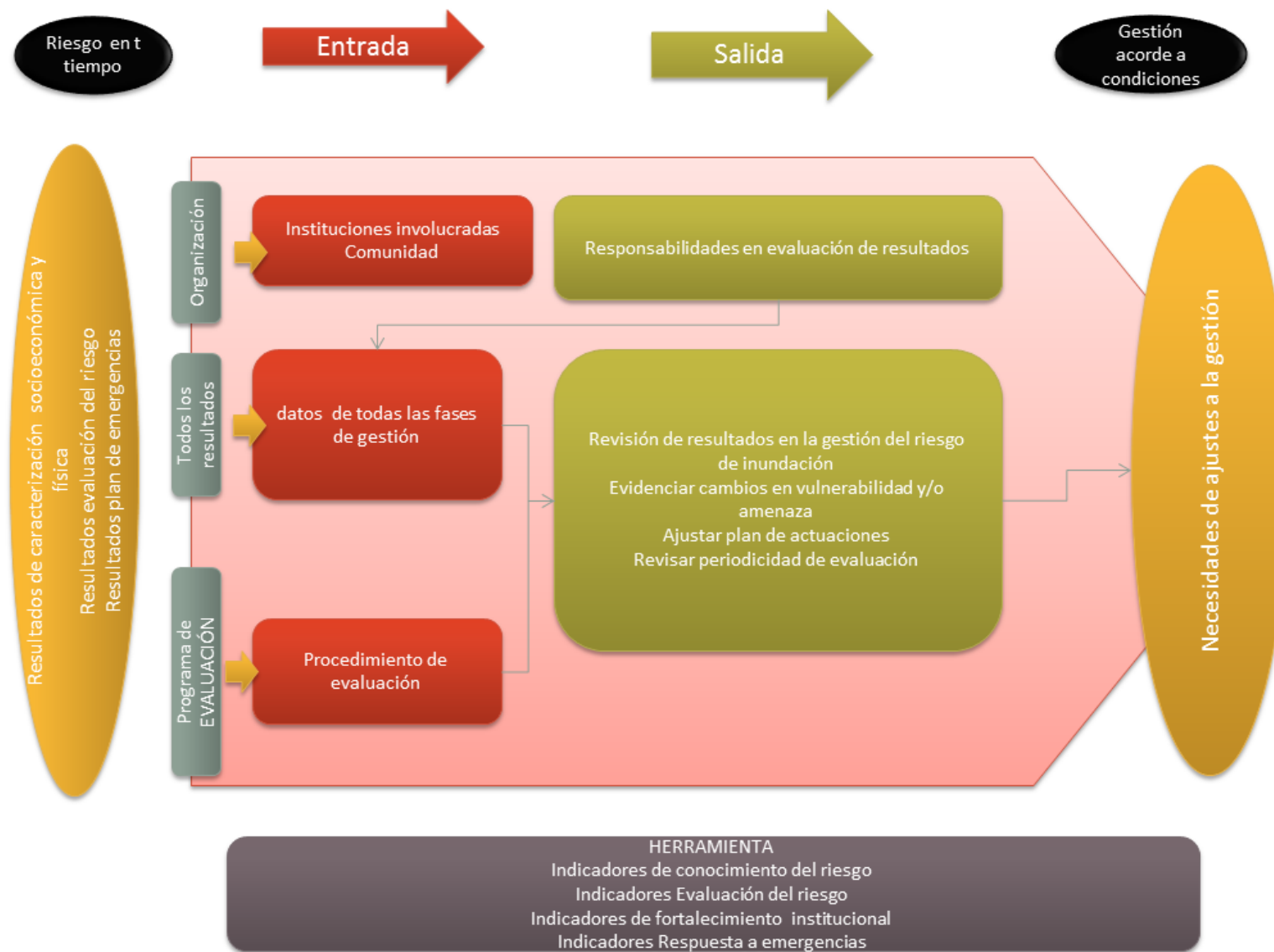


Figura 7-12. Proceso de evaluación de la gestión

7.8 COMENTARIOS FINALES

La Evaluación del Riesgo de inundación es una etapa clave para estructurar el Plan de Gestión Integrada del Riesgo de Inundación en La Victoria. Existen varios aspectos que requieren especial atención: la cantidad de información y la calidad de la misma que debe ser analizada y procesada para pasar de datos cualitativos a estimaciones cuantitativas de las condiciones de la amenaza de inundación y de las características socioeconómicas de la localidad.

La eficiencia del Plan de Actuaciones en el caso de estudio dependerá de su integración a las políticas de uso del suelo y del agua, de incorporar la zonificación del riesgo en el Ordenamiento Territorial, pero sobre todo del fortalecimiento institucional para que las propuestas trasciendan al papel, sean aplicadas y se puedan observar los resultados.

Los Planes de Respuesta a Emergencias y de Rehabilitación y Recuperación requieren de la participación de la comunidad aprovechando el capital social en la determinación de las necesidades para las actividades de respuesta, en la vigilancia del río y en las actividades de rehabilitación y reconstrucción de viviendas e infraestructura.

Este capítulo aporta un punto de partida para aplicar la Gestión Integrada del Riesgo de Inundaciones en el contexto colombiano. Las actuaciones que se emplean actualmente en los planes de control de inundaciones a nivel mundial, se han adaptado a las condiciones locales del municipio de La Victoria, procurando incorporar acciones sobre aspectos, socioeconómicos, institucionales, técnicos y ambientales, e incluir el ciclo de la gestión del riesgo.

CAPÍTULO 8
CONCLUSIONES

8 SINTESIS Y CONCLUSIONES

El objetivo general de este trabajo es abordar el problema de los desastres socio-naturales por inundaciones en Colombia a partir de un marco conceptual para la gestión integrada de inundaciones y de la revisión del estado del conocimiento. Las conclusiones y aportes del trabajo se presentan a continuación, incluyendo recomendaciones sobre futuras líneas de investigación.

8.1 SOBRE TEMAS GENERALES

8.1.1 Del marco conceptual y el estado del conocimiento

La variabilidad climática y el cambio climático plantean problemas significativos, ya que las condiciones hidrometeorológicas están cambiando, generando un alto grado de incertidumbre en la gestión de los recursos hídricos. Esto implica modificar el enfoque tradicional de la gestión de inundaciones y pasar de “estar absolutamente a salvo” a una idea más flexible y con mayor capacidad de adaptación para “vivir con el riesgo de inundaciones”, además de otros riesgos que pueden intensificar los desastres socio-naturales, puesto que los cambios en el clima generan impactos en la producción agrícola y en las planicies de inundación urbanizadas; y porque el futuro crecimiento de la población ejercerá todavía más presión sobre los recursos naturales.

Es contradictorio que las regiones amenazadas por eventos extremos de inundación, en el futuro sean amenazadas por las sequías previstas según los modelos de cambio climático, lo cual significa que la gestión integrada de las inundaciones no debe enfocarse solamente en grandes obras estructurales, sino también en transformar la forma de vida de las personas para adaptarse y gestionar el riesgo, construyendo resiliencia frente a desastres. Un aspecto clave sobre las obras de protección es la validez de la información técnica necesaria, que sean robustas y duraderas en el tiempo. Aunque en el pasado el diseño tradicional funcionó para disminuir el riesgo de

inundaciones, los cambios en los estándares de seguridad hacen que en la actualidad, los resguardos, factores de seguridad en el cálculo y los métodos de estimación de la probabilidad de ocurrencia de un evento extremo no estén resultando suficientes para proteger a las sociedades de los riesgos asociados a las inundaciones. Las nuevas tendencias deben procurar desarrollos técnicos que se adapten mejor al medio ambiente, apoyados también en medidas no estructurales que promuevan su sostenimiento en el tiempo y acompañen el grado de protección con actitudes de prevención y mejor respuesta ante éstas.

La gestión del riesgo debe involucrar acciones que permitan prevenir y reducir el riesgo; así como prepararse y responder ante un desastre para rehabilitar, recuperar y reconstruir los daños. Todas estas acciones deben lograr objetivos de minimizar los riesgos de pérdidas (vidas y bienes); maximizar el beneficio neto de las llanuras de inundación; considerar las restricciones sociales, económicas y ambientales de una cuenca; reducir la vulnerabilidad frente a la amenaza, promover la adaptación y la resiliencia de la sociedad; generar planes sostenibles a partir de la evaluación continua de la gestión y la toma de decisiones colaborativa (entre sociedad civil, empresa privada, todos los niveles del gobierno, instituciones, etc.).

Los planes de gestión del riesgo de inundaciones aplicados en diferentes países, tienen unos componentes comunes que se agrupan en el conocimiento del riesgo, la estrategia de prevención y mitigación, la respuesta a desastres y la organización para la recuperación posterior. Los mapas de riesgo en la actualidad sintetizan el grado de conocimiento para unas condiciones estáticas de amenaza y vulnerabilidad. Sin embargo, el riesgo varía en espacio y tiempo, por lo tanto, todos los planes y herramientas considerados en la gestión deben, en lo posible, ser flexibles a la dinámica de estos cambios.

Dentro del grupo de actuaciones que se pueden implementar en una localidad, una parte importante e ineludible está asociada a medidas no estructurales como los Planes de Gestión de Cuencas, los Planes de Ordenamiento Territorial, la Normativa de Urbanismo, los Planes de Respuesta a Emergencias y los Planes de Rehabilitación y Reconstrucción. Este conjunto de herramientas incorporan la gestión del riesgo de inundaciones en la

administración pública, evitando el aumento de la amenaza por deterioro ambiental y de la vulnerabilidad, al controlar el uso del suelo.

8.1.2 Del marco legal, financiero e institucional de Colombia para la gestión de inundaciones

A diferencia de lo que ocurre en otros países, Colombia no cuenta con un instrumento legal para la evaluación y control del riesgo de inundaciones, a pesar de que estos eventos se repiten con frecuencia y su persistencia histórica hace que las pérdidas generadas sean comparables a las de los grandes desastres ocurridos por sismicidad y vulcanismo.

La política pública sobre la gestión de riesgos en Colombia cambió recientemente. En la actualidad, incorpora la Gestión del Riesgo de Desastres en el Plan de Nacional de Desarrollo, haciendo una transformación en la base conceptual desde la reacción ante desastres a una visión prospectiva de la gestión y el fortalecimiento de la protección fiscal del estado. Entre los aspectos que se fortalecerán está el conocimiento del riesgo, el sistema integrado de información, las redes de monitoreo y alerta, el esquema organizativo y el fondo de financiación. Sin embargo, el problema no es la cantidad de recursos legales existentes y su pertinencia, sino la debilidad institucional del sector ambiental para garantizar la protección de los recursos naturales y hacer cumplir la normativa.

Existe una amplia red de instituciones agrupadas en la Unidad Nacional para la Gestión de Riesgos de Desastre y el Sistema Nacional Ambiental. Sin embargo su esquema de funcionamiento no ha logrado mantener una base fuerte a nivel local en el control del riesgo, además la transferencia de recursos del Estado para la mitigación del riesgo ha tenido poco impacto. Es necesario reforzar las capacidades locales y evitar que la transitoriedad de los gobiernos implique la pérdida del conocimiento y de la experiencia en la gestión del riesgo de inundaciones, mejorando la conexión de la administración municipal con las instituciones que poseen el conocimiento, creando departamentos visibles, con presupuesto y metas para la gestión del riesgo en las regiones y promoviendo la evaluación de resultados.

El anterior Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres no mostraba de forma clara la responsabilidad institucional en la recuperación posterior a la emergencia. Hasta el momento, cada vez que se presenta un desastre, el Estado crea instituciones temporales que administran los fondos financieros para la recuperación de las localidades afectadas. En ocasiones, los recursos no han sido eficientemente distribuidos y no se ha logrado restablecer la calidad de vida de los afectados. Un cambio al respecto es la estructuración de fondos de financiación a nivel regional y local que garanticen reservas presupuestales para la gestión de inundaciones; de esta manera, el nivel local contaría con recursos disponibles en caso de emergencias y se agilizarían las actuaciones de mitigación, respuesta y recuperación.

8.1.3 De las causas de las inundaciones en Colombia

Este trabajo aporta datos sobre los efectos de las inundaciones a lo largo del tiempo; sobre todo, presenta información sobre los daños ocasionados por las inundaciones presentadas durante la temporada de lluvias en 2010 -2011.

Los desastres por inundaciones desde 1970 hasta el año 2000 han tenido un costo para Colombia del 2,2% del PIB (US \$2.000 millones del año 2000). Las dos temporadas de lluvias de los años 2010 y 2011 resultaron catastróficas ya que dejaron 4,34 millones de personas afectadas, 203 personas fallecidas y daños por \$7,1 billones de pesos (US \$3.800 millones). Este último evento ha sido el más crítico en la historia por los daños ya que casi duplica las pérdidas acumuladas por inundaciones en treinta años, y el número de personas afectadas que equivalen al 9% del total de la población en Colombia. El desastre se debe a una suma de factores, en su mayoría de carácter antrópico.

En primer lugar la variabilidad climática intensificada por el segundo fenómeno La Niña más severo en 50 años. Aunque en Colombia los desastres por inundaciones ocurren con mucha frecuencia, la falta de información científica, técnica y social representa en sí misma un riesgo. Se evidencian avances en la vigilancia y análisis de las amenazas a escala nacional pero no se dispone de información suficiente y detallada que permita efectuar análisis adecuado a escalas más pequeñas y locales. Muchas de las Corporaciones Autónomas Regionales encargadas de la gestión ambiental del territorio,

apenas adelantan la instalación de sus sistemas de recolección de información para el análisis hidrometeorológico del riesgo de inundaciones.

En segundo lugar el acelerado crecimiento demográfico en las ciudades debido a la migración desde el área rural, no ha logrado ser incorporado en los planes de desarrollo territorial. Esta situación lleva a la formación de asentamientos marginales en los terrenos con mayor amenaza frente a inundaciones y deslizamientos, haciéndolos muy vulnerables. La baja gobernabilidad y la poca presencia institucional, también permiten el crecimiento poblacional en áreas que a pesar de estar protegidas frente a inundaciones, presentan conflictos por el uso del suelo y no deberían ser urbanizables por el riesgo asociado en caso de fallo de las obras de mitigación. Dicha falta de previsión observada, hace necesario mejorar la determinación de la vulnerabilidad del territorio para la gestión integrada de inundaciones.

Otro aspecto que agravó la situación es la inadecuada gestión del suelo. La falta de aplicación de la legislación ha permitido usos no controlados, como la minería y la explotación forestal que afectan el comportamiento hidrológico natural de las cuencas. Además las grandes áreas urbanas impermeabilizadas también incrementan la esorrentía llevando a que las redes hidráulicas naturales o artificiales, resulten insuficientes para evacuar los caudales de crecida.

Es necesario replantear la visión de los gobernantes sobre la prevención del riesgo de inundaciones, las partidas presupuestarias y la importancia de los programas emprendidos para fortalecer las capacidades de adaptación ante desastres; especialmente en un país con múltiples amenazas como Colombia, donde es necesario fortalecer la gestión integrada de riesgos dentro de los planes de ordenamiento del territorio y de los recursos hídricos. Los problemas asociados a inundaciones y al deterioro de los recursos hídricos no se limitan a una falta de coordinación interinstitucional; están más asociados a fronteras institucionales, a burocracia y al solape de responsabilidades, estos dejan graves vacíos que no son atendidos por el Estado.

8.1.4 De la propuesta metodológica para incorporar la Gestión Integrada del Riesgo de Inundaciones

Este trabajo aporta una propuesta metodológica para incorporar la Gestión Integrada del Riesgo de Inundaciones al municipio de la Victoria, Valle del Cauca, Colombia. Se han revisado diferentes medidas de gestión y se presenta un modelo donde los componentes del plan están relacionados entre sí e incorporan aspectos socioeconómicos, técnicos y ambientales para reducir el riesgo de inundación y mejorar la capacidad de resiliencia de la localidad.

La propuesta se basa en los métodos de evaluación del riesgo aplicados en otros países, se toman aspectos claves de la determinación de la amenaza del PATRICOVA y el INUNCAT, adaptando los criterios de clasificación al contexto colombiano. Algo similar ocurre en la determinación de la vulnerabilidad donde se han buscado dos formas de estimación: la primera prevé limitaciones en la disponibilidad de información y la segunda, tiene en cuenta que la transferencia de tecnología y conocimiento debe considerar la experiencia nacional sobre la gestión de inundaciones y desastres.

La Gestión Integrada del Riesgo de Inundación en el municipio de La Victoria debe apoyarse en el fortalecimiento institucional, la participación ciudadana y los procesos colaborativos de toma de decisiones para la construcción de planes de actuación acordes a las necesidades de todos los involucrados y además, sostenibles en el tiempo. El fortalecimiento institucional debe lograr el cumplimiento de todo el marco normativo para la Gestión Integrada del Riesgo de Inundaciones. Toda la información consultada muestra que las causas antrópicas del desastre por inundaciones tienen una fuerte relación con la falta de autoridad local y de aplicación de la legislación sobre el uso del suelo y el agua.

La participación ciudadana en la toma de decisiones tiene beneficios que van más allá de estar de acuerdo con las actuaciones a emprender, ya que permite un mejor conocimiento del comportamiento de las amenazas en el entorno, una mejor respuesta a emergencias, mayor colaboración con las instituciones y da información más acertada sobre las necesidades de los afectados para superar las crisis y acelerar los procesos de recuperación tras un desastre.

Por tanto, esta propuesta metodológica recoge los aspectos identificados y se constituye en un punto de partida para mejorar la gestión del riesgo de inundaciones en Colombia, a partir de la aplicación de las siguientes actividades: Estudios previos, Evaluación del Riesgo Actual y Futuro, Plan de Actuaciones de Prevención y Mitigación, Plan de Emergencias, Sistema de Alerta Temprana y Pronóstico, Plan de Rehabilitación y Reconstrucción, y Evaluación de la Gestión.

La Evaluación del Riesgo de inundación es el factor determinante para direccionar todas las actuaciones y planes. El proceso requiere de estudios preliminares amplios sobre aspectos técnicos, ambientales y socioeconómicos que pueden ayudar a estimar la magnitud de la amenaza y de la vulnerabilidad en el territorio. La mayoría de metodologías apuntan a la construcción de mapas de zonificación del riesgo de inundación, y así se ha reflejado en la propuesta metodológica para el municipio de La Victoria.

El grado de amenaza se describe a partir de la frecuencia de ocurrencia del evento y la magnitud depende, entre otros, del nivel alcanzado por el agua y la velocidad. Para el caso de estudio se adapta la clasificación del PATRICOVA, así: se definen 6 rangos de amenaza donde 1 corresponde a amenaza alta y 6 al grado más bajo, los periodos de retorno se ajustan a 25, 100 y 200 años; la magnitud de cada escenario de amenaza se determina considerando el peligro si: el nivel alcanzado por el agua es mayor o menor a 0,8 m, la velocidad de flujo supera 1,0 m/s, y cuando el producto del calado y la velocidad supera 0,5 m²/s.

La evaluación del comportamiento de la amenaza se realizará aplicando modelos hidráulicos 2D ya que permiten determinar el área inundable, el calado, la velocidad de propagación y tienen subrutinas para evaluar el fallo de algunas estructuras de protección. Esta información será de utilidad para cuantificar la amenaza de una inundación y mejorar los mapas de zonificación del riesgo y de rutas de evacuación, teniendo en cuenta el recorrido del agua.

La vulnerabilidad es un parámetro de difícil determinación debido a las diferentes condiciones socioeconómicas del área de estudio, a la disponibilidad de información y a

la cuantificación de aspectos cualitativos como la resiliencia. Por lo tanto, en muchos casos se recurre a calificaciones globales de la vulnerabilidad a partir de los daños materiales. Además, si se dispone de suficiente información, se propone elaborar un estudio desagregado que cuantifique la vulnerabilidad por exposición física, fragilidad socioeconómica y falta de resiliencia. Para lo anterior, se aporta la implementación del Índice de Vulnerabilidad Prevaliente, basado en los descriptores aplicados por Gonzales (2005) pero, adaptados al contexto de colombiano con un ajuste de los pesos de ponderación de acuerdo al criterio de expertos a nivel regional.

Es necesario evaluar el grado de riesgo de inundación que el municipio de La Victoria está dispuesto a aceptar. El problema de la gestión se puede enfocar en estrategias de protección y corrección para el máximo riesgo, (inundaciones severas con muy baja probabilidad de ocurrencia), o incorporar el concepto de la inexistencia de una seguridad total viable técnica o económicamente frente a las inundaciones, pero esta decisión debe tomarse en base a criterio experto y al consenso de todos los involucrados.

El Plan de Actuaciones de La Victoria incluye un abanico de medidas estructurales y no estructurales para controlar la amenaza y la vulnerabilidad. La selección se realizará a través de un proceso de toma de decisiones participativo que permita establecer el conjunto de actuaciones útiles para reducir el riesgo actual, prevenir el riesgo futuro y gestionar el riesgo residual.

En el caso de La Victoria, se deben revisar los Planes de Ordenamiento y Manejo de Cuencas Hidrográficas, el Plan de Ordenamiento Territorial y la Norma de Urbanismo para incluir en ellos la gestión del riesgo de inundación. Dentro de las medidas a incorporar en estos planes están la restauración hidrológica y forestal, la recuperación y adecuación de las franjas de protección de los ríos, el establecimiento de restricciones de uso del suelo en función del mapa de zonificación del riesgo, y la priorización de uso del suelo para urbanismo en los terrenos más aptos.

La etapa de Respuesta a Emergencias de La Victoria está compuesta por el Plan de Emergencias, asociado al Sistema de Alerta Temprana y Pronóstico. El primero se ocupa de la preparación y de la respuesta en caso de desastre, y el segundo, se encarga del monitoreo hidrometeorológico, la vigilancia de las obras de protección, y la generación de

alertas e información sobre el comportamiento de los ríos. En ambos se requiere de la participación comunitaria para establecer los protocolos de respuesta, los mapas de rutas de evacuación y la toma de datos.

El Plan de Rehabilitación y Reconstrucción es un aporte a la gestión del riesgo de desastres existente hasta el momento, esta medida no estructural facilita, a las autoridades locales, el acceso a recursos de la nación; propone la generación de un fondo de financiación a nivel local, con el fin de asegurar el dinero necesario para realizar actuaciones en todas las etapas del ciclo de gestión de desastres. También incluye la consecución de herramientas, maquinaria y materiales para la recuperación física; y la atención médica, psicológica y social para ayudar a las personas afectadas a volver a la normalidad.

8.2 SOBRE LOS APORTES DE LA TESINA

Un aporte de la tesina es la caracterización de los efectos de las inundaciones en Colombia, hasta el momento la información disponible sobre el tema, se encuentra aislada, dispersa, incompleta y el acceso a la misma es limitado. Por lo tanto este trabajo contribuye a visibilizar un problema que no se ha incluido en los Planes Nacionales de Desarrollo pero que tiene un fuerte impacto sobre la calidad de vida de las personas y del progreso de las regiones. Hasta el año 2010, las inundaciones se han considerado un desastre menor porque se comparan con la capacidad de daño que producen otros fenómenos como la sismicidad y el vulcanismo. Sin embargo, este trabajo muestra que es el desastre socio-natural más frecuente en el país y el que mayor número de personas afectadas ha dejado a lo largo de la historia. Las tendencias nacionales son similares a los reportes a nivel mundial sobre el aumento continuado la cantidad de emergencias reportadas y en el número de personas afectadas.

En este trabajo se recopila información de diferentes fuentes sobre los 2 años seguidos de desastres y emergencias por las temporadas de lluvias en Colombia, extrayendo información no publicada sobre los efectos de las inundaciones en las personas, cultivos y viviendas, evidenciando la magnitud del desastre ocasionado. El análisis de datos históricos muestra que las medidas emprendidas hasta el momento no logran los objetivos en la mitigación de los efectos adversos en la sociedad. La baja inversión

nacional en la gestión de desastres va en contravía, de las tendencias crecientes de los daños por inundaciones en los últimos 40 años. Se destaca en casi todas las causas de la catástrofe, las debilidades a nivel institucional para hacer cumplir la legislación ambiental y de ordenamiento territorial. El efecto de la variabilidad climática, combinado con el acelerado aumento de la urbanización no planificada sobre áreas con riesgo de inundación y la deficiente gestión del uso del suelo son las principales causas de transformación de las inundaciones en desastres socio-naturales.

La tesina propone una primera aproximación metodológica, como punto de partida para aplicar la Gestión Integrada del Riesgo de Inundaciones en el contexto colombiano. Las actuaciones que se emplean actualmente en los planes de control de inundaciones a nivel mundial han sido revisadas y adaptadas a las condiciones locales del municipio de La Victoria (Valle). La metodología incluye actividades interrelacionadas y organizadas en concordancia con del ciclo de gestión integrada de desastres. La propuesta aborda acciones sobre aspectos sociales, institucionales, económicos, técnicos y ambientales que se identificaron como necesarios en el análisis de las causas de los desastres por inundaciones en Colombia.

Como aporte, se establece un modelo de gestión que incorpora las siguientes etapas: (i) Conocimiento del Riesgo, (ii) Plan de Actuaciones para la prevención y mitigación del riesgo, (iii) Planes de Respuesta a Emergencias y (iv) Planes de Rehabilitación y Recuperación, y (v) Evaluación de la Gestión. Resaltando que en la primera etapa tiene especial importancia la construcción de mapas de riesgo apoyados en SIG, ya que sintetizan el de conocimiento sobre el daño potencial de una inundación y sirven como herramienta para la toma de decisiones. Asimismo, las etapas de gestión restantes resultan ineludibles para garantizar la integralidad.

La propuesta aplicada al caso de estudio consiste en: incorporar información sobre El ENOS para evaluar los caudales de inundación, analizar otras amenazas que pueden afectar en la gestión de inundaciones, valorar ecosistemas estratégicos, incluir un escenario de inundación por fallo de estructuras de protección, evaluar la amenaza para periodos de retorno de 25, 100 y 200 años considerando además las variables calado, velocidad y el producto de ambas. Dependiendo de la disponibilidad de información plantear una estimación de la vulnerabilidad a partir de los daños sobre los bienes o a

partir de indicadores desagregados de exposición física, fragilidad socioeconómica y nivel de resiliencia; aplicar métodos de toma de decisiones participativos para la selección de actuaciones; incluir la participación de la comunidad en la construcción de los planes de respuesta y recuperación; y por último, realizar la evaluación de los resultados para ajustar los planes a los cambios de la amenaza y de la vulnerabilidad en el tiempo.

8.3 FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

El presente trabajo deja abiertas una serie de líneas futuras de investigación que permitan alcanzar un mayor grado de concreción en la generación de herramientas para la gestión integrada del riesgo de inundaciones en Colombia; cabe citar las siguientes:

- Desarrollar análisis geomorfológicos a nivel local/regional como herramienta para la zonificación preliminar de las áreas inundables y priorizar la realización de estudios de detalle sobre el comportamiento de las avenidas y el riesgo de inundación.
- Desarrollar modelos económicos de toma de decisiones para comparar las pérdidas potenciales en una zona en relación a los costos de puesta en práctica de diferentes actuaciones o estrategias de mitigación, para determinar su justificación.
- Definir herramientas para cuantificar la vulnerabilidad teniendo en cuenta la complejidad de análisis multicriterio.
- Desarrollar estrategias de divulgación y concienciación social sobre el riesgo de inundación y sus consecuencias.
- Contribuir a la sistematización y generación de información útil a nivel local para el análisis de inundaciones. La información que se encuentra aislada y dispersa debe ser centralizada para lograr un procesamiento de datos incompletos o inadecuados; las herramientas de manejo de información deben ser accesibles para diferentes niveles de usuarios, con el fin de democratizar la información para la toma de decisiones y el desarrollo del conocimiento.
- Implementar mecanismos que consideren la participación de la sociedad.

Al margen de todo lo anterior, quedan algunas tareas pendientes, por parte de las organizaciones e instituciones involucradas, en la gestión del riesgo de inundaciones como:

- Integrar estudios de cambio de uso del suelo en la cuenca y en la planicie de inundación a los escenarios de simulación, como herramientas de mejora ante la amenaza y la vulnerabilidad en el futuro.
- Generar un sistema a nivel local de recolección de información, acoplado a SIG y conectado a los sistemas nacionales de información como IDEAM, SIAC, SIG-OT, SIGSVC para crear una base de datos sólida referente a datos hidrometeorológicos, comportamiento de las amenazas asociadas, la respuesta de las instituciones y de la población.
- Establecer un marco adecuado para promover iniciativas legislativas en materia de riesgo de inundación que permitan desarrollar un contexto legal sólido.

9 BIBLIOGRAFIA

- Abuja, S & Ceballos, M. 2010. *Desplazamiento urbano y migración en Colombia*. Oxford, UK. : Migraciones Forzadas Revista. Oxford Department of International Development. Centro de estudios sobre refugiados, 2010. MRF-34 (03/2010).
- ACA. 2010. *Agencia Catalana del Agua. Planificación de Espacios Fluviales de Cataluña*. Barcelona : s.n., 2010.
- . 2009. *Plan de emergencia especial por inundaciones. INUNCAT. Agencia Catalana del Agua*. Barcelona : s.n., 2009
- Accion Social. 2011. Estadísticas de población en situación de desplazamiento. *Reporte del registro unico de población desplazada*. [En línea] Subdirección de Atención a Población Desplazada de Acción Social, 31 de 03 de 2011. [Citado el: 04 de 10 de 2011.] <http://www.accionsocial.gov.co/EstadisticasDesplazados/>.
- Aguilar, AM, Bedoya, G & Hermelin, M. 2008. *Inventario de los desastres de origen natural en Colombia, 1970-2006. Limitantes, tendencias y necesidades futuras. (Articulo) Revista Gestion y Ambiente. Vol 11, no 1. 2008.*
- Amaya, M. 2002. *Informe nacional de Colombia sobre la gestión relacionada con el manejo de cuencas. (Articulo) En Congreso REDLACH. Publicado en el III Congreso de Cuencas*. Bogotá : s.n., 2002.
- APFM, OMM & Asociacion Mundial para el Agua. 2009. *Gestion Integrada de Crecidas: Documento conceptual*. Ginebra : Programa Asociado de Gestion de Crecidas (APFM), Organización Meteorológica Mundial (OMM), Asociacion Mundial para el Agua, 2009. 978-92-63-31047-7.
- Aranud-Fassetta, G & Fort, M. 2008. *The integración of functional space in fluvial geomorphology, as tool for mitigating food risk. application to the left-bank tributaries of the Aude river, mediterraeen france. [Article]. 4th ECRR conference on river restoration*. Venice, Italy : s.n., 2008.
- Arias, M. 2002. *Informe Nacional de Colombia sobre la gestión relacionada con el manejo de cuencas. Planeacion Ambiental y Desarrollo. Articulo para III Congreso de cuencas*. Bogotá, Colombia : s.n., 2002.
- Aristizabal, E & Yokota, Sh. 2006. *Geomorphology applied to landslide occurrence in the Aburra Valley. Articulo Revisa Dyna, Vol 73. Número 149. Universidad Nacional sede Medellin*. Medellin : Redalyc, 2006. págs. 5-16.

- ARMCANZ. 2005. *Foodplain management in Australia: best practice principles and guidelines*. SCARM Report 73. Victoria : The Agriculture and Resource Management Council of Australia and New Zeland, 2005. ISBN0643060340.
- Ayala, C.O. 2009. *Metodología para determinar el riesgos de inundación debida al desbordamiento de un cauce aluvial*. Tesis MSc en Desarrollo Sustentable. Universidad del Valle & Tulane University. Cali, Colombia : s.n., 2009.
- Baena, C. 2011. *Retos de Colombia frente a la gestión del riesgo de desastre natural*. (Artículo) Revista Forum no2. Medellin : s.n., 2011.
- Banco Mundial. 2010. *Informe sobre el desarrollo mundial 2010. Desarrollo y cambio climático. Panorama general un nuevo clima para el desarrollo*. Washington D.C. : Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento/Banco Mundial, 2010.
- Barredo, J, et al. 2000. Comparing heuristic landslide hazard assesment techniques using GIS in the Tirajana basin , International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation,. [Online] 2000. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0303243400850229>. 0303-2434.
- Bates, BC, et al. 2008. *El Cambio Climático y el Agua. Documento técnico del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*. Ginebra : Secretaría del IPCC, 2008. p. 224.
- Bell, R & Glade, T. 2004. *Multi-hazard analysis in natural risk assesments*. Risk Analysis. 2004. pp. 197-206. Vol. IV.
- Bonachea P, J. 2006. *Desarrollo, aplicación y validación de procedimientos y modelos para la evaluación de amenazas, vulnerabilidad y riesgo debidos a procesos geomorfológicos*. Tesis. Santander, España : Universidad de Cantabria. Departamento de Ciencias de la Tierra y Física de la Materia Condensada, 2006. 9788469035757.
- Briceño, S. 2011. DNP. *Departamento Nacional de Planeacion*. [En línea] 29 de 08 de 2011. [Citado el: 29 de 08 de 2011.] <http://www.dnp.gov.co/Programas/Ambiente/TallerAdaptaci%C3%B3nCambioClim%C3%A1tico/PresentacionesTaller.aspx>.
- Brown, M.E. & Funk. 2008. *“Climate - Food security under climate change”*. 2008. Vols. p. 580-581.
- CAF. 2000. Corporación Andina de Fomento. *Las lecciones de El Niño. Colombia. Mem. El Niño 1997-1998. Retos y propuestas. Región Andina. Volumen III. 223p*. Caracas :, 2000.

- Cannon, T. 2003. *Vulnerability Analysis, Livelihoods and Disasters Components and Variables of vulnerability: modeling and analysis for disaster risk management*. s.l. : Indicators for disaster risk management, information and indicator program for disaster risk management. IADB-ECLAC-IDEA, 2003.
- Cantabria, Gobierno de. 2010. *INUNCANT. Plan Especial de Protección Civil de la Comunidad Autónoma de Cantabria ante el riesgo de Inundaciones*. Santander : s.n., 2010.
- Cardona, O. 2010. *Indicadores de riesgo de desastre y gestión de riesgo: programa para América Latina y el Caribe. Informe resumido*. Washington DC : BID. Banco Interamericano de Desarrollo. IDEA- Instituto de Estudios Ambientales de la Universidad Nacional de Colombia, 2010.
- . 2005. *Indicadores de riesgo de desastre y de gestión de riesgos. Informe Técnico Principal*. Manizales : IDEA. Instituto de Estudios Ambientales, Universidad Nacional de Colombia. BID. Banco Interamericano de Desarrollo, 2005.
- . 2001. *La necesidad de repensar de manera holística los conceptos de vulnerabilidad y riesgo "una crítica y una revisión necesaria para la gestión"*. Artículo Int. *Work-conf. on vulnerability in Disasters theory and practice*,. Wageningen : disasters studies of Wageningen University and research centre, 2001.
- . L, Yamin et. al. 2007. *Información para la gestión del riesgo de desastres. Estudios de caso de cinco países. Caso de Estudio Colombia*. ONU, BID & CEPAL. Mexico : Naciones Unidas, Banco Interamericano de Desarrollo & Comisión Económica para América Latina y el Caribe, 2007.
- Carrara, A, et al. 1991. *GIS techniques and statistical models in evaluating landslide hazard. Earth Surface Processes and Landforms*. 1991. pp. 427–445. Vol. 16.
- Carvajal-Escobar, Y & Ordoñez, C. 2010. Cambio climático. [book auth.] M Pérez, J Rojas & C Ordoñez. *Desarrollo sostenible: principios, aplicaciones y lineamientos de política para Colombia*. Cali, Colombia. : Universidad del Valle, 2010.
- . 2010b. Problemas ambientales en Colombia: cambio climático. [book auth.] M Perez, J Rojas & C Ordoñez. *Desarrollo sostenible*. Cali, Colombia : Universidad del Valle, 2010, p. 350p.
- Carvajal-Escobar, Y & Quintero, M. 2007. *Prácticas útiles de adaptación frente a eventos hidrometeorológicos asociados al cambio y la variabilidad climática en América Latina y el Caribe. Documento Técnico. Conceptos Fundamentales*. Cali, Colombia : Universidad del Valle, Grupo de investigación en ingeniería de recursos hídricos y desarrollo de suelos y aguas- IREHISA, IAI, 2007.
- . & Garcia, M. 2008. *Women's role in adapting to climate change variability. (Article)*. *Advances in Geosciences*. 14. p 277-280. Cali, Colombia : s.n., 2008.

- Carvajal-Escobar, Y. 2011. *Adaptación a la variabilidad climática y el cambio climático con énfasis en el contexto vallecaucano y colombiano. Trabajo para ascenso de escalafón a profesor titular. Universidad del Valle. Cali, Colombia : Universidad del Valle, 2011.*
- . 2010. *Efectos de la variabilidad climática (VC) y el cambio climático en los recursos hídricos de Colombia. Inpress. Escuela EIDENAR. Cali, Colombia : Universidad del Valle, 2010. pág. 15p.*
- . 2010a. *Dimensiones para usar metodologías en la estimación de caudales ambientales en Colombia. Inpress escuela EIDENAR. Cali, Colombia : Universidad del Valle, 2010a. pág. 25p.*
- . 2004. *El uso de funciones ortogonales empíricas y análisis de correlación canónica en el estudio de variabilidad hidrometeorológica aplicación al Valle del Cauca - Colombia. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España : UPV, 2004. pág. 425p.*
- Castro, E & Carrasco, L. 2011. *Utilización de modelos matemáticos para la formulación de una propuesta de gestión ambiental en la zona noroccidental del río Cali. Trabajo de grado. Especialista en Gestión Ambiental Local. Pereira, Colombia : Universidad Tecnológica de Pereira, 2011.*
- CEPAL. 2009. *Colombia. Análisis de información sobre riesgos. Capítulo 2. Chile : CEPAL, 2009.*
- CEPREDENAC/PNUD. 2005. *La gestión local del riesgo. Conceptos y prácticas. Pichincha, Ecuador : Programa regional para la gestión del riesgo en América Central, 2005.*
- Cendrero, A. 1997. *La interpretación de la problemática ambiental: enfoques básicos. (Dialnet). Vol 2. Pag 23-90. España : Fundación Universidad-Empresa, 1997.*
- CIRF. 2006. *La riqualificazione fluviale in Italia. Linee guida, strumenti ed esperienze per gestire i corsi d'acqua e il territorio. A Nardini et al. Centro Italiano per la Riqualificazioni Fluviale. Mestre (VE) Italy : s.n., 2006.*
- Collins, M, et.al.. 2010. *The impact of global warming on the tropical Pacific Ocean and El Niño. Nature Geoscience, Vol 3 pp 391-397. 2010.*
- Colombia Humanitaria. 2011. *Regiones y Población Afectada, cifras actualizadas primer trimestre de 2011. Mininterior. Bogotá. : s.n., 2011a.*
- . 2011a. *Reporte diario fenómeno de La Niña 2010-2011. Agosto 30/2011. Bogotá DC. : Ministerio del Interior, 2011.*
- . 2011b. *Reporte diario fenómeno de La Niña 2010-2011. Mayo 03/2011. Bogotá DC. : Ministerio del Interior, 2011.*

Colombiassh.org. 2011a. *Colombia inundaciones 2010-2011. Informe de situacion No 36. 06/07/1011. Colombia ssh. Sala de Situación humanitaria. 2011a.*

Costa, C. 2009. *Declaración oficial de la delegación de Colombia en la segunda sección de la Plataforma Global para la Reducción del Riesgo de Desastres.* s.l. : EIRD. Estrategia Internacional para la Reducción del Riesgo de Desastres en America Latina, 2009.

CVC. 2011. *Hacia una planeación integral del agua. Introducción a la reducción del riesgo de inundación.* Bogotá DC : Corporacion Autonoma Regional del Valle del Cauca (CVC), 2011. Foro por el Agua, DNP (Junio 30/2011).

—. 2011. *Operación de Salvajina y regulación del río Cauca.* Cali : Corporacion Autonoma Regional del Valle del Cauca (CVC). Direccion tecnica ambiental, Grupo Recursos Hídricos, 2011. Taller Ideam Cali, (08/29/2011).

—. Universidad del Valle & Eidenar. 2007. *PMC. Proyecto de Modelación Río Cauca. Optimización del modelo hidrodinámico y generación de mapas de inundación del río cauca. Tramo Yumbo -Toro Vol. 14.* Cali : s.n., 2007.

Cupples, J. 2007. *Gender and hurricane Mitch: Reconstructing subjetivities after disaster.* (Article). *Disasters* No31. p 155-175. 2007.

DAGMA. 1997. *Cali, La ciudad de los siete rios.* Departamento Administrativo de Gestion Ambiental. Cali, Colombia : s.n., 1997.

DANE. 2010. *“Misión para el Empalme de las Series de Empleo, Pobreza y Desigualdad (MESEP) entrega series actualizadas al Gobierno Nacional”, disponible en www.dnp.gov.co.* 2010.

Davis, I. 2003. *The effectiveness of current tools for identification, measurement analysis and synthesis of vulnerability and disaster reduction.* s.l. : Indicator for disaster risk management, Information and indicators program for disaster risk management. IADB-ECLAC-IDEA, 2003.

Di Baldassarre, G, Alfonso, L and Casale, G. 2011. *KULTURisk: Knowledge-based approach to develop a cULTURE of Risk prevention.* [Online] UNESCO-IHE, 2011. <http://www.kulturisk.eu/>.

DNP. 2010. *Ciudades colombianas: caracterización, oportunidades y desafíos.* Portal web Departamento Nacional de Planeacion. [En línea] 2010. <http://www.dnp.gov.co/Programas/ViviendaAguayDesarrolloUrbano/DesarrolloUrbano/Ciudadescolombianascaracterizaci%C3%B3noportunidad.aspx>.

—. 2011a. *Plan Nacional de Desarrollo 2010 - 2014 "Prosperidad para todos". Resumen ejecutivo.* Bogotá D.C. : Departamento Nacional de Planeación, 2011a.

—. 2011b. *Plan Nacional de Desarrollo 2010 -2014. Capitulo VI. Sostenibilidad ambiental y prevención del riesgo*. Bogotá D.C. : Departamento Nacional de Planeación, 2011b.

Dourojeanni, A & Jouravlev, A. 1999. *Gestión de cuencas y rios vinculados con centros urbanos*. Chile : Cepal, 1999.

—.& Chavez, G. 2002. *Gestión del agua a nivel de Cuencas. Serie Recursos Naturales e Infraestructura 47. Cepal*. Santiago de Chile, : Naciones Unidad, Cepal, 2002.

DPRR. 2006. *Spatial Planning Key Decision Room for the River. Approved decisión 19 december 2006. Programme Directorate Room for the River*. Utrecht : s.n., 2006.

Duque, A. 2011. *Colombia, octavo deforestador del mundo*. Bogota DC : UN Periodico, Universidad Nacional de Colombia, 2011. ISSN 1657-0987.

EFE. 2011. El cambio climático y el desarrollo amenazan la biodiversidad de Suramérica. *El espectador*. 17 de 05 de 2011.

EIRD. 2002. Vivir con el Riesgo: Un repaso mundial de iniciativas en reducción de desastres. *Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, La Reducción de Riesgos de Desastres un desafío para el desarrollo (S. 20)*. [En línea] 2008 de 2002. [Citado el: 30 de 09 de 2011.] www.unisdr.orgwww.unisdr.org.

EIRD/ONU. 2011. *Informe de evaluación global sobre la reduccion del riesgo de desastres*. Ginebra : Green Ink, Devon, Reino Unido, 2011.

Elespectador.com. 1984. *Con el Agua hasta el cuello. Nacion. (Archivo) 10/12/1984*. 1984.

EM-DAT. 2011. The International Disaster Database. OFDA/CRED. Centre for research on the epidemiology disasters. [En línea] Université Catholique de Louvain - Brussels - Belgium, 20 de 09 de 2011. [Citado el: 20 de 09 de 2011.] www.emdat.be. v.12.07.

Escuder, I, et.al.. 2010. *SUFRI- WP3. Strategies of Urban Flood Risk Management. Riesgo residual y análisis de vulnerabilidad. Universidad Politecnica de Valencia . Valencia, España : s.n., 2010*.

EFE. 2011. El cambio climático y el desarrollo amenazan la biodiversidad de Suramérica.

Ferrer Polo, J. 2010. Retos y oportunidades de la Directiva sobre la evaluación y gestión de los riesgos de inundación. Coordinacion entre la Directiva de Inundaciones y la Marco del Agua. [ed.] Oficina de Planificación Hidrológica. Confederación Hidrológica del Júcar. Barcelona : Agència Catalana de l'Aigua y el Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino, 2010. p. 41.

FEMA. 2005. *Federal Emergency Mamageent Agency. HAZUS. MultiHazard Loss Estimation Methodology*. Washington, D.C. : s.n., 2005.

—. 2012. HAZUS. *FEMA's Methodology for Estimating Potential Losses from Disasters*. [En línea] Federal Emergency Management Agency. U.S. Department of Homeland Security, 2012. <http://www.fema.gov/plan/prevent/hazus/index.shtm>.

Fernandez, J. 2011. *Ingeniería fluvial: Aspectos técnicos y medioambientales. Tema 7. Modelación matemática y física*. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España : s.n., 2011.

Fleta, J, et.al.. 2006. *Flooding areas and risk analysis of Catalonia, (INUNCAT)*. (Article) 5th European Congress on Regional Geoscience Cartography and Information Systems. Vol II, 458-500. Barcelona : s.n., 2006.

FLOODsite. 2008. *Review of flood hazard mapping- report T03-07-01. Integrated flood risk analysis and management methodologies-integrated project*. 2008.

FOPAE. 2010. *Plan Distrital para la Prevención y Atención de Emergencias de Bogotá. PDPAE. Sistema de Información para la Gestión de Riesgos y Atención de Emergencias*. Bogotá : s.n., 2010.

Ganapati, N. 2012. *The good company: Why social capital matters for women during disaster recovery*. (Article). *Public Administration Review* vol 72. Issue 3. P 419-427. Florida, USA : s.n., 2012. doi: 10.1111/j.1540-6210.2011.02526.x.

Generalitat Valenciana. 2002. *PATRICOVA. Plan de Acción Territorial de carácter sectorial sobre prevención del Riesgo de Inundación de la Comunidad Valenciana*. Valencia : Dirección General de Urbanismo y Ordenación Territorial, 2002.

Glantz, M, H. Katz & R. K. Nicholls. 1991. *Teleconnections linking worldwide climate anomalies*. Cambridge, USA : Cambridge University press, 1991.

Gomez, HJ. 2011. *Los retos ambientales de la nueva infraestructura: adaptación al cambio climático y gestión del riesgo*. (Memorias de Conferencia). Evento Por el Agua, Departamento Nacional de Planeación. Bogotá : Alianza colombiana - holandesa por el agua, 2011.

González, D. 2005. *Un modelo integral para la valoración del riesgo de inundación. Caso Pueblo Viejo, Veracruz, México*. Tampico : s.n., 2005.

González, JL. 2008. *Mapas de riesgos naturales en la ordenación territorial y urbanística*. [Acta de conferencia]. CONAMA. 9no Congreso Nacional de Medio Ambiente. Madrid : s.n., 2008.

GWP y Noruega, Min. Asun. Exteriores. 2005. *Estimulando el cambio. Manual para el desarrollo de estrategias de gestión integrada de recursos hídricos (GIRH) y optimización del agua*. s.l. : Global Water Partnership (GWP), 2005. 91-85321-55-9.

GWP. 2000. *Global Water Partnership. Manejo integrado de los recursos hídricos. Documento base No 4.* Estocolmo : Comité Técnico de la Asociación Mundial para el Agua (en inglés, GWP/ Global Water Partnership), 2000.

Hermelin, M. 2005. *25 años de desastres causados por fenómenos naturales en Colombia. 1979 -2004. Memorias X Congreso colombiano de Geología.* Bogotá, Col : s.n., 2005.

IDEA, Instituto de Estudios Ambientales & BID, Banco Interamericano de Desarrollo. 2002. *Programa de Información e Indicadores de Gestión de Riesgos. Amenaza, vulnerabilidad, riesgo, desastre, mitigación, prevención. Primer acercamiento a conceptos, características y metodologías de análisis.* Bogotá, Colombia : Universidad Nacional de Colombia, 2002.

IDEA-CORMAGDALENA. 2001. *Estudio ambiental de la cuenca Magdalena - Cauca. Elementos para su ordenamiento territorial.* Cartagena : s.n., 2001.

IDEAM. 2011. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. [En línea] 08 de 2011. [Citado el: 31 de 08 de 2011.] <http://institucional.ideam.gov.co/jsp/loader.jsf?IServicio=Publicaciones&ITipo=publicaciones&IFuncion=loadContenidoPublicacion&id=836>.

—. 2011b. Instituto nacional de hidrología, meteorología y estudios ambientales. *Mapas de precipitación y temperatura.* [En línea] Ideam, 11 de 2011 (b). <http://institucional.ideam.gov.co:8080/jsp/loader.jsf?IServicio=Publicaciones&ITipo=publicaciones&IFuncion=loadContenidoPublicacion&id=377>.

—. 2010. *Estudio nacional del agua 2010.* Bogotá DC : Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, 2010.

—. 2004. *Informe anual sobre el estado del medio ambiente y los recursos naturales renovables en Colombia.* Bogotá DC : Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, 2004. Vol. Capítulo 3.

—. 2001. *El medio ambiente en Colombia. Editado por Leyva, P. .* Bogotá, Colombia : Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), 2001.

—. 2010b. *Informe sobre el cambio climático en Colombia. Resumen ejecutivo. Editado por Ruiz, JF.* Bogotá D.C. : IDEAM, 2010.

IGAC, IDEAM & DANE. 2011a. *Reporte Consolidado de Áreas Afectadas por inundaciones, 2010-2011. Mayo 2011.* 2011a.

—. 2011. *Reporte de Áreas afectadas por las inundaciones 2010 - 2011.* Bogotá DC : Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales; Departamento Administrativo Nacional de Estadística, 2011.

- INETER & COSUDE. 2005. *Inundaciones Fluviales, Mapas de amenazas. Proyecto Metodologías para el análisis y manejo de los riesgos naturales. (MET-ALARN)*. Agencia Suiza para el Desarrollo y Cooperación. COSUDE. Instituto Nicaraguense de Estudios Territoriales. INETER. Managua, Nicaragua : s.n., 2005.
- IPCC. 2001. *Climate Change 2001: Synthesis Report. A Contribution of Working Groups I, II, and III to the Third Assessment Report of the*. Cambridge- United Kingdom, and New York, NY, USA : [Watson, R.T. & the Core Writing Team (eds.)]. Cambridge University Press, 2001. pág. 398.
- Jimenez E, H. 2004. *La conciencia ciudadana en el manejo de las cuencas hidrográficas en Cali - Colombia*. *Revista Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente*. Cali, Colombia : Universidad del Valle, 2004. págs. 28-32. Vols. I, num 1. 1692-9918.
- K Jha, A, Bloch, R & Lamond, J. 2012. *Cities and flooding. A guide to integrated urban flood risk management for 21st century*. Washington, USA : The World Bank; GFDRR, 2012. ISBN 9780-0-8213-8866-2.
- Kelman, I & Spence, R. 2004. *An overview of flood actions on buildings*. [Article]. *Journal: Engineering Geology*. Vol 73, Issues 3-4, p 297-309. 2004.
- Lambrou, Y & Piana, G. 2006. *Gender: The missing component of the response to climate change*. FAO. Gender and Population Division. 44p. s.l.: Food And Agriculture Organization of the United Nations. Sustainable Development Department, 2006.
- Magaña, V. 2004. *El cambio climático global: Comprender el problema*. En: *Cambio climático: una mirada desde México*. INE, pag 18. Mexico : s.n., 2004.
- Magrin, G., et al. 2007. *Latin America. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Group II, IV Report IPCC*. Cambridge Univ. Press, Cambridge, UK, 581-615.
- Mantilla, G, Oliveros, H & Barnston, A. 2009. *The role of ENSO in understanding changes in Colombia's annual malaria burden by region, 1960-2006*, *Journal*, 8 (1), p.6. 2009.
- Marquez, German. 2011. *Doble historia de las inundaciones. Entre la fertilidad y la catástrofe*. *Revista El Malpensante*. 2011, 119.
- Mateu, JF. 1990. *Avenidas, y riesgo de inundación en los sistemas fluviales mediterráneos de la península ibérica*. [Art]. *Boletín de la asociación de geógrafos españoles*, No 10. 1990. págs. 45-86.
- Mauro, A. 2007. *Desastres Naturales. El aporte de la meteorología a través de un sistema de pronósticos*. Universidad Santiago de Chile. Seminario de Economía y Meteorología. 2007.

- McLuckie, D, et.al.. 2010. *Chapter 10 - Managing risk to future development*. in D Mclukie & J Kandasamy (eds), *Floodplain risk Management*. University of Technology Sydney Course Notes. Sydney : s.n., 2010.
- Mendiondo, E.M. 2005. *Flood risk management of urban waters in humid tropics: early-warning, protection and rehabilitation*, Invited Paper In: C. Tucci & J. Goldenfum (orgs). *Workshop on Integrated Urban Water Managment. in humid tropics UNESCO IHP-VI (Int. Hydrol. Program)*. Foz de Iguazu, Brasil : s.n., 2005.
- Menke, U & Nijlan, H. 2008. *Flood risk management and river restoration*. (Article) 4th. *ECRR Conference on River Restoration*. Chapter 5. session 4. . Lelystad, The Netherlands : ECRR, 2008.
- Mesa, O. 2008. *A donde va a caer este globo? Acerca del futuro de la tierra*. Universidad Nacional de Colombia. 348 p. Medellin, Colombia : s.n., 2008.
- Ministry of Transport, Public Works and Water Management, The Netherlands. 2008. *Flood risk, Understanding concepts*. Holanda : Directorate - General of Public Works, 2008.
- MJI España. 1995. *Ministerio de Justicia e Interior de España. Directriz Básica de Protección Civil frente al Riesgo de Inundación*. Madrid : s.n., 1995.
- Moreno, H, et.al.. 2006. *La lluvia y los deslizamientos de tierra en Antioquia. analisis de su ocurrencia a escala interanual, intranual y diaria*. *Revista EIA No 5*. Medellin : Escuela de Ingenieria de Antioquia, 2006. págs. 59-69.
- Morrow, B & Enarson, E. 1996. *Hurricane Andrew through Women's Eyes: Issues and Recommendations*. *International Journal of Mass Emergencies and Disasters* 14(1): 1-22. 1996.
- Munich R. 2008. *Worldwide distribution of natural disasters in 2005. Mission & Disaster Reduction Profile*. Munich Reinsurance Company. Munich, Alemania : s.n., 2008.
- Murcia, Gobierno de. 2007. *INUNMUR. Plan Especial de Protección Civil ante el riesgo de Inundaciones de la Comunidad Autonoma de la Región de Murcia*. Murcia : s.n., 2007.
- Naranjo, LG. 2010. *CVC. Corporacion Autonoma Regional del Valle del Cauca*. [En línea] PDF, 10 de 06 de 2010. [Citado el: 01 de 09 de 2011.] <http://www.cvc.gov.co/vsm38cvc/>.
- National Flood Risk Advisory Group. 2008. *Flood risk management in Australia, The National Flood Risk Advisory Group introduces and discusses the National Flood Risk Management Guideline*. [Article by McLuckie, D]. *The Australian Journal of Emergency Management*, Vol 23, no 4. Australia : EMA, 2008. ISSN 13241540.

- Netherlands Ministry of Transport, Public Works and Water Management. 2008. *Flood risk, Understanding concepts*. Holanda : Directorate - General of Public Works, 2008.
- NOAA & TAO. 2011. EL NIÑO theme page. *access to distributed information on El Niño*. [En línea] 11 de 2011. http://www.pmel.noaa.gov/tao/elnino/nino_normal.html.
- NSW Government. 2005. *Floodplain Development Manual: the management of flood liable land, Department of infrastructure, Planning and Natural Resources*, . Sydney : s.n., 2005.
- OCHA Colombia. 2011. *Informes de desastres naturales. Inundaciones 2010-2011. Informes de situación No 24 a 40 & 01 - 05 (7 abril a Dic 29 de 2011)* Oficina para la Coordinación de Asuntos Humanitarios | Naciones Unidas Colombia. 2011.
- OCHA. 2011. *Emergencias en America Latina y el Caribe. PANORAMA Trimestral | Abril a Junio 2011 | Año 2- Volumen No. 6*. (. 2011).
- O'Connor, R, Bord, R & Fischer, A. 1998. *The curious impact of knowledge about climate change on risk perceptions and willingness to sacrifice, risk decision and policy*. 3. p 145-155. 1998.
- Ojeda, E & Arias, R. 2000. *Informe nacional sobre gestión del agua en Colombia. Recursos hídricos, agua potable y saneamiento*. 2000. p. 120p.
- Ollero-Ojeda, A. 1997. *Crecidas e inundaciones como riesgo hidrológico, un planteamiento didáctico. Artículo. Revista Lurralde inves. esp*. 1997. págs. 261-283. ISSN 1697-3070.
- Olthuis, K & Keuning, D. 2010. *Float!: Building on water to combat urban congestion and climate change*. The Netherlands : s.n., 2010. ISBN 10907717429X.
- OMM. 2009. *Gestión Integrada de Crecidas: Documento conceptual*. Ginebra : Organización Meteorológica Mundial (OMM), 2009. 978-92-63-31047-7.
- ONU, BID; CEPAL. 2007. *Información para la gestión del riesgo de desastres. Estudios de caso de cinco países. Caso de Estudio Colombia*. Mexico : Naciones Unidas, Banco Interamericano de Desarrollo & Comisión Económica para América Latina y el Caribe, 2007.
- ONU. 2005. ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS. *Conferencia mundial sobre reducción de desastres; Informe de país El Salvador*. [En línea] 03 de 2005. http://www.unisdr.org/wcdr/prparatory-process/nacional-reports/El_Salvador_report.pdf.
- ONU/EIRD. EIRD, Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres, Las Americas. *Organizacion de las Naciones Unidas*. [En línea] <http://www.eird.org/index-esp.html>.

- ONU-HABITAT. 2011. Departamento Nacional de Planeación. Republica de Colombia. [En línea] pdf, 08 de 2011. Taller para la producción del marco conceptual del plan nacional de adaptación al cambio climático. <http://www.dnp.gov.co/Programas/Ambiente/TallerAdaptaci%C3%B3nCambioClim%C3%A1tico/PresentacionesTaller.aspx>.
- OPS/OMS. 2006. *Hospitales seguros ante inundaciones, (Serie Mitigación de Desastres)*. Washington DC : Organización Panamericana de la Salud, Area de Preparativos para Situaciones de Emergencia y Socorro en Caso de Desastre, 2006. ISBN 92 75 32627 4.
- Orozco, E. 1999. *Gestión holística del problema de inundaciones*. [Artículo]. Congreso. Guatemala : s.n., 1999.
- Oxfam. 2011. *¿Cómo evitar otro desastre? Lecciones de la ola invernal en Colombia. Informe 148*. Bogotá DC : Oxfam Internacional , 2011.
- Pandey, N. 2005. *Societal adaptation to abrupt climate change and monsoon variability: Implications for sustainable livelihoods of rural communities, Report, Winrock International*. 228p. New Delhi, India : s.n., 2005. <http://dlc.dlib.indiana.edu/archive/00001606/01/NPSocietalAdaptation.pdf>.
- Paris, M & Hammerly, R. 2007. Los roles institucionales en la gestión de inundaciones. [aut. libro] et Al Restrepo I. *Avances en investigación y desarrollo en agua y saneamiento para el cumplimiento de las metas del milenio*. Cali : Universidad del Valle, 2007, pág. 508.
- PDRR. 2012. FRC. *Flood Resilient City. Programme Directorate Room for the River*. [En línea] The Netherlands Ministry of Infrastructure and Environment, 04 de 2012. <http://floodresiliency.eu/en/imprint/>.
- Perez, C, et.al.. 1998. *Evidencias de cambio climático en Colombia: tendencias y cambios de fase y amplitud en los ciclos anual y semianual*. Bull. Inst. Fr.Études Andines. 27 (3): 537-546. 1998.
- Perez, M.A. 2008. Valencia : Universidad Politécnica de Valencia, Master en Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente, 2008. Modelos para la evaluación de la incidencia del cambio climático en los sistemas de recursos hídricos.
- PNUD. 2008. *El cambio climático y la seguridad nacional. Programa de las Naciones Unidas Para el Medio ambiente*. México. 16p. 2008.
- Popescu, I. 2011. *Modelling as a decision-making tool for flood (and drought) control. (Article) Agua 2011. Ecosystem and society. Flood International Seminar*. Cali, Colombia : Cinara, Univalle & Unesco-IHE, 2011.

- Porto, M F.S & De Freitas, C M. 1996. *Major chemical accidents in industrializing countries: The sociopolitical amplification of risk. in Risk Analysis.* 1996. págs. 19-29. Vol. 16.
- Posada, C, et.al.. 2008. *Informe anual sobre el estado del medio ambiente y los recursos naturales renovables en Colombia. Estudio nacional del agua. Relaciones de demana y oferta hídrica. IDEAM.* Bogotá : Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales. IDEAM, 2008.
- Poveda, G, Alvarez, D & Rueda, O. 2010. *Hydro-climatic variability over the Andes of Colombia associated with ENSO: a review of climatic processes and their impacto on one of the Earths's most important biodiversity hotspots. Clim Dyn.* v.35 No.6. pag 1-17. 2010.
- Poveda, G. 2004. *La hidroclimatología de Colombia: una sintesis desde la escala interdecadal hasta la escala diurna. Rev. Acad. Colomb. Cienc.* 28 (107). 201-222. 2004.
- PRICC. 2011. (Plan Regional Integrado de Cambio Climático para la Región Capital Bogotá). *PRICC Region Capital.* [En línea] 10 de 07 de 2011. [Citado el: 31 de 08 de 2011.] <http://www.dnp.gov.co/Programas/Ambiente/TallerAdaptaci%C3%B3nCambioClim%C3%A1tico/PresentacionesTaller.aspx>.
- Programa de Valoración Global del Agua de Naciones Unidas. 2003. *Informe sobre desarrollo global de lagua de las Naciones Unidas: Water for people, water for life.* Paris, Nueva York y Oxford : UNESCO (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura) y Bergham Books, 2003.
- Puertas, O & Carvajal, Y. 2008. *Incidencia del El Niño Oscilación Sur en la precipitacion y la temperatura del Colombia utilizando Climate Explorer. en: Ingenieria y Desarrollo. Universidad del Norte.* 23: 104-118. 2008.
- Pulwarty, R.S & H.F. Diaz. 1993. *A study of the seasonal cycle and its perturbation by ENSO in the tropical Americas, IV Inter Conf, South. Hem. Met. Ocean. South. Hem :* American Meteorological Society, 1993. pp. 262-263.
- Queensland Government. 2011. Publications. *Undertanding floods.* [En línea] Office of the Queensland Chief Scientist, 03 de 2011. <http://www.chiefscientist.qld.gov.au/publications/understanding-floods/manage-flood-risks.aspx>.
- Rees, Judith. 2002. *Risks and integrated water resources managment. TEC backgroun papers No. 6.* Estocolmo : Global Water Partnership, 2002.
- Remondo, J, Bonachea, J & Cendrero, A. 2005. *A statistical approach to landslide risk modelling at basin scale: from landslide susceptibility to quantitative risk*

- assessment. *Landslides Journal*. s.l. : Springer Berlin / Heidelberg, 2005. pp. 321-328. 1612-510X.
- Ribera, Ll. 2004. *Los mapas de riesgo de inundaciones: representación de la vulnerabilidad y aportación a las innovaciones tecnológicas*. [Artículo]. *Revista Doc. Anal. Geogr.* 43 pag 153-171. Girona : s.n., 2004.
- Ribstein, P., et al. 1997. *Evenements ENSO er hidrologie de glaciers en Bolivie*. s.l. : en Seminario Internacional sobre las consecuencias del ENSO a escala regional y local., 1997. pp. 327-328.
- Rodriguez, E, et.al.. 2007. *Propuesta metodológica para la generación de mapas de inundación y clasificación de zonas de amenaza. Caso de estudio en la parte baja del Rio las Ceibas, huila.(articulo)* *Revista Avances Recursos Hidricos no 16*. . Bogotá DC. Colombia : Universidad Nacional de Colombia, 2007.
- Rodriguez, E, et.al.. 2007. *Propuesta metodológica para la generación de mapas de inundación y clasificación de zonas de amenaza. Caso de estudio en la parte baja del Rio las Ceibas, huila.(articulo)* *Revista Avances Recursos Hidricos no 16*. . Bogotá DC. Colombia : Universidad Nacional de Colombia, 2007.
- Rossel, F. 1997. *Caracterización tipología y zonificación de las consecuencias pluviométricas del ENSO en la costa ecuatoriana*. Quito : Seminario Internacional sobre consecuencias climáticas e hidrológicas del evento El Niño a escala regional y local, incidencias en América del sur, 1997.
- Ruiz, JF. 2010. *Cambio climático en temperatura, precipitacion y humedad relativa para Colombia usando modelos meteorológicos de alta resolucion (Panorama 2011-2100)*. IDEAM-METEO/005-2010 NOTA TECNICA . Bogotá : IDEAM. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, 2010.
- Ruiz, José Franklyn. 2010. *Informe sobre el cambio climático en Colombia. Resumen ejecutivo*. Bogotá D.C. : IDEAM, 2010.
- Sedano, K, Carvajal-Escobar, Y and Avila, A. 2012. *Varibilidad climática, cambio climático y gestión integrada del riesgo de inundaciones en Colombia*. Artículo *Revista Semillas*. Bogotá, Colombia : Grupo Semillas, SWISSAID, 2012. Vol. 46/47.
- Semana.com. 2011. *Diez emergencias que dejo el invierno. (Articulo)* 10/09/2011. Colombia : Revista Semana, 2011.
- Silva, G. 2003. *Control de Inundaciones*. Santa fe de Bogotá, Colombia : s.n., 2003.
- Solera, A. 2003. *Herramientas y métodos para la ayuda a la desición en la gestion sistemática de sistemas de recursos hídricos. Aplicacion a las cuencas de los rios Tajo y Jucar. Tesis doctoral*. Valencia, España : Universidad Politécnica de Valencia, 2003.

- Swiss Re. 2001. *Environmental Report 2001. Achievements and expectations.* by Schmausser E. Group Sustainability Management. Zurich, Suiza : Swiss Reinsurance Company, 2001.
- . 2011. *Sigma No 1/2011.* Zurich : Compañía Suiza de Reaseguros S.A. Economic Research & Consulting, 2011. 270-0111.es.
- Scawthorn, C. 1999. *Modeling flood eventes in the US. (Article) EuroConference on global change and catastrophe risk management.* IIASA. 15p. Luxemburgo, Austria : s.n., 1999.
- Temez, J. 2002. *Obras de defensa y caudales de diseño. [En Libro]. Rios y Ciudades, aportaciones para la recuperación de los ríos y riberas de Zaragoza.* Aut. De la Cal & Peciller.Inst. Fernando Catolico. Zaragoza : s.n., 2002.
- Tucci, C.E.M & Bertoni, J.C. 2006. *Gestión de inundaciones urbanas.* Porto Alegre, Brasil : WHO/OMM, 2006.
- Tucci, CE. 2007. *Gestión de inundaciones urbanas.* Porto Alegre, Brasil : WMO, 2007.
- UNFPA. 2007. *Ciudad, espacio y población el proceso de urbanización en Colombia.* Fondo de Poblaciones de Naciones Unidas. Bogotá : Universidad Externado de Colombia. Centro de investigaciones sobre dinámica social, 2007.
- UNGRD. 2011. *Reporte oficial de afectación y respuesta II temporada de Lluvias 2011.* Unidad Nacional para la Gestion del Riesgo de Desastres. 29/12/2011. 2011.
- . 2010. *Unidad Nacional para la Gestion del Riesgo de Desastres en Colombia. Estado actual perspectivas y prioridades para los preparativos ante desastres en Colombia. [Acta de conferencia].* . Bogotá : UNGRD & Comision Europea de Ayuda Humanitaria, 2010.
- UNISDR. 2011. *GAR 2011. Informe de evaluacion global sobre la reducción del riesgo de desastres 2011. Revelar el riesgo, replantear el desarrollo.* Devon, Reino Unido : Estrategia Internacional para la reducción de desastres de las Naciones Unidas (UNISDR). Green Ink, 2011.
- . 2009. *Terminología sobre reducción del riesgo de desastres.* Ginebra, Suiza : Estrategia Internacional para la reducción de desastres de las Naciones Unidas (UNISDR), 05 de 2009.
- Urrutia, Carolina. 2011. *Plan nacional de adaptación al cambio climático. Departamento nacional de planeacion.* Bogota D.C. : DNP, 27 de 08 de 2011.
- Useche, Diana Carolina. 2011. *Adaptacion basada en ecosistemas, informacion para la toma de decisiones en biodiversidad.* Bogota D.C., Colommbia : Instituto de investigación de recursos biológicos Alexander von Humboldt, 29 de 08 de 2011.

- Valencia, J. 2009. *Recuperacion de cuencas hidrográficas: sostenibilidad ambiental y bienestar social. Ponencia en IX Seminario de administracion pública. Buenas prácticas urbanas*. Medellín, Colombia : Universidad Nacional, 2009.
- Vallejo, A & JA, Velez. 2009. *La percepción del riesgo en los procesos de urbanizacion del territorio. Artículo Revista Letras Verdes*. Ecuador : Programa de Estudios Socioambientales, FLASCO, 2009. págs. 29-31. 1390-4280.
- Vallejo, A. 2008. *La gestion del riesgo en Colombia como herramienta de intervencion pública para la prevención y mitigación de desastres (1982-2008). Artículo. FLACSO ANDES. Centro digital de vanguardia para la investigación de ciencias sociales*. [En línea] 2008. http://www.flacsoandes.org/web/imagesFTP/10181.Proyecto_AVallejo_01.pdf.
- Válles-Moran, FJ. 2007. *Jornadas Técnicas. Estudios de inundabilidad. Ordenación de escorrentias en llanuras de inundación. Estudios de inundabilidad específicos en el margo del PATRICOVA*. Valencia, España : Universidad Politécnica de Valencia, 2007.
- Vargas, J. 2002. *Políticas publicas para la reduccion de vulnerabilidad frente a desastres naturales y socio naturales*. Chile : ONU/CEPAL, 2002.
- Varnes, D. 1984. *Landslide hazard zonation: a review from principles and practice. Commision on Landslides and other Mas-Movements*. Paris : The Unesco Press, 1984.
- Vasquez, H. 2006. *Proyecto PREDECAN - Sistematización de la información existente sobre aspectos institucionales, legales y técnicos en la Gestión del Riesgo en Colombia*. . Bogotá : Secretaria Comunidad Andina & Naciones Unidas, 2006.
- Velasques, A & Jimenez, N. 2004. *Riesgos en el ordenamiento territorial: Inundaciones en Cali, La CVC y el fenomeno ENSO. Seminario internacional ambiental*. Cali : CVC. Corporación Autonoma Regional del Valle del Cauca, 2004.
- . et.al.. 1997. *Capitulo 4. Actores comunitarios en la prevencion y mitigacion de desastres en Cali, Colombia*. [aut. libro] A Lavell. *Viviendo en riesgo: comunidades vulnerables y prevencion de desastres en America Latina*. Cali, Colombia : LA RED y la secretaria general de FLACSO, 1997.
- . & Meyer, Hj. 1990. *Un ensayo de evaluacion de las amenazas, de los riesgos y de los desastres en Colombia. AGID Report No 13: Environmental Geology an Natural Hazards of the Andean Region. I Seminario Andino de Geología Ambiental. Universidad EAFIT*. Medellín, Col : s.n., 1990.
- Velez, J. 2003. *Desarrollo de un modelo distribuido de prediccion en tiempo real para eventos de crecidas. Tesis Doctoral*. Valencia, España : Universidad Politécnica de Valencia, 2003.

- Velis, L & Campos, N. 1991. *Los Desastres en el Salvador. Una Visión Histórico-Social. Desastres por Actividad Hidrometeorológica*. San Salvador, SV: Centro de Protección para Desastres, 1991. p. 87. Vol. II.
- Villagran, J. C. 1999. *Experiencias y contribuciones para la preparación antes los desastres naturales en América Central: Reforzamiento de estructuras locales y sistemas de alerta temprana*,. Guatemala : RELSAT. Proyecto Reforzar Estructuras Locales y Sistemas de Alerta Temprana, 1999.
- Wisner, et.al.. 2003. *At Risk: Natural hazards, people's vulnerability an disasters*. Routledge, London & New York : s.n., 2003. Vol. 2nd Edition.
- Wolansky, s, Corzo, H & Viduzzi, V. 2004. *Inundaciones y desastres, la gestión del riesgo*. 2004.
- Wolansky, S, et al. 2003. *Las Inundaciones en Santa Fe*. [ed.] Silvia, Hector Corzo and A. & Morbidoni, N. Valsagna. Santa Fe, Argentina : Revista Desastres naturales y mitigación del riesgo, 2003. p. 10. No 2. UNL..
- Wolter, K & Timlin, MS. 2011. *El Niño/ Southern Oscillation behaviour since 1871 as diagnosed in a extended multivariate ENSO index (MEI ect)*. *Intl. J Climatology*, 31 14p. *in press*. 2011.
- . 1998. *Measuring the strengh of ENSO events how does 1997/98 rank?*. *Weather* 53, 315-324. 1998.
- . 1993. *Monitoring ENSO in COADS with a seansonally adjusted principal component index*. *Proc. of the 17th climate diagnostic workshop*. p52-57. Oklahoma, USA : CIMMS and School of Meteor. Univ. of Oklahoma, 1993.
- Wisner, B. 2009. *Interactions between Conflict an Natural Hazard: Swrd, Ploughshares, Earthquakes, Floods and Storms*. In *Brauch (eds), Facing Global EnvironmentalChange*. Berlin : Springer, 2009.
- Zerger, A y Weelands, S. 2004. *Beyond modelling: Linking models with GIS for flood risk management*. [Article]. *Journal: Natural Hazards*. Vol 33, No 2. p 191-208. Netherlands : s.n., 2004.
- . et al. 2002. *Riding the sotrm: a comparison of uncertainty modelling techniques for storm surge risk management*. [Article]. *Journal Applied Geography*, vol 22. Issue 3. p 307-330. 2002