

Planeamiento urbano sostenible para la adaptación al cambio climático

Estudios de caso Canadá - Colombia



OSWALDO LÓPEZ BERNAL



Programa Editorial

Esta investigación se concentra en profundizar el concepto de desarrollo sostenible y la viabilidad de orientar la ciudad hacia el lineamiento de planeamiento urbano sostenible, que garanticen la adaptación al cambio climático para la prevención de desastres socio naturales. El objetivo final es demostrar si dichos lineamientos aplicados a dos objetos de estudio, estos ayudarían o no al mejoramiento de la sustentabilidad en la ciudad y, por ende, a la mitigación y prevención de desastres socio-naturales.

Esta investigación desarrolló un estudio comparativo entre dos ciudades con condiciones urbanas totalmente diferentes pero en un contexto de amenazas socio-naturales similares, los cuales generan periódicamente desastres socio-naturales por el desbordamiento de los ríos que las cruzan, produciendo grandes inundaciones en torno a las ciudades. Al analizar dos realidades urbanas, una en Canadá, y otra en Colombia, se demostró que los lineamientos de planeamiento urbano sostenible pueden ser utilizados como marco general, adaptados a dos realidades diferentes para lograr escenarios de sostenibilidad urbana. Es importante resaltar que esta investigación contó con el apoyo económico del gobierno de Canadá a través del Programa Faculty Research Program, de esta forma permitió analizar una realidad urbana tan lejana a la nuestra como es el río San Lorenzo en la ciudad de Montreal, Canadá, y compararla con otras investigaciones realizadas en Colombia, específicamente el río Yumbo en la ciudad de Yumbo. De esta forma se mantuvo un condicionante similar como es el fenómeno del cambio climático, analizando cómo impacta ambientalmente a dos ciudades en dos territorios tan diferentes.



OSWALDO LÓPEZ BERNAL

Planeamiento urbano sostenible **para la adaptación al cambio climático**

Estudios de caso Canadá - Colombia

Arquitectura y Urbanismo

López Bernal, Oswaldo

Planeamiento urbano sostenible para la adaptación al cambio climático : estudios de caso Canadá - Colombia / Oswaldo López Bernal. -- Santiago de Cali : Editorial Universidad del Valle, 2010.

162 p. : il. ; 24 cm. -- (Colección: Libros de Investigación)

Incluye bibliografía e índice.

ISBN 978-958-670-

1. Urbanismo - Aspectos ambientales - Colombia - Estudio de casos
2. Urbanismo - Aspectos ambientales - Canadá - Estudio de casos 3.Cambio Climático – Colombia - Estudio de casos 4. Cambio climático – Canadá – Estudio de casos 5. Prevención de desastres – Colombia - Estudio de casos
6. Prevención de desastres – Canadá - Estudio de casos I. Tít. II. Serie.

711.42 cd 21 ed.

A1252431

CEP-Banco de la República-Biblioteca Luis Ángel Arango

Universidad del Valle

Programa Editorial

Título: *Planeamiento urbano sostenible para la adaptación al cambio climático
Estudios de caso Canadá-Colombia*

Autor: Oswaldo López Bernal

ISBN: 978-958-670-789-3

ISBN PDF: XXXXXXXXXXXX

DOI:

Colección: Arquitectura y Urbanismo

Primera Edición Impresa Mayo 2010

Edición Digital Septiembre 2017

Rector de la Universidad del Valle: Édgar Varela Barrios

Vicerrector de Investigaciones: Javier Medina Vásquez

Director del Programa Editorial: Francisco Ramírez Potes

© Universidad del Valle

© Oswaldo López Bernal

Diseño de carátula: Artes Gráficas del Valle Editores-Impresores Ltda.

Universidad del Valle

Ciudad Universitaria, Meléndez

A.A. 025360

Cali, Colombia

Teléfonos: (57) (2) 321 2227 - 339 2470

E-mail: programa.editorial@correounivalle.edu.co

Este libro, salvo las excepciones previstas por la Ley, no puede ser reproducido por ningún medio sin previa autorización escrita por la Universidad del Valle.

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión del autor y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad del Valle, ni genera responsabilidad frente a terceros.

El autor es responsable del respeto a los derechos de autor del material contenido en la publicación (fotografías, ilustraciones, tablas, etc.), razón por la cual la Universidad no puede asumir ninguna responsabilidad en caso de omisiones o errores.

Cali, Colombia - Septiembre de 2017

RECONOCIMIENTOS

El autor agradece a las entidades que hicieron posible la realización de este libro de investigación, proporcionaron los recursos económicos y la información necesaria para la realización del mismo, entre otras vale destacar:

- Gobierno de Canadá y su programa *Faculty Research Program*, que dio origen a este proyecto
- Universidad de Québec en Montreal - Canadá, Depto. de Geografía
- Universidad de Montreal, Instituto de Urbanismo
- Grupo Interuniversitario de Montreal (GIM)
- Alcaldía municipal de Yumbo
- Secretaría de Planeación de Yumbo
- Instituto de Vivienda de Yumbo (Inviyumbo)
- Universidad del Valle, Cidce
- Fundación Eprodesa

Así mismo, a la estudiante de arquitectura de la Universidad del Valle Ángela María Jiménez Avilés que, con su práctica de investigación, hizo aportes importantes al proyecto. A los arquitectos Edwin Segura, Gustavo Bonilla, Mery Belalcázar, Henry Portilla, Adriana López, Marlon Chagüendo y el ingeniero Darío Rendón, por sus aportes en la realización del estudio de caso de Yumbo.

Quiero agradecer también al profesor. Carlo Previl de la Universidad de Québec en Montreal, y a la profesora Marie Lessard del Instituto de Urbanismo de la Universidad de Montreal, por su apoyo y recomendaciones. Así como a la maestría en Desarrollo Sustentable de la Universidad del Valle en convenio con la Universidad de Tulane, a los profesores Jesid Carvajal, Sandra Cano y Johnny Gamboa, por sus oportunos comentarios con los cuales retroalimentaron esta investigación.

La presente publicación es el resultado del esfuerzo conjunto de la Escuela de Arquitectura, Departamento de Proyectos de la Universidad del Valle y la Vicerrectoría de Investigaciones y su programa editorial.

Cali, 3 de marzo de 2010.

PÁGINA EN BLANCO
EN LA EDICIÓN IMPRESA

CONTENIDO

Capítulo 1. Marco contextual.....	11
Introducción	11
Definición de conceptos utilizados en la investigación.....	12
Justificación.....	19
Alcance de la investigación.....	20
Capítulo 2. Marco conceptual	23
Cambio climático global	24
El cambio climático y los desastres socio-naturales	27
Desarrollo sustentable y desastres socio-naturales	28
Adaptación al cambio climático para la prevención de los desastres socio-naturales desde un enfoque sostenible	31
Capítulo 3. Estudios de caso.....	33
Estudios de casos: Canadá - Colombia	33
El cambio climático en el continente americano	35
El sistema hídrico del río San Lorenzo	37
Régimen hidrológico del río San Lorenzo	41
Caudal	42
Niveles de agua	44
Los Grandes Lagos.....	45
Cambio climático en el área de los Grandes Lagos	49
Río Outaouais (río Ottawa)	49
Cambio climático en el río Outaouais	52
Sistema de control y regulación del agua en el río San Lorenzo.	56
Factores de cambio climático que influencian el nivel del agua del río San Lorenzo.....	56
Elevación del nivel del mar	58
Condiciones normales y variedad climática.....	60

Posibles eventos catastróficos del río San Lorenzo en la ciudad de Montreal.....	62
Consecuencias de la disminución del agua en el río San Lorenzo	63
Consecuencias de las inundaciones en el río San Lorenzo	66
El cambio climático en Colombia.....	72
El sistema hídrico de la cuenca del río Yumbo	74
Factores ecológicos y climáticos que influencian el nivel del agua del río Yumbo	76
Factores ecológicos de la cuenca del río Yumbo.....	77
Factores climatológicos de la cuenca del río Yumbo.	82
Topografía de la cuenca del río Yumbo.....	83
Geología local de la cuenca del río Yumbo.....	83
Contaminación atmosférica en la cuenca del río Yumbo.	84
Posibles eventos catastróficos del río Yumbo en la ciudad de Yumbo.....	89
Susceptibilidad a deslizamientos.....	89
Susceptibilidad a las inundaciones.....	91
Susceptibilidad a incendios forestales.....	91
Capítulo 4. Lineamientos de planeamiento urbano sostenible para la adaptación al cambio climático.....	95
Marco conceptual para la definición de lineamientos de planeamiento urbano sostenible para la adaptación al cambio climático	97
La adaptación a los desastres socio-naturales desde un enfoque del desarrollo sostenible.	98
Lineamientos de adaptación al cambio climático para la prevención de desastres socio-naturales.....	103
Planeamiento urbano sostenible para la adaptación al cambio climático	104
Lineamientos de planeación urbano sostenible para la adaptación al cambio climático.....	107
Principio 1: integrar los elementos de la adaptación contra el cambio climático	108
Principio 2: las medidas deben ser sostenibles en el tiempo.....	111
Principio 3: la gestión del agua.	112
Principio 4: corredores verdes.....	126
Principio 5: incorporar la adaptación a los proyectos específicos de desarrollo.....	133

Capítulo 5. Conclusiones	147
Conclusión a la pregunta de investigación.....	147
Conclusiones del objetivo general	147
Conclusiones de objetivos específicos	148
Conclusión del objetivo específico I.	148
Conclusiones del objetivo específico II.....	149
Conclusiones del objetivo específico III.	150
Conclusiones de la hipótesis	151
Bibliografía	153
Índice de gráficos	159
Índice de planos	161
Índice de tablas	162

PÁGINA EN BLANCO
EN LA EDICIÓN IMPRESA

CAPÍTULO 1

MARCO CONTEXTUAL

INTRODUCCIÓN

La crisis del medio ambiente ha llevado al hombre a una profunda reflexión sobre su forma de desarrollo y sus posibilidades reales de subsistir en un futuro próximo. La ciudad no ha escapado a esta reflexión al ser la máxima expresión social y cultural del hombre y el lugar donde se concentran las mayores oportunidades y conflictos para garantizar la permanencia del hombre sobre la faz de la tierra.

La ciudad en sí misma es un sistema complejo, y por ser complejo, es un sistema vulnerable a desastres socio-naturales, resultante de las condiciones culturales, físico-espaciales y naturales, donde se implantan las ciudades.

Esta investigación se concentra en profundizar el concepto de desarrollo sostenible y la viabilidad de orientar la ciudad hacia lineamientos de planeamiento urbano sostenible, que garanticen la adaptación al cambio climático para la prevención de desastres socio-naturales. El objetivo final es demostrar si dichos lineamientos aplicados a dos objetos de estudio, ayudarían o no al mejoramiento de la sustentabilidad en la ciudad y, por ende, a la mitigación y prevención de desastres socio-naturales.

Esta investigación desarrolló estudios de caso entre dos ciudades con condiciones urbanas totalmente diferentes pero en un contexto de amenazas socio-naturales similares, los cuales generan periódicamente desastres socio-naturales por el desbordamiento de los ríos que la cruzan, produciendo grandes inundaciones en torno a las ciudades. Al analizar dos realidades urbanas, una en Canadá, y otra en Colombia, se demostró que los lineamientos de planeamiento urbano sostenible pueden ser utilizados

como marco general, adaptados a dos realidades diferentes para lograr escenarios de sostenibilidad urbana.

Es importante resaltar que esta investigación contó con el apoyo económico del gobierno de Canadá a través del Programa *Faculty Research Program*, de esta forma permitió analizar una realidad urbana tan lejana a la nuestra como es el río San Lorenzo en la ciudad de Montreal, Canadá, y compararla con otras investigaciones realizadas en Colombia, específicamente el río Yumbo en la ciudad de Yumbo. De esta forma se mantuvo un condicionante similar como es el fenómeno del cambio climático, analizando cómo impacta ambientalmente a dos ciudades en dos territorios tan diferentes.

DEFINICIÓN DE CONCEPTOS UTILIZADOS EN LA INVESTIGACIÓN

En primer lugar, es importante definir un marco de conceptos fundamentales a utilizar durante el desarrollo de la investigación, entre los más importantes encontramos: desastres socio-naturales, desastre, gestión integral del riesgo, vulnerabilidad, riesgo, construcción social del riesgo, amenaza, prevención y atención de desastres, entre otros. Los anteriores conceptos van a ser desarrollados ampliamente desde diversos autores y teorías para definir un marco contextual básico.

Primero se aborda el concepto de *desastre*, el cual se define como la destrucción, parcial o total, transitoria o permanente, actual o futura, de un ecosistema y, por tanto, de vidas humanas, del medio y de las condiciones de subsistencia. Así mismo, se puede definir “desastre” como una situación de daño, desencadenada como:

Resultado de la manifestación de un fenómeno de origen natural, socio-natural o antrópico que, al encontrar condiciones propicias de vulnerabilidad en una población, causa alteraciones intensas, graves y extendidas en la estabilidad y condiciones de vida de la comunidad afectada (Lavell, 2003b).

Desde otro punto de vista, el desastre es la consumación de un proceso, a veces de larga data, de generación de condiciones de riesgo en la sociedad. Por lo tanto, un desastre es un riesgo no manejado, la materialización del peligro latente, detonada por un evento “externo”.

En segundo lugar, se habla de *desastre socio-natural*, concepto más complejo el cual establece que los desastres ocurren principalmente en zonas pobladas y afectan los sitios vulnerables que han sido ocupados por una sociedad para su residencia u otros fines. La localización de las actividades humanas son definidas por la población o los entes encargados de dicha labor, sin embargo, que se produzca un desastre no depende sólo de la naturaleza, sino también de la decisión de instalar un asentamiento

o actividad humana sin tomar en consideración las amenazas existentes y las vulnerabilidades que se desarrollan, variables que constituyen una situación de riesgo potencial.

El desarrollo de esta investigación se concentra en los desastres socio naturales en los cuales la amenaza es un fenómeno natural, detonado por la dinámica de la naturaleza y potenciado por la intervención humana. De acuerdo con la publicación de la Cepal¹, existen tres clasificaciones de desastres socio-naturales: meteorológicos; relativos a la atmósfera y el clima: huracanes, ciclones e inundaciones, topográficos y geotécnicos: relativos a la superficie de la Tierra: corrimientos en masa, derrumbes y, por último, los geológicos: vinculados a las dinámicas de la corteza terrestre: tectonismo, sismología y vulcanismo.

Otros conceptos importantes para el desarrollo de la investigación y que tienen relación directa con el de desastre es el de *amenaza* y *vulnerabilidad*; aquí se desarrolla primero el concepto de amenaza, el cual se refiere, según el libro de la Red²:

A los eventos naturales extremos que pueden afectar diferentes sitios singularmente o en combinación (líneas costaneras, laderas, fallas sísmicas, sabanas, bosques tropicales, etc.), en diferentes épocas (estación del año, hora del día, sobre diferentes períodos de regreso, de diferente duración).

La amenaza tiene diferentes grados de intensidad y severidad. Aunque nuestros conocimientos de mecanismos causales físicos son incompletos, algunos registros largos (por ejemplo, de huracanes, terremotos, avalanchas de nieve o sequías), nos permiten especificar la probabilidad estadística de muchas amenazas o peligros en tiempo y espacio. Pero esos conocimientos son de utilidad limitada para calcular el nivel real del riesgo. Lo que estamos sosteniendo es que riesgo es una función compuesta de esta amenaza natural compleja (pero conocible) y el número de personas caracterizadas por sus diferentes grados de vulnerabilidad que ocupan el espacio y el tiempo de exposición a eventos extremos.

Ahora es importante establecer qué es *vulnerabilidad*; su más simple definición quiere decir: estar propenso a, o ser susceptible de daño o perjuicio. Esta investigación plantea una sencilla definición de vulnerabilidad retomada del libro *Vulnerabilidad*³:

¹ CEPAL (2005). *Elementos conceptuales para la prevención y reducción de daños originados por amenazas socio-naturales*, publicación de las Naciones Unidas, ISSN impreso: 0252-2195.

² BLAIKIE, Piers; CANNON, Terry; DAVID, Ian; WISNER, Ben (1996). *Vulnerabilidad, el entorno social, político y económico de los desastres*, Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina, primera edición: julio.

³ BLAIKIE, Piers; CANNON, Terry; DAVID, Ian; WISNER, Ben (1996). *Op cit.* p.10.

Por vulnerabilidad entendemos las características de una persona o grupo desde el punto de vista de su capacidad para anticipar, sobrevivir, resistir y recuperarse del impacto de una amenaza natural. Implica una combinación de factores que determinan el grado hasta el cual la vida y la subsistencia de alguien queda en riesgo por un evento distinto e identificable de la naturaleza o de la sociedad. También debe quedar claro que nuestra definición de vulnerabilidad tiene incorporada una dimensión temporal. Como se trata de daño a los medios de vida y no sólo a la vida y propiedad lo que está en peligro, los grupos más vulnerables son aquellos que también tienen máxima dificultad para reconstruir sus medios de subsistencia después del desastre. Ellos son, por lo tanto, más vulnerables a los efectos de los subsiguientes eventos del desastre.

Otra posible definición de vulnerabilidad es la planteada en el libro de la Cepal⁴, el cual define vulnerabilidad:

Como la probabilidad de que una comunidad expuesta a una amenaza natural pueda sufrir daños humanos y materiales. Esta dependerá del grado de fragilidad de su infraestructura, vivienda, actividades productivas, organización, sistemas de alerta, desarrollo político e institucional, entre otros elementos, y se reflejará, a su vez, en la magnitud de los daños. Así mismo la vulnerabilidad se define como la propensión interna de un ecosistema o de algunos de sus componentes a verse afectado por una amenaza, es decir, a sufrir daño ante la presencia de determinada fuerza o energía con potencial destructivo. Si no hay vulnerabilidad, no hay destrucción o pérdida.

De los dos conceptos analizados anteriormente surge un tercero que es *riesgo*, el cual relaciona *a priori* la amenaza y la vulnerabilidad. Se considera intrínseco y latente en la sociedad, con la salvedad de que su nivel, su percepción y los medios para enfrentarlo dependen de las directrices establecidas por dicha sociedad. Como se establece en el libro de la Cepal⁵:

En definitiva, la vulnerabilidad y el riesgo están ligados a las decisiones de política que una sociedad ha adoptado a lo largo del tiempo y dependen, por tanto, de su desarrollo. Riesgo de desastre es la magnitud probable del daño de un ecosistema específico o de algunos de sus componentes en un período determinado, en relación con la presencia de una actividad potencialmente peligrosa.

El poder o energía que puede desencadenar se denomina amenaza y la predisposición a sufrir el daño, vulnerabilidad. Por lo tanto, el riesgo de desastre tiene dos componentes: la amenaza potencial y la vulnerabilidad del sistema, y de sus elementos, a esa amenaza.

⁴ CEPAL (2005). *Elementos conceptuales para la prevención y reducción de daños originados por amenazas socio-naturales*, publicación de las Naciones Unidas, ISSN impreso 0252-2195.

⁵ CEPAL (2005). *Op. cit.*

Para explicar de una forma más precisa la relación entre los tres conceptos, el libro de la Red⁶, propone una gráfica que se llama la cadena de explicación en la gráfica 1.1 y que dice:

El modelo de presión y liberación y se basa en la idea de que una explicación del desastre requiere que nosotros encontremos una progresión que conecte el impacto de un desastre sobre la población a través de una serie de niveles de factores sociales que generan vulnerabilidad. La explicación de vulnerabilidad tiene tres vínculos o niveles que conectan el desastre con procesos que a veces son muy remotos y yacen en la esfera económica y política.

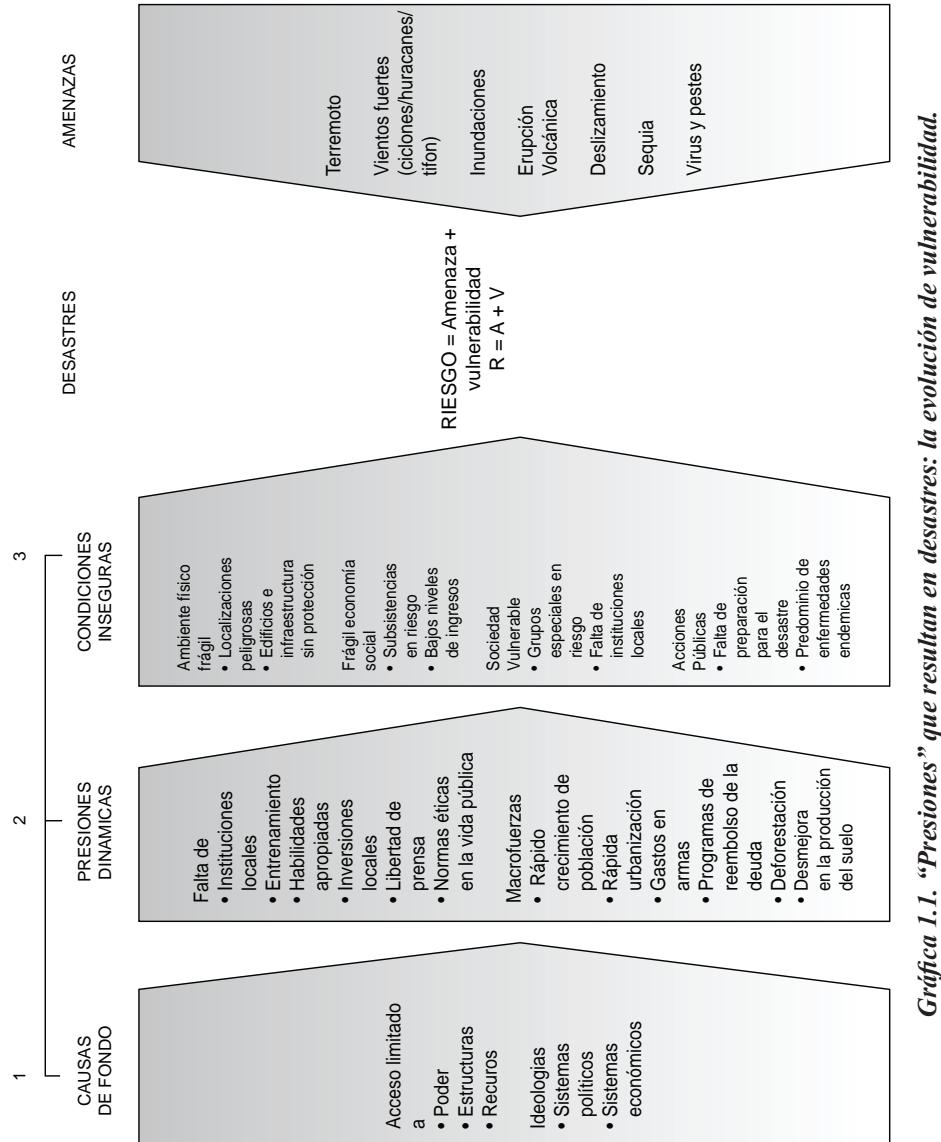
El concepto de riesgo a la luz de diversos documentos y autores es considerado un término reduccionista, fenómeno en el que aparecen otros autores que plantean una posición dirigida a la elaboración de un concepto más amplio como el de *construcción social del riesgo*; bajo esta óptica, autores como Eliana Cárdenas Méndez⁷, plantea lo siguiente:

Se puede observar que a las amenazas comunes del medio físico se integran las amenazas construidas socialmente, producto de la intervención intensiva y negativa del hombre sobre su entorno: estos procesos de construcción social del riesgo inciden en la magnitud, frecuencia y características de los desastres tradicionales provocados por la interacción entre un evento extremo de índole natural o social (los terremotos, maremotos, sequías, huracanes, el carácter endémico de las guerras, epidemias, hambrunas) y sobre un conjunto humano en condiciones críticas y de riesgo preexistente, es decir, con una vulnerabilidad históricamente acumulada producto de la construcción social del riesgo en sus múltiples dinámicas.

Los desastres deben entenderse como procesos sociales y no como eventos disruptivos, incontrolables y repentinos de la naturaleza; en otras palabras, la vulnerabilidad es producto de las prácticas sociales y de las condiciones de riesgo acumulado históricamente: el riesgo construido socialmente y el aumento de la vulnerabilidad deben ser entendidos como desastres en potencia o en vías de realización, los cuales se manifiestan plenamente por efecto de eventos o por el arribo de la sociedad a situación de daño generalizado a la vida de sus integrantes.

⁶ BLAIKIE, Piers; CANNON, Terry; DAVID, Ian; WISNER, Ben (1996). *Vulnerabilidad, el entorno social, político y económico de los desastres*, Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina, primera edición: julio.

⁷ CÁRDENAS M., Eliana (2008). *La percepción social del riesgo, lo contingente y lo indeterminado: el caso de los huracanes y suicidios en Quintana Roo*, X Coloquio Internacional de Geocrítica, diez años de cambios en el mundo, en la geografía y en las ciencias sociales, 1999-2008, Barcelona, 26-30 de mayo de 2008, Universidad de Barcelona.



Gráfica 1.1. "Presiones" que resultan en desastres: la evolución de vulnerabilidad.

De acuerdo con lo dicho por Méndez, se podría concluir:

Que el riesgo como una construcción social, un constructo histórico social propio de la era pos-industrial; como consecuencia de los daños producidos por decisiones determinadas –anónimas casi siempre– permite reconocer el carácter de vulnerabilidad que entraña la acumulación de riesgos para personas, comunidades y el hábitat en general.

Una vez analizados los diferentes conceptos que se utilizan en la investigación y entendiendo que estos primeros conceptos tratan de definir teóricamente las interacciones que se dan en torno a un desastre socio-natural, es importante continuar con otros términos que apuntan a la prevención mitigación, atención de desastres y gestión integral del riesgo. Además, comprender cómo se puede minimizar el impacto de los desastres; primero, analizando el concepto de prevención y atención de desastres, y luego, el de gestión integral del riesgo.

La Red⁸ ha trabajado intensamente en la definición y comprensión de estos conceptos planteando que, “A comienzos de los años setenta, cuando la planificación de desastres se venía formulando en herramientas operativas de la gerencia, el término bastante optimista de ‘prevención de desastres’ se utilizó muy generosamente”. En visión retrospectiva, el término tiene un toque utópico, y ya en 1991, Undro había dicho sobre la preventión: “El término no se debe utilizar cuando implique asignación engañosa de recursos. Es falso sugerir que el riesgo infinito se puede equiparar con recursos infinitos” (Undro 1991:157).

Dadas las agudas limitaciones de recursos que prevalecen en todo el Tercer Mundo, el término más realista “mitigación” ha reemplazado a “prevención” en los últimos años. Un editorial de *Undro News* en 1989 sugería que la razón para el uso cada día más extenso del término mitigación parece ser su sentido inherente de realismo. Prevención, a veces, parece engañoso, por cuanto no se puede evitar que sucedan muchos desastres. Mitigar, es decir, amortiguar los peores efectos de desastres naturales repentinos y violentos, está bien en el campo real y, también, dentro de los medios de casi todos los países en desarrollo (Undro 1989:2).

Los conceptos de prevención y mitigación del riesgo, de acuerdo con las definiciones hechas por la Red, han avanzado hacia un concepto más integral como es el de gestión integral del riesgo de desastre, el cual se concibe como un proceso social cuyo fin es la reducción, la previsión y el control permanente de dicho riesgo en la sociedad, en consonancia con el

⁸ BLAIKIE, Piers; CANNON, Terry; DAVID, Ian; WISNER, Ben (1996). *Vulnerabilidad, el entorno social, político y económico de los desastres*, Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina, primera edición: julio.

logro de pautas de desarrollo humano, económico, ambiental y territorial sostenibles. De acuerdo con el libro de la Cepal⁹, *La gestión integral del riesgo*:

Trata de una actividad que involucra: I) el análisis de riesgo, a fin de calcular el peligro de que ocurra un desastre, sobre la base de las amenazas y vulnerabilidades específicas de una región y población particular; II) la prevención y preparación ante los desastres, mediante medidas políticas, legales, administrativas y de infraestructura; III) la rehabilitación y reconstrucción, que abarque el análisis de las causas y consecuencias del desastre, para modificar el perfil del riesgo en el futuro; IV) la integración de los sectores del desarrollo y la cooperación para tal fin, a fin de modificar el círculo vicioso entre desastre, reconstrucción, desarrollo y nuevamente desastre, y V) la concientización de la población y de las instancias políticas de decisión, junto con el fortalecimiento de las estructuras locales orientadas a mejorar los mecanismos comunitarios de asistencia (GTZ, 2002).

Es importante resaltar cuáles deberían ser los elementos para la gestión del riesgo¹⁰, concentrándose en los principios conceptuales para el establecimiento de un proceso estratégico que conduzca a la gestión integral del riesgo estableciéndose los siguientes:

1. Documentar la memoria histórica que permita la adecuada orientación de la planificación para el desarrollo sostenible del país, con la prevención como elemento indispensable, para no reconstruir la vulnerabilidad.
2. Utilizar una tipología de desastres y sus consecuencias, sobre la base de fotografías aéreas, imágenes de satélite, cartografía y el sistema de información geográfica.
3. Analizar los factores humanos que determinan la vulnerabilidad e influyen en la magnitud de los desastres, vinculados a la acción de los aspectos económicos, actividades productivas y de la dinámica social como el crecimiento demográfico, la expansión caótica del urbanismo, la infraestructura, la producción de bienes y servicios, la situación socio-cultural, la estructura del liderazgo y organización, y la pobreza.
4. Contar con políticas de ordenamiento territorial, lo que supone la adecuación de la legislación y las herramientas de control y la existencia de planes de emergencia, estabilización y corrección.

⁹ CEPAL (2005). *Elementos conceptuales para la prevención y reducción de daños originados por amenazas socio-naturales*, Publicación de las Naciones Unidas, ISSN impreso: 0252-2195.

¹⁰ CEPAL (2005). Comisión Económica para América Latina y el Caribe, sobre la base de información propia.

5. Incorporar factores de vulnerabilidad y riesgo en la preparación de proyectos y programas, por medio de sistemas tecnificados de vigilancia, alerta y evacuación, y el establecimiento de situaciones hipotéticas y procesos correspondientes.
6. Considerar la prevención como política de Estado.

Uno de los elementos conceptuales más importantes a comprender sobre la gestión del riesgo de desastre es que este es un proceso transversal, que involucra muchas actividades y disciplinas que convergen en las diferentes actividades humanas y su interacción con el medio natural. Aunque se comprende que el ideal es llegar a la gestión integral del riesgo, el alcance de esta investigación se centra en la “adaptación” contra desastres socio-naturales. Como se aclaró anteriormente, el concepto de prevención es un poco utópico, por eso la investigación se concentra en el término “adaptación” como proponen diversos autores. Este concepto integral está fuertemente ligado a la definición de lineamientos de planeamiento urbano sostenible que se yuxtapone a los principios conceptuales para el establecimiento de un proceso estratégico que conduzca, por lo menos, a los tres primeros pasos para la adaptación al cambio climático, que se desarrollará en el capítulo 4 de esta investigación.

Una vez analizados los conceptos básicos sobre los cuales se enmarca la investigación, se establecen cuatro partes importantes a desarrollar: *marco conceptual básico* que complementa los diferentes conceptos desarrollados en el marco contextual, *estudios de caso* donde se define una comparación entre dos realidades urbanas; el río San Lorenzo en Montreal, Canadá, y el río Yumbo en la ciudad de Yumbo, Colombia, como espacios territoriales a estudiar. Los *lineamientos de planeamiento urbano sostenible* que garanticen la adaptación al cambio climático para la prevención de desastres socio-naturales, desde un enfoque conceptual y su aplicación a los dos estudios de caso. Y, finalmente, se presentan las *conclusiones* sobre los estudios de caso desarrollados.

JUSTIFICACIÓN

Finalidad de la investigación: el desarrollo de lineamientos de planeamiento urbano sostenible que garanticen la adaptación al cambio climático para la prevención de desastres socio-naturales producidos por el río San Lorenzo, en la ciudad de Montreal, Canadá, y el río Yumbo, en la ciudad de Yumbo, Colombia, permitió evaluar la efectividad de las decisiones de ordenamiento urbano a través del planeamiento urbano, definiendo escenarios de sustentabilidad.

Relevancia social: ¿quiénes se benefician con el resultado de la investigación? Se profundiza en los lineamientos de planeamiento urbano para la toma de decisión por parte de los gobiernos locales dirigidos a la prevención de los desastres socio-naturales en la ciudad. También, en la designación y distribución de recursos sobre el suelo urbano, para su desarrollo presente y futuro, garantizando el principio de sustentabilidad. Al mejorar la adaptación al cambio climático que realiza el gobierno local sobre el suelo urbano, mejorará considerablemente los estándares de calidad de vida, lo cual se refleja directamente sobre la población que, al final, es hacia donde se dirigen las políticas del suelo que busca el ordenamiento territorial.

Implicaciones prácticas: ¿ayudaría la investigación a resolver algún problema real? Generar lineamientos de planeamiento urbano sostenible que puedan adaptar el territorio a la prevención contra los desastres socio-naturales, teniendo una aproximación a la realidad urbana, es una de las principales implicaciones prácticas de esta investigación.

Alcance teórico: una de las metas que se propuso esta investigación fue la de enriquecer el marco teórico acerca de la sustentabilidad en la ciudad y la adaptación al cambio climático para la prevención de desastres socio-naturales urbanos, estableciendo puntos de acuerdo sobre los conceptos desarrollados por diversos autores y a partir de allí se hizo una propuesta teórica para el desarrollo de la investigación.

Utilidad metodológica: el desconocimiento de la complejidad del fenómeno urbano y, principalmente, la adaptación contra los desastres socio-naturales en la ciudad, se vuelve una prioridad por resolver. Debido a dicha complejidad, los análisis y la toma de decisiones en la ciudad presentan visiones fragmentadas y siempre favorecen a una u otra variable, lo social, lo económico, etc. La investigación aporta en la construcción metodológica de lineamientos de planeamiento urbano sostenible, que sean sistémicos e interdisciplinarios para comprender la ciudad como un todo.

ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN

Esta investigación planteó el interrogante de cómo volver sostenible un suelo urbano que presenta desastres socio-naturales periódicos, a través de la implementación de lineamientos de planeamiento urbano sostenible que garanticen la seguridad habitacional de la población, mediante los siguientes objetivos: 1) mejorar la habitabilidad y la calidad físico-espacial. 2) garantizar la preservación y restauración ambiental en los ríos que atraviesan zonas urbanas, 3) mejorar la calidad de vida de la población.

Desde este punto de vista, la investigación constituye un aporte a los actores que toman decisiones sobre la planeación urbana en las ciudades estudiadas y sus cuencas hidrográficas, dirigiendo el desarrollo urbano hacia nuevos enfoque en busca de los siguientes propósitos:

- Una disposición clara para la determinación y consecución de un principio de sustentabilidad tanto desde el punto de vista político como técnico y ciudadano.
- Reconocer el concepto de desastre socio-natural aplicado a lo urbano, entendiendo la ciudad desde su complejidad y sus implicaciones como sistema inestable, en constante transformación y desequilibrio ambiental por su crecimiento acelerado y desordenado.
- Entender el proceso de construcción social del espacio físico, a partir del cual se forma la ciudad, a fin de reducir las presiones que la ciudad ejerce sobre las áreas de preservación ambiental originando áreas de posible desastre socio-natural.

A. LA PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

La pregunta que surge es: si se garantiza la preservación y restauración ambiental de los ríos que atraviesan zonas urbanas y pertenecen a grandes cuencas hidrográficas, ¿se lograría la adaptación al cambio climático y la prevención de los desastres¹¹ socio-naturales que éstos producen y, de esta forma, se aseguraría la sostenibilidad urbana?

B. OBJETIVO

Definir lineamientos de planeamiento urbano sostenible que garanticen la preservación y restauración ambiental en los ríos que atraviesan zonas urbanas y pertenecen a grandes cuencas hidrográficas, con el fin de adaptarse al cambio climático y prevenir los desastres socio-naturales que éstos pueden producir, consolidando ciudades ambientalmente sostenibles.

Objetivos específicos:

- Comprender el fenómeno de calentamiento global y su relación con el aumento del riesgo de desastre socio-natural en la ciudad.

¹¹ BLAIKIE, Piers; CANNON, Terry; DAVID, Ian; WISNER, Ben (1996). *Op. cit.*, lo definen como: riesgo de desastre es la magnitud probable del daño de un ecosistema específico, o de algunos de sus componentes, en un período determinado, en relación con la presencia de una actividad potencialmente peligrosa. El poder o energía que puede desencadenarse se denomina amenaza y la predisposición a sufrir el daño, vulnerabilidad. Por lo tanto, el riesgo de desastre tiene dos componentes: la amenaza potencial y la vulnerabilidad del sistema, y de sus elementos, a esa amenaza.

- Definir el marco teórico para la comprensión de la sostenibilidad urbana como propósito para la prevención de desastres socio-naturales.
- Posicionar el planeamiento urbano como disciplina que posibilita la construcción de lineamientos de sostenibilidad urbana, que garanticen la adaptación al cambio climático y la prevención de los desastres socio-naturales y los objetivos de mejoramiento de la habitabilidad y la calidad físico-espacial.
- Garantizar la preservación y restauración ambiental en los ríos que atraviesan zonas urbanas y mejoramiento de la calidad de vida de la población. Los cuales son base para desarrollar un modelo de ciudad ambientalmente sostenible.

C. HIPÓTESIS GENERAL

Para garantizar la sostenibilidad en ciudades que son atravesadas por ríos, es necesario implementar lineamientos de planeamiento urbano sostenible con el fin de preservar y restaurar ambientalmente el río y su cuenca hidrográfica para lograr la adaptación al cambio climático y la prevención de los desastres¹² socio-naturales que puedan producir éstos en la ciudad.

¹² BLAIKIE, Piers; CANNON, Terry; DAVID, Ian; WISNER, Ben (1996). *Vulnerabilidad, el entorno social, político y económico de los desastres*, Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina, primera edición: julio.

CAPÍTULO 2

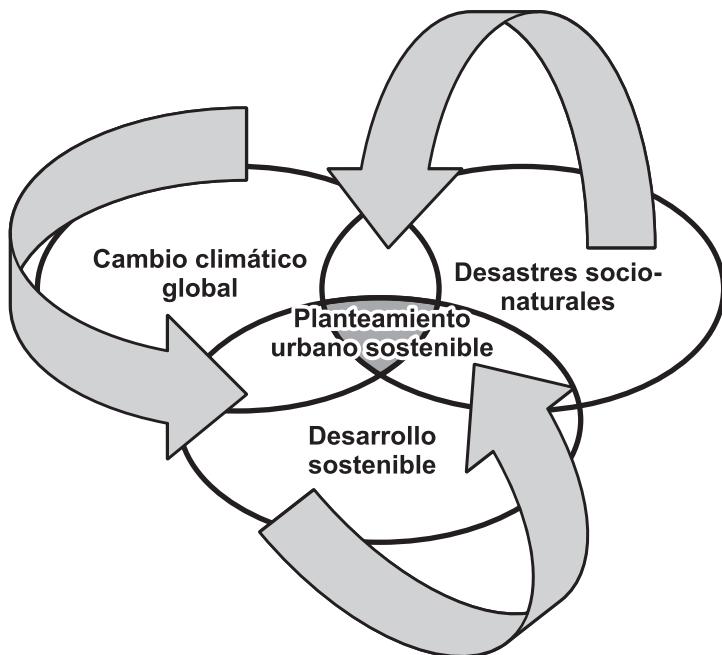
MARCO CONCEPTUAL

El marco conceptual se estructura a partir de tres conceptos claves: cambio climático, desastres socio-naturales y desarrollo sostenible. Éstos, aunque complejos y diferentes, están ligados como resultado de consecuencias catastróficas para el ser humano. En este capítulo se desarrolla la idea de un proceso circular entre los diferentes conceptos que traen como consecuencia pérdida de vidas, recursos económicos, tecnológicos, culturales, etc. Es claro que el aumento de los desastres socio-naturales está relacionado, principalmente, con el cambio climático global, pero el impacto de los desastres está relacionado con el nivel de desarrollo del país o región donde se presenta el fenómeno.

Para definir los lineamientos de planeamiento urbano sostenible, es necesaria la comprensión de estos tres conceptos, ya que son la base de la planeación urbana, para la adaptación al cambio climático.

Definitivamente, si una sociedad no se dirige con una visión de desarrollo sostenible, aumenta la posibilidad social del riesgo de fenómenos catastróficos.

Así mismo, es importante definir la forma de prevenir y adaptarse al calentamiento global y a la intervención inadecuada de las áreas urbanas ambientalmente frágiles, ambas intervenciones desde un enfoque sostenible. Dicha intención se resume en la gráfica 2.1, donde se plantean las diversas interacciones de conceptos, las cuales convergen en algo común como es la adaptación al cambio climático para la prevención de desastres socio-naturales.



Gráfica 2.1. Campos conceptuales de interacción: cambio climático, desastres socio-naturales y desarrollo sostenible.

CAMBIO CLIMÁTICO GLOBAL

El clima siempre ha sido variable, pero en el último siglo y, particularmente, en las dos últimas décadas, el ritmo de estas variaciones se ha acelerado de manera peligrosa, a tal grado que afecta ya la vida planetaria. Al buscar la causa de esta aceleración, los científicos plantearon una hipótesis la cual establece una relación directa entre el calentamiento global y la emisión de gases de efecto invernadero, provocado por los procesos industriales y la contaminación industrial, principalmente en los países desarrollados. La mayor preocupación del calentamiento global, por parte de los científicos y la población en general es la relación directa con los cambios de clima inesperados y extremos que producen lluvias constantes, largas sequías, tormentas, huracanes y todo tipo de fenómenos naturales, causantes de pérdida constante de vidas y recursos naturales y económicos. Debido a esta situación, los esfuerzos de la comunidad científica internacional se dirigen a estudiar y controlar dichos fenómenos que ponen en riesgo el futuro de la humanidad.

Ante el panorama descrito en los últimos años diversas entidades se han dedicado a la investigación sobre los cambios climáticos que presenta el planeta, como el libro publicado por el Grupo intergubernamental de expertos sobre el cambio climático¹³ donde se establece que:

Hay una creciente evidencia de cambios en los sistemas interactuantes de la atmósfera, hidrosfera y biosfera como resultado de la formación de “gases de invernadero” a raíz de la contaminación atmosférica (Liverman, 1989). Los peligros consisten en que los cambios aumentan la intensidad y frecuencia de las amenazas climáticas e incrementan las áreas afectadas por ellos. Pero el cambio global climático provocado por el calentamiento se dice que aumentará el número e intensidad de las tormentas, ciclones y ampliará las variaciones de precipitación sobre gran parte de la superficie de la Tierra. El impacto sobre medios de subsistencia será inmenso (especialmente para la agricultura y los pescadores), además de los daños por la intensificación de los desastres.

Otras predicciones hablan de la destrucción del medio de vida (y posiblemente de vidas) de unos seis millones de agricultores que viven en las fértiles regiones délticas de la India.

El Panel intergubernamental convocado por las Naciones Unidas sobre cambio de clima dio informes en 1990 y predijo una elevación de las temperaturas medias entre 1.3 y 2.5 C y un alza del nivel del mar de 10 a 32 cm. para el año 2030. Una elevación de este nivel va a tener probablemente un significativo impacto sobre las áreas bajas de muchas islas, así como también las regiones délticas propensas a inundaciones como Bangladesh y Guyana. En el Pacífico, Tuvalu y Tonga pueden llegar a ser no habitables (J. Lewis, 1989; Wells y Edwards, 1989).

Así mismo, otros autores plantean sobre el calentamiento global:

Nuestra comprensión del calentamiento global y sus consecuencias de mayor vulnerabilidad a las inundaciones costaneras, tsunamis, ciclones y oleaje de tempestades, está en su primera etapa. Muchas de las sombrías predicciones de islas que se ahogan sugieren una población inerte esperando pasivamente esos cataclismos. La evidencia de contextos similares es lo contrario, con gobiernos activamente movilizados e individuos preocupados tomando medidas para proteger sus propiedades amenazadas. Se espera que la mitigación real contra el calentamiento global no requiera la cons-

¹³ PACHAURI, R.K. y REISINGER, A. (2007): Cambio climático. Informe de síntesis. Contribución de los grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de expertos sobre el cambio climático [Equipo de redacción principal]. IPCC, Ginebra, Suiza, 104 p.

trucción de diques y murallas marinas (para tratar un síntoma, sino que, más bien, implicará las acciones concertadas de los gobiernos del mundo para reducir la producción de gases de invernadero (dióxido de carbono, metano, etc.) sin más demora con el fin de tratar la causa (Bach, 1990).

Los gases en la atmósfera de la Tierra, resultado principalmente de los procesos de industrialización, producen el conocido fenómeno de efecto invernadero¹⁴. Ante el fenómeno anteriormente descrito, y ante la poca efectividad de las decisiones adoptadas para contrarrestar el fenómeno de efecto invernadero, la comunidad científica internacional ha alertado que de aumentar o continuar el modelo de desarrollo mundial, el crecimiento demográfico y el consumo energético basado en los combustibles fósiles, en el año 2050 las concentraciones de dióxido de carbono se habrán duplicado con respecto a las que había antes de la Revolución Industrial. Esta situación hará como sucedió durante el año 2005, que las catástrofes naturales aumenten a tal ritmo que pondrán en peligro la vida sobre el planeta.

Todas las regiones del mundo están sufriendo por las diversas modificaciones del clima como resultado del calentamiento global; Canadá no ha escapado a dicho fenómeno, la temperatura en el Ártico ha aumentado considerablemente¹⁵, llevando a procesos de descongelamiento de zonas que durante mucho tiempo habían permanecido cubiertas de nieve, adicionalmente, el régimen de lluvias ha sido modificado presentando precipitaciones muy fuertes durante todo el año. Dicho fenómeno ha hecho que aumente el nivel del mar en algunas zonas del país, especialmente en áreas que eran consideradas hasta hace algunos años como zonas libres de amenazas naturales por inundación.

¹⁴ VARELA Felipe (2005). “Qué es el calentamiento global”, consultado el 5 de marzo de 2009, http://sepiensa.org.mx/contenidos/2005/l_calenta/calentamiento_1.htm. El efecto invernadero es un fenómeno natural que permite la vida en la Tierra. Es causado por una serie de gases que se encuentran en la atmósfera, provocando que parte del calor del Sol que nuestro planeta refleja quede atrapado manteniendo la temperatura media global en +15° centígrados, favorable a la vida, en lugar de -18 ° centígrados, que resultarían nocivos. Así, durante muchos millones de años, el efecto invernadero natural mantuvo el clima de la Tierra a una temperatura media relativamente estable y permitía que se desarrollase la vida. Los gases invernadero retenían el calor del Sol cerca de la superficie de la Tierra, ayudando a la evaporación del agua superficial para formar las nubes, las cuales devuelven el agua a la Tierra, en un ciclo vital que se había mantenido en equilibrio.

Durante unos 160 mil años, la Tierra tuvo dos períodos en los que las temperaturas medias globales fueron alrededor de 5° centígrados más bajas de las actuales. El cambio fue lento, transcurrieron varios miles de años para salir de la era glacial. Ahora, sin embargo, las concentraciones de gases invernadero en la atmósfera están creciendo rápidamente, como consecuencia de que el mundo quema cantidades cada vez mayores de combustibles fósiles y destruye los bosques y praderas, que de otro modo podrían absorber dióxido de carbono y favorecer el equilibrio de la temperatura”

¹⁵ ROBICHAUD, Alain et DROLET René (1998). “Les fluctuations des niveaux d'eau du Saint-Laurent”, *Rapport Technique*, Ministère de L’Environnement et de la Faune du Québec, p. 3.

EL CAMBIO CLIMÁTICO Y LOS DESASTRES SOCIO-NATURALES

Como se dijo anteriormente, los científicos han planteado la hipótesis que el calentamiento global es causado por el aumento de gases efecto invernadero, teoría que no ha sido corroborada unánimemente por la comunidad científica. A partir de aquí aparece otra inquietud la cual supone que debido al fenómeno de calentamiento global, ¿se nos viene una catástrofe mundial¹⁶? En estos apartes se desarrollará la comprobación de la segunda hipótesis tratando de demostrar si existe una relación entre cambio climático y desastres socio-naturales. La comunidad científica pronostica grandes desastres como resultado del aumento de la temperatura en la Tierra: inundaciones, hambruna, sequías, heladas, epidemias, serán frecuentes en todos los países.

La Tierra está aumentando vertiginosamente la temperatura, eso es una realidad, por lo que se calcula que en el año 2100 la temperatura media de la superficie terrestre será entre 1,5 y 6 grados mayor que la de 1980. Los últimos diez años han sido los más calurosos desde que se llevan registros, y los científicos han anunciado que en el futuro serán aún más cálidos. Esto reafirma la posibilidad real de un cambio en el clima terrestre. Por el aumento constante de la temperatura en la Tierra los cascós polares se derriten, por tal razón es menor la cantidad de calor que se refleja lo que hace que la Tierra se caliente aún más. Estos fenómenos de aumento de la temperatura hacen que se evapore más rápidamente el agua de los océanos, y en otros lados hayan lluvias torrenciales, inundaciones, vientos huracanados, sequías, olas de calor y heladas, entre otros desastres socio-naturales.

De acuerdo con los diferentes estudios científicos, apoyados por la Organización de las Naciones Unidas (ONU), se calcula que las temperaturas se están elevando a escala global, desde que se tiene registro (1867), han ocurrido los 15 años más calurosos desde 1980. La principal preocupación de los científicos se centra en los resultados colaterales de los desastres socio-naturales, principalmente epidemias y hambrunas en todas las regiones del mundo, concentradas principalmente en las zonas subdesarrolladas que serían las que llevarían la peor parte.

A la fecha no hay unanimidad científica con respecto al calentamiento global y sus repercusiones en el clima; lo que suceda en el futuro es muy incierto, sin embargo, varios estudios y comunidades científicas han desarrollado modelos de simulación sobre el calentamiento global definiendo una serie de escenarios posibles. A partir de esos escenarios varios científicos proponen teorías sobre los resultados de un calentamiento global

¹⁶ CALENTAMIENTO GLOBAL ¿Se nos viene una catástrofe mundial? Consultado el 25 de marzo de 2009 en <http://www.familia.cl/ContenedorTmp/Calentamiento/calentamiento.htm>

extremo. Ahora veremos cuáles son los puntos de coincidencia de diversos estudios con respecto al calentamiento global¹⁷.

- Un cuarto de la población china está actualmente en riesgo por la velocidad en la que sus glaciares se están derritiendo. El calentamiento global costará a China dos tercios de sus glaciares para mitad de siglo XXI.
- La capa de hielo del planeta tiene suficiente agua como para incrementar el nivel de los mares siete metros, si éstos se derritieran.
- El bloque de hielo más grande del planeta, el Ward Hunt en la costa norte de Canadá, se partió en dos durante el período 2000 a 2002.
- En mayo del 2000, Argentina reportó las peores lluvias en 100 años.
- De seis glaciares que tenía Venezuela en los Andes en 1972, sólo quedan dos y los científicos predicen que en 10 años no quedará ninguno.

Pese a lo anterior, el calentamiento global se está concentrando al norte de la Tierra, principalmente está afectando el Ártico mucho más que el resto del planeta. Algunos lugares de Alaska se han calentado hasta 10 veces más que el promedio mundial, y se espera que la temperatura aumente el doble en el futuro. Canadá es uno de los países que se verá más afectado en los próximos años por el calentamiento global, ya que un alto porcentaje del territorio tiene relación directa con el Ártico, principalmente las zonas costeras por el aumento del nivel del mar y el aumento de las lluvias.

Se puede concluir que efectivamente hay relación directa entre calentamiento global y cambio climático; a pesar que las pruebas son evidentes, los países del mundo ven muy lejano que este fenómeno los pueda afectar. El problema central del calentamiento global es que tiene relación directa con factores económicos y las posibles soluciones traen consigo grandes costos y sacrificios en ese plano, pero, adicionalmente, no hay evidencias científicas que permitan confirmar la hipótesis planteada de que necesariamente va a ocurrir una catástrofe mundial.

DESARROLLO SUSTENTABLE Y DESASTRES SOCIO-NATURALES

Históricamente los desastres han sido considerados como la presión ejercida por el desarrollo de asentamientos y urbanizaciones en zonas con riesgo alto a desastre. Este es el punto de partida para entender que los desastres socio-naturales están profundamente ligados a la pobreza y población vulnerable, demostrando que los desastres socio-naturales, en su mayoría, son la consecuencia de un desarrollo insostenible.

¹⁷ GARCÍA Bernardo (2001). *Compendio de términos comunes utilizados en estudios ambientales*, Colombia, Ecopetrol, p. 45.

El programa de desarrollo de las Naciones Unidas recientemente definió un “Índice de desarrollo humano (IDH)” como una alternativa para el acostumbrado índice PNB *per cápita* del desarrollo nacional (UNDP, 1990a). Este hacía énfasis en la importancia de “opciones” y en realidad definía desarrollo humano como “un proceso de aumentar las opciones de la población”. Aquí está el centro de la discusión de cómo hacer seguras las ciudades a desastres socio-naturales, si por encima de las necesidades de la población están los intereses económicos y políticos sobre el uso de la tierra, manejo de servicios públicos, reservas de suelos protegidos, etc. Desde este punto de vista es claro que mientras no se hagan reformas políticas y éticas, las ciudades seguirán presentando altos niveles de amenazas naturales urbanas.

Ante la situación descrita desde la Cumbre Mundial de Rio en el año 1992, se ha estado trabajando principalmente en entender la relación entre desastres socio-naturales y desarrollo; solamente se empezó a materializar algo a partir de la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible celebrada en Johannesburgo (Sudáfrica, 2002). Allí se abrieron nuevos horizontes para la sostenibilidad del medio ambiente, siendo un incentivo importante para reconsiderar a los desastres socio-naturales como parte del proceso de desarrollo. Se estableció el reto de alcanzar ocho objetivos fijados en la *Declaración del Milenio*¹⁸, aprobada por 191 naciones. En la Sección IV de la Declaración del Milenio, titulada “Protección de nuestro entorno común”, se reconoce el riesgo que los desastres significan para el desarrollo. En dicha sección se plantea el objetivo de “intensificar la cooperación con miras a reducir el número y los efectos de los desastres naturales y de los desastres provocados por el hombre”. Las directrices de Desarrollo del Milenio enfocan la planificación para que atienda prioritariamente los siguientes objetivos:

1. Erradicar la pobreza extrema y el hambre.
2. Lograr la enseñanza primaria universal.
3. Promover la igualdad entre los géneros y la autonomía de la mujer.
4. Reducir la mortalidad infantil.
5. Mejorar la salud materna.
6. Luchar contra el VIH/sida, el paludismo y otras enfermedades.
7. Garantizar la sostenibilidad del medio ambiente.
8. Fomentar una asociación mundial para el desarrollo.

¹⁸ PNUD (2005). Informe Mundial. PNUD-2004, *La reducción de riesgos de desastres: un desafío para el desarrollo*.

Estos ocho objetivos apuntan principalmente a mejorar la calidad de vida de la población y, por ende, a disminuir la presión que ejerce el ser humano sobre su entorno inmediato, principalmente aquellas áreas propensas a desastres socio-naturales.

Reducir la cantidad y la gravedad de los desastres socio-naturales significa enfrentar los problemas de desarrollo que aumentan los peligros y la vulnerabilidad humana desencadenando desastres. Estos desastres socio-naturales ocurren cuando la sociedad o un asentamiento humano se ve expuesto a condiciones extremas de seguridad por fenómenos naturales anormales, principalmente torrenciales lluvias, vientos, deslizamientos, entre otros. Dichos factores naturales han variado al cambiar considerablemente las condiciones climatológicas de la Tierra, y esto es igual en todas las regiones del mundo; sin embargo, cuando ocurren los desastres socio-naturales generalmente están asociados a zonas con población vulnerable con un alto nivel de pobreza.

Los desastres socio-naturales se presentan generalmente en América Latina, región del continente afectada frecuentemente por desastres, la cual presenta diversidad geográfica y pobreza extrema. Durante la década de los noventa, los desastres socio-naturales han dejado 45.000 muertos, 40 millones de damnificados y daños directos por más de US\$ 2.000 millones.

En el período 1993-2002, el 76% de los desastres reportados en América Latina y el Caribe fueron producidos por fenómenos hidrometeorológicos, especialmente los huracanes e inundaciones. Sólo en el sector agua y saneamiento, el número de sistemas afectados y las pérdidas económicas asociadas a éstos muestran una tendencia creciente en los últimos años. Estimaciones con base en información elaborada por Cepal y otras instituciones, en los últimos 30 años se registraron: 2.112 sistemas urbanos dañados, 4.545 sistemas rurales afectados, 28.000 pozos perdidos, 173.000 letrinas abandonadas, con un costo estimado de US\$ 750 millones¹⁹.

Es importante que los gobiernos nacionales y locales ajusten sus políticas de reducción de riesgos socio-naturales con base en el desarrollo sostenible, cambiando principalmente la visión de ejecutar recursos en el momento del desastre a una visión de mitigación de desastres desde la óptica del desarrollo sostenible. Una visión integral para una estrategia de desarrollo urbano como se concibe en esta investigación, debe basarse en seis pilares: la competitividad, la equidad, la preservación ecológica, la calidad físico ambiental, la gobernabilidad y *la reducción de la vulnerabilidad*.

¹⁹ BID (2000). Informe del Banco Interamericano de Desarrollo incluido en el documento “*El desafío de los desastres naturales en América Latina y el Caribe - Plan de acción del BID*, marzo 2000.

ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO PARA LA PREVENCIÓN DE LOS DESASTRES SOCIO-NATURALES DESDE UN ENFOQUE SOSTENIBLE

Los desastres son riesgos socio-naturales no manejados. Dichos riesgos son fenómenos socialmente construidos y producto de procesos erróneos de desarrollo con un elemento potencializador como lo es el calentamiento global. A partir de estas premisas, aceptadas por la comunidad científica, se constituye el punto de partida para la adaptación al cambio climático para la prevención de los desastres socio-naturales desde un enfoque sostenible. Dado que el proceso de construcción de riesgo socio-natural está relacionado con el de desarrollo, particularmente con los fenómenos de uso de los recursos naturales y ocupación del territorio, estos dos espacios se constituyen en elementos esenciales para la planificación y diseño urbano de la ciudad, donde se pueden revertir procesos de riesgos socio-naturales mediante la prevención de desastres socio-naturales desde un enfoque holístico, integral y sostenible de intervención humana sobre el espacio natural. El principal problema para la adaptación radica en dos elementos: primero, la planificación y diseño urbano se piensa a largo plazo y sus resultados no son inmediatos, y segundo, se planifica y diseña para un evento que quizás no ocurra nunca, pero se tiene un rango de vulnerabilidad bastante alto relacionado con la ocurrencia de un fenómeno catastrófico. Estos dos elementos son los puntos de partida para la planeación urbana de la ciudad.

A partir de aquí se plantea una serie de lineamientos de planeamiento urbano sostenible que deben contemplarse para la adaptación al cambio climático para la prevención de los desastres socio-naturales en zonas urbanas:

- Definir un marco legal vigente estableciendo jerarquías y responsabilidades de los municipios en las áreas que presentan amenaza alta o media a cualquier tipo de evento catastrófico.
- Establecer claramente las áreas que presentan riesgos, amenazas y vulnerabilidades, definiendo acciones de mitigación y adaptación a corto, mediano y largo plazo.
- Definir los sectores más vulnerables a los desastres que deben priorizarse a nivel municipal en cuanto a mitigación y adaptación a los desastres socio-naturales.
- Identificar las acciones y tipo de intervenciones requeridas para asegurar una gestión integral de riesgos a nivel municipal.
- Definir una zonificación de riesgos identificando claramente, en las diversas regiones, sus potencialidades y restricciones de desarrollo.

- Definir áreas de protección ambiental que, por su importancia ecológica, deban desarrollarse sosteniblemente.
- Establecer políticas y lineamientos de ordenamiento territorial que tenga en cuenta la gestión integral de riesgo urbano.
- Involucrar a la comunidad en las decisiones de gestión de riesgo mediante procesos de participación ciudadana.

Por último, es importante definir como sociedad, a qué nivel se van a reducir los desastres socio-naturales, estableciendo claramente las medidas de prevención y adaptación a los desastres socio-naturales, incluyendo rubros claros que garanticen la efectividad de las decisiones de mitigación.

CAPÍTULO 3

ESTUDIOS DE CASO

ESTUDIOS DE CASOS: CANADÁ - COLOMBIA

Los estudios de caso son una herramienta metodológica muy utilizada en los procesos investigativos, los cuales facilitan la solución de problemas similares aunque sean espacios geográfica y culturalmente diferentes. Es por esto que se planteó una investigación entre dos países, con áreas geográficas diversas, en dos ciudades con grandes diferencias de desarrollo humano como Montreal y Yumbo, pero que comparten, entre otras, tres cosas en común: son ciudades cruzadas por sistemas hídricos importantes, tienen problemas de inundación en sus áreas urbanas producidos por los sistemas hídricos, y por último, procesos de desbordamientos y sequías que tienen relación directa con el cambio climático mundial. Estas fueron las premisas de partida, teniendo en cuenta que esta investigación se enmarcó dentro del programa *Faculty Research Program*, que establece como una de las condiciones para asignación de recursos que sean estudios comparativos o de caso.

Así mismo, existe en Colombia interés en temas económicos, culturales, de intercambio científico, etc., con Canadá, a tal punto de señalarse que:

Las relaciones entre Colombia y Canadá han sido tradicionalmente amistosas y cordiales. Ambos países comparten similares puntos de vista frente a los principales temas del acontecer mundial y colaboran de manera eficaz en los asuntos regionales y hemisféricos [...] La búsqueda de la paz y de la seguridad internacional, el fortalecimiento de la democracia, el desarrollo social y la prosperidad económica, hacen parte de la agenda de política exterior de ambas naciones. Igualmente, la integración y la concertación, así como los esfuerzos por lograr la plena realización de los ideales contenidos

en la Carta de las Naciones Unidas y de la Organización de Estados Americanos, son objeto de su permanente atención. Y como base fundamental de ese entendimiento cordial, el pleno respeto del derecho internacional, de la soberanía e independencia, de la autodeterminación y del equilibrio²⁰.

Existen investigaciones adelantadas en Colombia sobre comercio, medio ambiente y multiculturalismo, que plantean:

En relación con el TLC con Colombia, es evidente que el sector medio ambiental constituye una gran oportunidad para las empresas colombianas de nutrirse de los conocimientos, innovaciones y procedimientos que siguen las pautas del desarrollo sostenible, por lo que es fundamental que el equipo negociador busque acercamientos que permitan la celebración posterior de acuerdos de colaboración empresarial entre compañías de Québec y Colombia.

No obstante, es importante advertir la posibilidad de que estas políticas se conviertan en barreras indirectas al comercio entre Colombia y Québec, al menos inicialmente, si las empresas colombianas no conocen a fondo las exigencias de cooperación, en el evento de buscar una inversión directa, y la calidad de los productos exigida por la provincia, en lo referente al intercambio de mercancías.²¹

Las anteriores circunstancias fueron reforzadas por el acontecer político que, coincidente con la visita del primer ministro Stephen Harper a América del Sur y el Caribe, el pasado julio de 2007, marcó un nuevo comienzo para el compromiso de Canadá en el hemisferio occidental. De esta manera, las agencias internacionales, en sus informes, plantearon que durante la visita, el Primer Ministro describió así la visión del gobierno para Canadá y las Américas:

Canadá se ha comprometido plena y activamente con varios países de la región para promover una amplia gama de intereses comunes: desde el comercio y la inversión, hasta la educación, desde la ayuda al desarrollo, hasta el intercambio de mejores prácticas e información sobre pandemias, y desde el mantenimiento del orden, hasta la supervisión de las elecciones.

Así mismo, en noviembre de 2008, el Primer Ministro hizo hincapié:

²⁰ Embajada de Canadá en Colombia (2009). Informe de gestión año 2008, consultado marzo 15 de 2009 en <http://www.canadainternational.gc.ca/colombia-colombie>

²¹ SALDARRIAGA, Alina y VÉLEZ, María Adelaida (2008). *Québec, una mirada desde el comercio y el multiculturalismo a la relación con Colombia*. Trabajo de grado, Universidad Eafit, 14 de agosto 2008, Medellín, Colombia.

En el continuo compromiso de Canadá con las Américas, a través del nombramiento de un ministro de Estado de Asuntos Exteriores con responsabilidad especial para las Américas. Son un esfuerzo sostenido, de colaboración y constante trabajo con países del hemisferio en el transcurso del tiempo. Canadá puede contribuir a asegurar que los ciudadanos de la región vean mejoramientos de la situación ahora y en el futuro. Las Américas son y seguirán siendo una prioridad de política exterior para Canadá. Los canadienses tienen mucho que ganar al estar implicados en la región y también tienen mucho que contribuir.

Por otro lado, el pasado mes de abril de 2009, el primer ministro Harper llevó a sus reuniones con los líderes hemisféricos en la Quinta Cumbre de las Américas, que tuvo lugar en Trinidad y Tobago, el siguiente mensaje:

El Gobierno de Canadá permanece comprometido a trabajar con los socios de la región y, en el ámbito nacional, a contribuir en la construcción del mejor futuro posible para las Américas, para los canadienses y para todos los ciudadanos del hemisferio.

En otros temas de cooperación se ha establecido que las amenazas contra la seguridad en la región varían desde el crimen, la violencia y las drogas, hasta las epidemias sanitarias y los desastres naturales. Estos desafíos transcinden las fronteras territoriales, afectando a los canadienses y a otros ciudadanos en las Américas. La Agencia de Salud Pública de Canadá (ASPC) está apoyando a la Comunidad del Caribe para crear una agencia de prevención, mitigación y atención de desastres naturales, como los terremotos, los huracanes y las inundaciones; estos fenómenos pueden obstaculizar e, incluso, revertir el desarrollo de un país. Canadá ha brindado ayuda contribuyendo con más de US\$10 millones para asistir a Haití después de tres importantes huracanes en 2008, la Agencia Canadiense para el Desarrollo Internacional (ACDI), ha aportado US\$20 millones para construir una nueva instalación de seguro de riesgo de catástrofes en el Caribe y US\$20 millones al Programa de Gestión de Riesgos de los Desastres en el Caribe.

EL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL CONTINENTE AMERICANO

El fenómeno de cambio climático mundial está generando una transformación importante en todos los ciclos de la naturaleza, originando una serie de amenazas y potencializando otras como inundaciones, sequías, olas de calor, tormentas, efectos en la calidad del agua, deslizamientos, etc.

Es necesario entender los efectos del cambio climático que se está originando en el continente americano, para tal fin en esta investigación ana-

lizó el informe IPCC, 2007²²: cambio climático 2007, donde en uno de sus apartes confirman datos y estadísticas citados con anterioridad en esta investigación: “De los doce últimos años (1995-2006), once figuran entre los doce más cálidos en los registros instrumentales de la temperatura de la superficie mundial (desde 1850). La tendencia lineal a 100 años (1906-2005), cifrada en 0,74°C [entre 0,56°C y 0,92°C] es superior a la tendencia correspondiente de 0,6°C [entre 0,4°C y 0,8°C] (1901-2000) indicada en el tercer informe de evaluación (TIE)”. Este aumento de temperatura está distribuido por todo el planeta y es más acentuado en las latitudes septentrionales superiores.

Las regiones terrestres se han calentado más aprisa que los océanos, el aumento de nivel del mar concuerda con este calentamiento. En promedio, el nivel de los océanos mundiales ha aumentado, desde 1961, a un promedio de 1,8 [entre 1,3 y 2,3] mm/año, y desde 1993, a 3,1 [entre 2,4 y 3,8] mm/año, en parte por efecto de la dilatación térmica y del deshielo de los glaciares, de los casquetes de hielo y de los mantes de hielo polares. No es posible dilucidar hasta qué punto esa mayor rapidez evidenciada entre 1993 y 2003 refleja una variación decenal, o bien, un aumento de la tendencia a largo plazo. La disminución observada de las extensiones de nieve y de hielo concuerda también con el calentamiento. Datos satelitales obtenidos desde 1978 indican que el promedio anual de la extensión de los hielos marinos árticos ha disminuido en un 2,7 [entre 2,1 y 3,3] % por decenio, con disminuciones estivales aún más acentuadas, de 7,4 [entre 5,0 y 9,8] % por decenio.

En promedio, los glaciares de montaña y la cubierta de nieve han disminuido en ambos hemisferios. Entre 1900 y 2005, la precipitación aumentó notablemente en las partes orientales de América del Sur y del Norte, Europa septentrional, Asia septentrional y central, aunque disminuyó en el Sahel, en el Mediterráneo, en el sur de África y en ciertas partes del sur de Asia. En todo el mundo, la superficie afectada por las sequías ha aumentado posiblemente desde el decenio de 1970. Es muy probable que en los últimos 50 años los días fríos, las noches frías y las escarchas hayan sido menos frecuentes en la mayoría de las áreas terrestres, así mismo que los días y noches cálidas hayan sido más frecuentes. También, que las olas de calor hayan sido más frecuentes en la mayoría de las áreas terrestres, que la frecuencia de las precipitaciones intensas haya aumentado en la mayoría de las áreas, y que, desde 1975, la incidencia de valores extremos del nivel del mar haya aumentado en todo el mundo.

Las observaciones evidencian un aumento de la actividad ciclónica tropical intensa en el Atlántico Norte desde 1970, aproximadamente, con es-

²² PACHAURI, R.K. y REISINGER, A. (2007): Cambio climático. Informe de síntesis. Contribución de los grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de expertos sobre el cambio climático [Equipo de redacción principal]. IPCC, Ginebra, Suiza, 104 p.

casa evidencia de aumentos en otras regiones. No se aprecia una tendencia clara del número anual de ciclones tropicales. Es difícil identificar tendencias a más largo plazo de la actividad ciclónica, particularmente antes de 1970. En promedio, las temperaturas del Hemisferio Norte durante la segunda mitad del siglo XX fueron muy probablemente superiores a las de cualquier otro período de 50 de los últimos 500 años, y probablemente las más altas a lo largo de, como mínimo, los últimos 1300 años.

Entendiendo claramente los fenómenos y las consecuencias del cambio climático global y las repercusiones en el continente americano, esta investigación se concentra en dos tipos de amenazas naturales: inundación y sequía en el área geográfica nororiental de Canadá, específicamente la ciudad de Montreal, y la zona sur del Valle del Cauca en Colombia, específicamente el río Yumbo, en la ciudad de Yumbo. Para entender cómo estos ecosistemas naturales tienen directa relación en la cuenca hidrográfica, se considera necesario estudiar toda la cuenca hidrográfica del río San Lorenzo y el río Yumbo, para entender las repercusiones ambientales y los riesgos socio-naturales que tienen relación directa con el calentamiento global.

EL SISTEMA HÍDRICO DEL RÍO SAN LORENZO

La cuenca hidrográfica²³ del río San Lorenzo, incluye los Grandes Lagos en la parte alta; en la parte baja se encuentra su desembocadura en el golfo de San Lorenzo. El área total de la cuenca del río San Lorenzo es de 1.609.854 km²²⁴. La cuenca está conformada por cuatro grandes regiones hidrográficas, el tronco fluvial, el estuario fluvial, el estuario medio y el estuario marítimo o del golfo, como aparece en la gráfica 3.1.

²³ *La cuenca hidrográfica como territorio para la gestión integral del agua.* La cuenca es un concepto geográfico e hidrológico que se define como el área de la superficie terrestre por donde el agua de lluvia escurre y transita o drena a través de una red de corrientes que fluyen hacia una corriente principal y por ésta hacia un punto común de salida que puede ser un almacenamiento de agua interior, como un lago, una laguna o el embalse de una presa, en cuyo caso se llama cuenca endorréica. Normalmente la corriente principal es la que define el nombre de la cuenca. Cada uno de estos ríos tiene corrientes alimentadoras que se forman con las precipitaciones que caen sobre sus propios territorios de drenaje a las que se les llama cuencas secundarias o subcuenca. A su vez, cada subcuenca tiene sus propios sistemas hidrológicos que les alimentan sus caudales de agua. Estas son cuencas de tercer orden y así, sucesivamente, hasta territorios muy pequeños por los que escurre el agua sólo durante las temporadas de lluvia y por períodos muy cortos de tiempo. Para los fines de formulación y ejecución de las políticas públicas relacionadas con el agua y de participación en la gestión integral del recurso, interesan sólo tres niveles de cuenca. Las macrocuenca que corresponden a grandes sistemas hidrológicos. Las subcuenca, o cuencas de segundo orden, y un tercer nivel que puede denominarse de microcuenca.

²⁴ GINGRAS, Danielle (1997). Le fleuve en Bref, Capsules –éclair Sur l'état du Saint-Laurent, Centre Saint-Laurent, Canada.



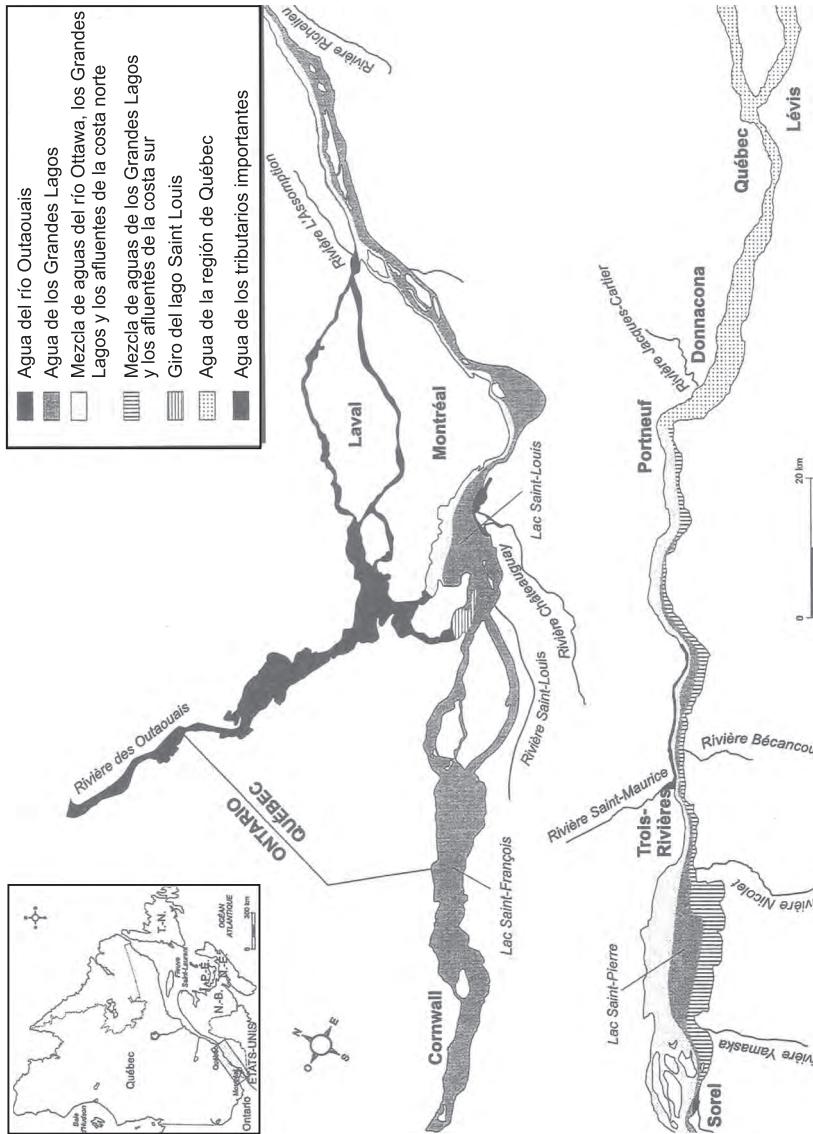
Gráfica 3.1 Región hidrográfica del río San Lorenzo²⁵

Para la investigación se tiene en cuenta toda la cuenca hidrográfica como sistema, pero en este primer caso se centra en la región hidrográfica del tronco fluvial; dicha zona se extiende desde la ciudad de Corwall hasta el puente du Lac, como se observa en la gráfica 3.2. Esta zona es de suma importancia para la investigación ya que se encuentra en medio de la zona hidrográfica de la ciudad de Montreal; adicionalmente, es el área fuertemente industrializada. Esta zona se caracteriza por la presencia de rápidos, de lagos, numerosas islas y de aguas dulces en todo su trayecto.

La fisiografía del río San Lorenzo es alterada a partir del siglo XX por la gran cantidad de intervenciones humanas en la cuenca, principalmente de obras hidráulicas e hidroeléctricas, la creación de canales marítimos, el dragado del canal de navegación, la modificación de las riberas y la creación de islas para la Expo 67²⁶.

²⁵ ROBICHAUD, Alain et DROLET René (1998). “Les fluctuations des niveaux d'eau du Saint-Laurent”, *Rapport Technique*, Ministère de L'Environnement et de la Faune du Québec, Junio, p. 2.

²⁶ ROBICHAUD, Alain et DROLET René (1998), Op. cit. p. 7.



Gráfica 3.2. Las masas de agua del río San Lorenzo entre Cornwall y Québec²⁷

²⁷ ROBICHAUD, Alain et DROLET René (1998), Op cit. p. 34.

El régimen hidráulico de la región de Montreal está influenciado por los Grandes Lagos, principalmente el lago Ontario, el río Outaouais, el lago de Deux Montagnes, el lago San Luois, la rivière des Mille Iles y la rivière des Prairies. La fluctuación de los niveles de agua es una consecuencia de las variaciones climáticas asociadas al cambio climático. Las comunidades antrópicas y bióticas han evolucionado para adaptarse a los niveles de agua y sus cambios diarios, estacionales e, incluso, anuales. De hecho, estos son los tipos de variaciones en los niveles de agua que determinan los cambios de uso del suelo, la diversidad, el estado de la vegetación y los humedales, que proporcionan el hábitat para una gran variedad de invertebrados, anfibios, reptiles, peces, aves y mamíferos. Los altos niveles del agua pueden conducir a la pérdida de muchos arbustos, especies de plantas invasoras y otras que salen del agua. Así mismo, los bajos niveles de agua pueden originar la exposición al aire de zonas cercanas a la costa que casi siempre están cubiertas, originando la pérdida de especies acuáticas que se reproducen en áreas costeras; también, bajo nivel de acceso de los peces a lugares de desove, así como el uso restringido de los humedales.

Varios estudios recientes sugieren que el clima de la cuenca del río San Lorenzo –región de los Grandes Lagos, se encuentra en transición; los inviernos se han acortado, la temperatura media anual aumenta, la cubierta de hielo dura menos, y se presentan episodios de lluvias cada vez más intensos y frecuentes (Kling et al, 2003)²⁸. En el futuro, se presentarán aumentos en la temperatura del aire (alrededor de 2 grados centígrados), y la evaporación (12-17%), estos fenómenos conducirán a una disminución en el nivel de los Grandes Lagos media de 0,2 a 0,7 m (Lofgren et al, 2002)²⁹.

Un déficit de suministro de agua de los Grandes Lagos, podría conducir a una disminución entre el 20 y el 40% de la salida desde el lago Ontario al río San Lorenzo, con una disminución en el nivel medio del río de aproximadamente un metro en Montreal (Mortsch Quinn, 1996)³⁰. Los más

²⁸ KLING, G.W., K. HAYHOE, L.B. JOHNSON, J.J. MAGNUSON, S. POLASKY, S.K. ROBINSON, B.J. SHUTER, M.W. WANDER, D.J. WUEBBLES, D.R. ZAK, R.L. LINDROTH, S.C. MOSER et M.L. WILSON (2003). *Confronting Climate Change in the Great Lakes Region. Impacts on our Communities and Ecosystems*. Union of Concerned Scientists, Cambridge, Massachusetts, and Ecological Society of America, Washington, D.C. Consultado el 15 de marzo de 2008, <<http://www.ucsusa.org/greatlakes>>.

²⁹ LOFGREN, B.M., F.H. QUINN, A.H. CLITES, R.A. ASSEL, A.J. EBERHARDT et C.L. LUUKKONEN (2002). “Evaluation of potential impacts on Great Lakes water resources based on climate scenarios of two GCMs”, *Journal of Great Lakes Research*, 28 (4): 537-554.

³⁰ MORTSCH, L.D. et F.H. QUINN (1996). “Climate change scenarios for Great Lakes Basin ecosystem studies”. *Limnology and Oceanography*, 41: 903-911.

recientes escenarios indican una posible pérdida que puede variar entre 4% y 24% de la salida desde el lago Ontario (Crowley, II 2003)³¹.

La cuenca hidrográfica del río San Lorenzo está siendo transformada por los factores climáticos; la disponibilidad de agua, un fenómeno de suma importancia para la conservación de los niveles adecuados de abastecimiento de agua corriente para el San Lorenzo, se basa en varias políticas que el gobierno adoptó en los últimos 20 años. Sin embargo, dichas políticas carecían de la coordinación de los esfuerzos de investigación para decidir lo mejor sobre los efectos de estos cambios sobre los ecosistemas y, más concretamente, en los sectores afectados por la disponibilidad de agua como las áreas de los Grandes Lagos. Hasta la fecha, las simulaciones que se han hecho en la cuenca del río San Lorenzo permite concluir que es más apropiado hablar de posibles riesgos, algunos de ellos son, sin embargo, muy reales (Lasserre, 2005)³².

RÉGIMEN HIDROLÓGICO DEL RÍO SAN LORENZO

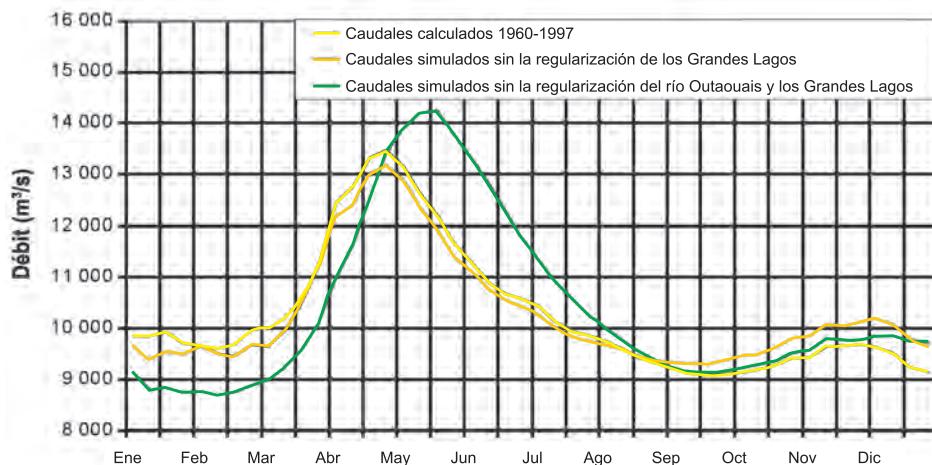
Las fluctuaciones de la corriente del río San Lorenzo resultan en gran parte de los aportes de aguas de sus principales tributarios, el lago Ontario y el río Outaouais. Varios de las principales afluentes aguas abajo de estos dos sistemas hídricos también contribuyen a estas fluctuaciones, pero su impacto es menor debido a su menor tamaño. En promedio, el río Outaouais proporciona 6980 m³/s por año en el río San Lorenzo, mientras que el caudal del lago Ontario fluctúa 5650 m³/s, y su nivel varía de 2,02 m. Estas grandes fluctuaciones dan como resultado la mayoría de las variaciones de los aportes de sus afluentes y la morfología resultante del entorno fluvial.

Es importante resaltar que las proporciones de flujo de agua del río San Lorenzo, desde el lago Ontario y de otros afluentes, pueden variar durante el año en función de estaciones, condiciones meteorológicas y de la estrategia de regularización aplicada. En la siguiente tabla aparece un análisis comparativo del caudal del río San Lorenzo, en distintos momentos, simulando posibles efectos, como se observa en la tabla 3.1.

³¹ CROWLEY II, T.J. (2003). Great Lakes Climate Change Hydrological Impact Assessment. US Department of Commerce and National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), Great Lakes Environmental Research Laboratory, Ann Arbor, Michigan. Technical memorandum Glrl-126, IJC Lake Ontario-St. Lawrence River Regulation Study, 75 pages.

³² LASSERRE, F. (Ed.) (2005). Transferts massifs d'eau, outils de développement ou instruments de pouvoir? Presses de l'Université du Québec, Géographie contemporaine, 576 pages. Canada.

**Tabla 3.1. Análisis comparativo del caudal del río San Lorenzo,
entre 1960-1997 simulando posibles efectos³³**



CAUDAL

Las fluctuaciones del río San Lorenzo se caracterizan por un caudal de agua muy variable de un año a otro, dependiendo principalmente del clima. Las series temporales de los flujos del río San Lorenzo en el punto de Sorel, muestran la magnitud de las variaciones diarias del flujo de alrededor de 14.000 m³/s, entre un mínimo de 6.000 m³/s, y un máximo de 20.000 m³/s aproximadamente.

Los caudales más bajos del río San Lorenzo se observaron a mediados de 1930 (6.601 m³/s), seguido por los altos caudales de 19.655 m³/s, en 1943. Flujos muy bajos se observaron también a mediados de 1960 (6.093 m³/s), seguido por un alto flujo (20.343 m³/s) en 1976 y, más recientemente, a finales de la década de 1990 y principios de 2000. Así mismo, es importante resaltar los niveles registrados en el pasado durante los períodos de bajos niveles de agua que contienen valores extremos que no se han alcanzado en el reciente episodio de poca agua del verano de 2001. Aunque muy bajos, los valores medidos durante el verano de 2001 están dentro del rango de valores registrados en un centenar de años como se observa en la tabla 3.2.

³³ TALBOT, André (2006). Enjeux de la disponibilité de l'eau pour le fleuve Saint Laurent, Synthèse Environnementale, Environnement Canada, Montréal. Chapitre 2, p. 19.

Tabla 3.2. Resumen de los niveles de caudal entre los Grandes Lagos y el río San Lorenzo³⁴

	Lago Ontario	Flujo Saint-Laurent a Sorel
	Nivel (metros; SRIGL 1985*)	Caudal (m^3/s)
Promedio	74,8	6 980
Máximo	75,76	10 010
Mínimo	73,74	4 360
Fluctuaciones	2,02	5 650
		4,96 7,23 3,61 3,62
		Nivel (metros; SRIGL 1985)
		Caudal (m^3/s)

* SRIGL 1985: Sistema de referencia internacional de los Grandes Lagos de 1985

Resumen de los principales aportes del agua del Saint-Laurent a Trois-Rivières, compilado a partir de promedios periódicos de los caudales para el periodo 1932 a 2004

	Mínimos	Promedio	Máximos
Lac Ontario à Cornwall	4 360	6 980	10 010
Apports au lac Saint-François	0,9	232	1 232
Bassin de la rivière Châteauguay	1,3	42	1 847
Apport non jaugé du canal de la Rive Sud	0,1	5,4	248
Rivière des Outaouais au barrage de Caillons	306	1914	8 190
Rive nord de Montréal (aval de Caillons jusqu'à L'Assomption, près de Repentigny)	10,3	127	1 709
Bassin de la rivière Richelieu	47	373	1 473
Apports au lac Saint-Pierre	20	377	4 555

³⁴ Op. cit. p. 20.

NIVELES DE AGUA

Cada uno de los acontecimientos sucedidos a través del siglo pasado en el río San Lorenzo ha tenido un efecto sobre los niveles de distribución del agua. Si bien algunas obras como las pilas de un puente producen un efecto local, varios de los principales acontecimientos han cambiado los niveles de distribución, y en escalas espaciales entre Montreal y Trois-Rivières, en particular: el dragado constante del canal para la navegación (facilitación de la circulación en la superficie libre), la construcción la isla de Santa Elena y el puente-túnel Louis Hippolyte La Fontaine (disminución del flujo). Así mismo, las prácticas de gestión y protección de estructuras contra los bancos de hielo (una disminución en la formación y la facilitación de la eliminación de hielo). Todos estos acontecimientos han tenido importantes efectos, y, en ocasiones, variables en el tiempo y el espacio.

Así, los cambios realizados sólo han provocado un aumento en el nivel de agua, estimados en 29 cm, en Sorel, y 12 cm, en el puerto de Montreal, en 1930, seguido por las fluctuaciones asociadas a la degradación y reparación de muchas de estas obras. Por último, la regulación de los flujos en el río Ottawa y el lago Ontario, en menor medida, también tienen un impacto sobre la distribución de los niveles del río San Lorenzo. En la práctica, es extremadamente difícil aislar el efecto de regularización del lago Ontario, con todos los demás efectos. La tabla 3.2, que ilustra la serie temporal de los niveles el agua almacenada en el puerto de Montreal, entre 1932 y 2005, muestra el impacto acumulativo de las diferentes intervenciones, principalmente en la forma de reducción de los niveles del agua.

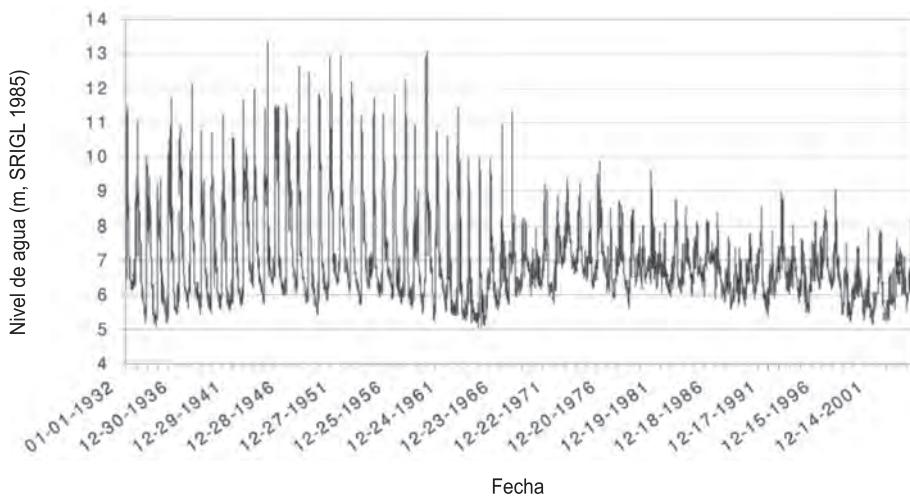
Los niveles de agua de los lagos San Francisco y San Louis varían mucho menos desde el comienzo de la regularización de los Grandes Lagos-río San Lorenzo, a finales del decenio de 1950. Siempre que se han presentado las inundaciones los niveles de estos lagos se han mantenido dentro de una gama bien definida, como se observa en la tabla 3.3.

El caudal del río San Lorenzo es, en gran medida, regulado por el control de la salida del lago Ontario. La estrategia de adopción de un reglamento por el CMI pretende, entre otras cosas, reducir al mínimo la magnitud de las inundaciones del caudal del río. El impacto de esta inundación se hace sentir especialmente en el lago Saint-Pierre, donde muchas de las islas a lo largo del río se inundan durante un fenómeno de lluvias prolongado.

Al analizar los niveles de agua en el río San Lorenzo se debe prestar especial atención al efecto de fenómenos naturales y antropogénicos. También hay que abordar algunas cuestiones prácticas. Por ejemplo, a causa de los cambios antropogénicos cerca del puerto de Montreal, es necesario recopilar datos estadísticos históricos en este sector desde 1967. Es importante resaltar que los bajos niveles registrados a comienzos de los años 1930 y 1964, y en 1965, en el río San Lorenzo, no se toman en cuenta en

esta estadística. Por lo tanto, estos datos no son comparables a los cálculos efectuados para los Grandes Lagos, los cuales se tomaron desde 1918. Se puede concluir, entonces, que ante esta situación se llega a una interpretación errónea de la situación de los niveles de agua en el río para el año 2001.

Tabla 3.3. Niveles del agua almacenada en el puerto de Montreal entre 1932 y 2005³⁵



Estos posibles riesgos plantean preguntas sobre los cambios en los regímenes hidrológicos futuros teniendo presente la importancia de los datos sobre la síntesis de diversos componentes del ecosistema y, principalmente, los cambios en el uso que se presenten en el entorno de la cuenca hidrográfica. Por último, es necesario tener en cuenta las soluciones técnicas propuestas para la gestión de los ríos y las consecuencias económicas de las opciones de gestión de la demanda, lo que podría reducir la presión sobre la disponibilidad de agua del río San Lorenzo.

A continuación se muestran los resultados del análisis del sistema de tronco fluvial: su comportamiento hidráulico y los cambios que se están originando por el cambio climático.

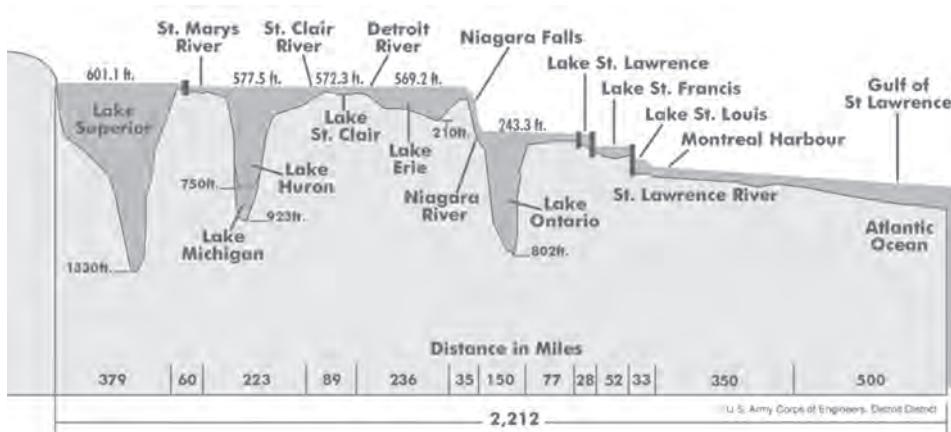
Los GRANDES LAGOS

El cambio climático está generando grandes alteraciones en el clima mundial, la zona de los Grandes Lagos en Canadá y Estados Unidos, no ha escapado a esta problemática ambiental presentando un fenómeno que se conoce como el “efecto lago”. En invierno, la evaporación provocada

³⁵ Op. cit. p. 21,

por los vientos del oeste puede producir grandes nevadas. El ejemplo más destacado es la cantidad de nieve que cae en Búfalo, New York, resultante de la evaporación emitida por el lago Erie. No es inusual que nieve en días de cielos claros a causa de este fenómeno. Los lagos también moderan las temperaturas de las estaciones, absorbiendo el calor y enfriando el aire en verano, y desprendiendo suavemente ese calor en otoño. Esta temperatura atenuada crea regiones conocidas como “cinturones frutales”, donde se cultivan frutas tradicionalmente producidas más al sur. La costa este del lago Michigan y la costa sur del lago Erie alojan muchas bodegas.

La península de Niágara, entre el Erie y el Ontario, cuenta con excelentes vinos, producto del “efecto lago” el cual es un fenómeno caracterizado por la aparición de niebla, sobre todo en el lago Superior, debido a su clima marítimo. A pesar de su descomunal tamaño, gran parte de los Grandes Lagos se congelan en invierno. Esto detiene el flujo de barcos durante esta estación, haciendo necesario el uso de rompehielos en los lagos. En la grafica 3.3, se hace un corte de los Grandes Lagos, y el río San Lorenzo pasando por la ciudad de Montreal, hasta la desembocadura en el océano Atlántico. La cuenca de los Grandes Lagos es de suma importancia para la vida de la población de Norte América, ya que representa un cuarto de las reservas de agua dulce que aún quedan en la Tierra, por tanto, los Grandes Lagos influencian casi todos los fenómenos ambientales en la zona norte de América.



Gráfica 3.3. Diferencia de niveles de agua desde el lago Superior hasta el océano Atlántico. U.S Army Corps of Engineers Detroit District (2005).

Consultado marzo 15 2008, http://es.wikipedia.org/wiki/Grandes_Lagos.

La contaminación de los Grandes Lagos está fuertemente influenciada por las actividades o usos del suelo cercanas a sus riberas; debido a esta situación, los impactos ambientales producidos tiene repercusión directa sobre toda la cuenca influenciada por los mismos³⁶.

En la gráfica 3.4, vemos el plano de los Grandes Lagos y su área de influencia directa en color oscuro, adicionalmente se observa el área de influencia de acuerdo con la división política. En Canadá, los Grandes Lagos tienen influencia directa en dos provincias: Ontario y Québec; en los Estados Unidos, tienen influencia directa en ocho Estados: Minnesota, Wisconsin, Illinois, Indiana, Michigan, Ohio, Pennsylvania y New York.



*Gráfica 3.4. Plano de los Grandes Lagos y su área de influencia directa.
Imagen GLIN (2004).*

Consultado marzo 2008, fuente: <http://www.great-lakes.net/lakes/>.

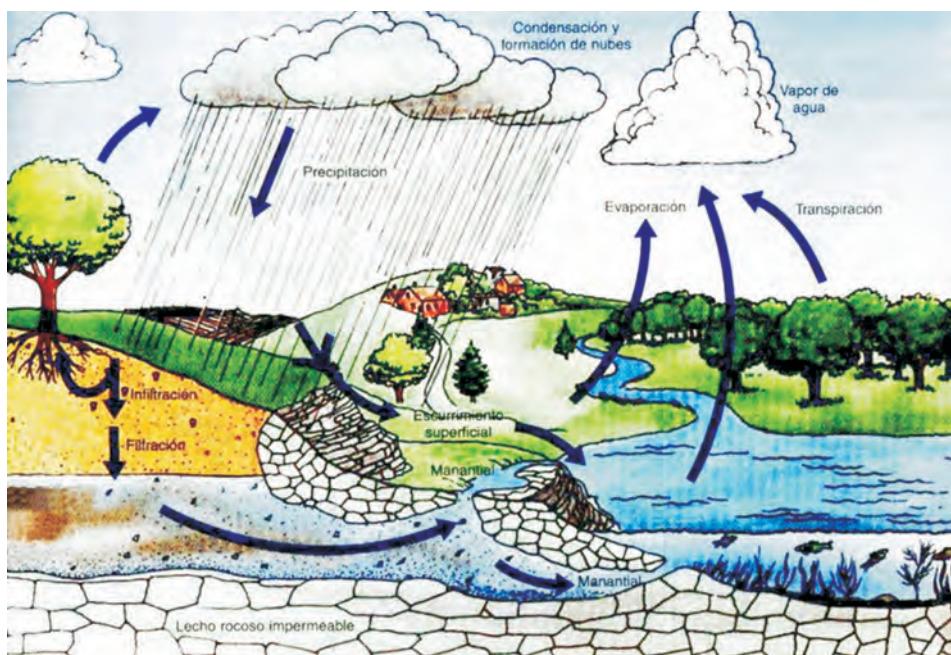
En general, los Grandes Lagos presentan pequeñas variaciones del nivel del agua durante las estaciones del año, los niveles máximos de variación de nivel de agua entre invierno y verano es de aproximadamente de 30 a 50 cm. Las variaciones del nivel del agua en los Grandes Lagos a largo plazo son mínimas, sin embargo, durante algunos cortos períodos de

³⁶ GINGRAS, Danielle (1997). *Le fleuve en Bref, Capsules-éclair Sur l'état du Saint-Laurent*, Centre Saint-Laurent, Canada.

tiempo se presentan abundantes lluvias y sequías como, por ejemplo, durante los años sesenta que disminuyó considerablemente el nivel del agua por la baja precipitación, así como durante los años setenta y ochenta, los niveles normales del agua aumentaron considerablemente por abundantes precipitaciones.

Una revisión de la siguiente gráfica muestra los diferentes fenómenos que determinan los diversos niveles del agua en los Grandes Lagos. El nivel de agua depende de la cantidad de líquido que entra y sale durante el ciclo hidrológico, el cual representa un rol importante dentro de las variaciones del nivel del agua. El ciclo hidrológico es el reciclaje natural del agua, la cual se evapora de los océanos y de los lagos y se eleva en forma de vapor de agua hasta encontrarse en la atmósfera superior. Al llegar allí se condensa y vuelve a precipitarse en forma de lluvia a la tierra, alimentando nuevamente a los océanos, lagos y aguas subterráneas.

El ciclo hidrológico que vemos en la gráfica 3.5, presenta mayor variación debido al fenómeno de calentamiento global, ya que al variar las temperaturas de la Tierra, se originan fenómenos de ausencia de lluvias o mayor precipitación, esta situación se ve reflejada en todo el sistema hídrico de los Grandes Lagos incluyendo el río San Lorenzo y su principal afluente, el río Outaouais o río Ottawa.



Gráfica 3.5. El ciclo hidrológico.

Consultado marzo 2008, http://www.on.ec.gc.ca/water/factsheets/waterlevels2_f.html.

CAMBIO CLIMÁTICO EN EL ÁREA DE LOS GRANDES LAGOS

El régimen natural de la Tierra ya no será estable, hay grandes cambios originados por los fenómenos climáticos derivados del calentamiento global. Los Grandes Lagos, por ser el sistema hídrico y ambiental más importante del norte de América, está sufriendo y sufrirá grandes transformaciones en su ciclo hidrológico.

Según plantean algunos expertos en cambio climático, los niveles del agua de los Grandes Lagos en los próximos años tendrán una variación de 100 cm, fenómeno que estará concentrado principalmente en los lagos Michigan y Hurón. Los modelos informáticos de cambio climático muestran también que el lago Saint-Claire y el lago Erie, presentarán una disminución entre 80 y 90 cm. Así como los lagos Erie y Superior tendrán una disminución importante de 40 cm. De todas estas afirmaciones se desprende una serie de interrogantes con respecto a los fenómenos que se podrán originar por la baja considerable de los niveles de agua en los sistemas hídricos de los Grandes Lagos. Así mismo, no se descarta la posibilidad de grandes períodos de lluvia que pueda aumentar los niveles del agua durante períodos prolongados de tiempo.

Los diversos cambios que sucederán en los Grandes Lagos y su sistema hídrico son el punto estructural para la investigación; lo que acontezca con el cambio hidrológico en los Grandes Lagos tiene relación directa con el río San Lorenzo y su efecto en la ciudad de Montreal. Sobre esta hipótesis se construirán lineamientos de planeamiento urbano sostenible, de cómo intervenir este fenómeno en las áreas de influencia del río San Lorenzo.

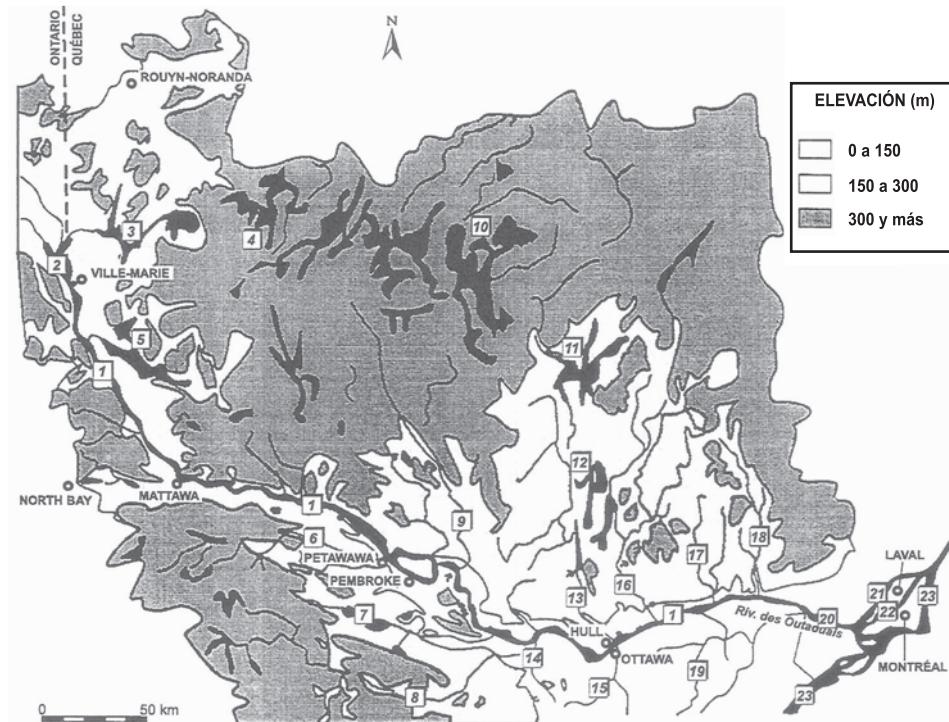
Río OUTAOUAIS (RÍO OTTAWA)

Con una longitud de 1.271 km, el río Outaouais es el principal afluente del río San Lorenzo, conjuntamente con el lago Ontario. A lo largo de la cuenca el río Outaouais forma el lago des Deux Montagnes y los ríos de las Mille Iles y de la Prairies; adicionalmente, una pequeña porción de agua va a dar al canal del Lac Saint-Louis³⁷. El río Outaouais tiene un caudal de 1120 metros cúbicos por segundo.

La cuenca de río Outaouais, incluyendo la zona del lago Deux Montagnes, tiene una superficie aproximada de 146.334 km², de los cuales 92.203 km² pertenecen a la provincia de Québec. Esta gran área está cubierta en un 86% por bosques y un 12% corresponde al área urbana de d'Otawa Hull, que representa la principal aglomeración humana de toda la cuenca³⁸ como se observa en las gráficas 3.6 y 3.7.

³⁷ El río San Lorenzo, consultado el 20 de marzo de 2008 en: <http://thecanadianencyclopedia.com/index.cfm>

³⁸ El río Outaouais, consultado el 20 de marzo de 2008 en: http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/eco_aqua/outaouais/intro.htm

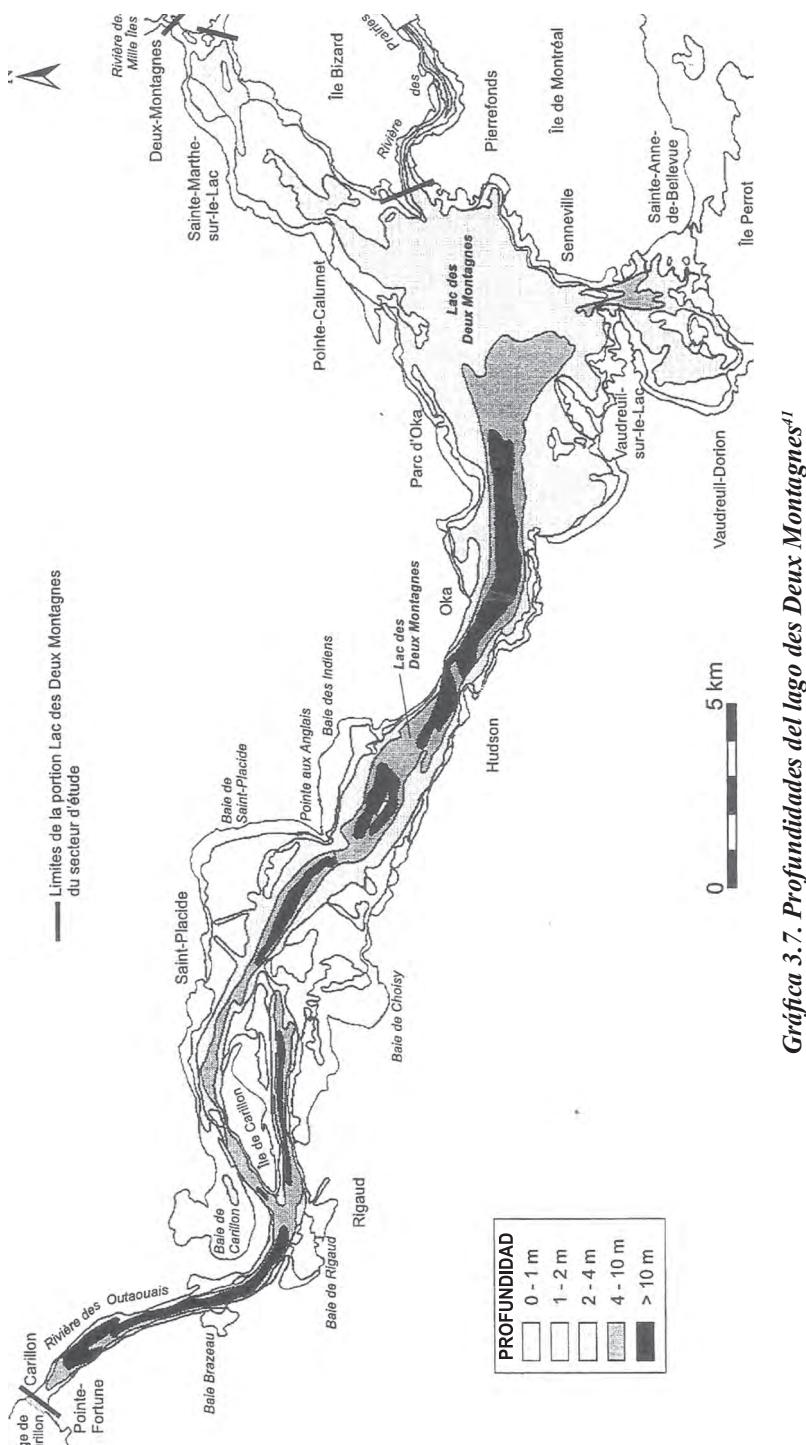


Gráfica 3.6. Área de influencia de la cuenca del río Outaouais³⁹

El río Outaouais aporta al río San Lorenzo aproximadamente $2.000 \text{ m}^3/\text{s}$ ⁴⁰. Este caudal corresponde al 16% del total, mientras que los Grandes Lagos, aportan aproximadamente el 61% del total del agua (Cossa et al., 1998).

³⁹ FORTIN R. Guy (1999). Synthèse des connaissances sur les aspects physiques et chimiques de l'eau et des sédiments du secteur d'étude Lac des Deux Montagnes - rivière des Prairies et des milles îles. p. 7, Environnement Canada - Région du Québec.

⁴⁰ MEF - Ministère de L'Environnement et de la faune (1996a). Qualité des eaux du bassin de la rivière des Outaouais, 1979-1994. Direction des écosystèmes aquatiques. Rapport QE-105/1, Envirodoq En 960174, 88 pages + 7 annexes.



Gráfica 3.7. Profundidades del lago des Deux Montagnes⁴¹

⁴¹ FORTIN R. Guy (1999). Synthèse des connaissances sur les aspects physiques et chimiques de l'eau et des sédiments du secteur d'étude Lac des deux Montagnes - rivière des Prairies et des Mille îles. p. 13, Environnement Canada- Région du Québec

CAMBIO CLIMÁTICO EN EL RÍO OUTAOUAIS

Debido a la importancia del río Outaouais, desde el punto de vista ambiental, hidrológico, social y económico, se ha diseñado una serie de planes de regulación para el lago Ontario y el río San Lorenzo. Uno de esos estudios se concentra en los impactos hidrológicos relacionados con el cambio climático. En el 2002 *Climate Change Workshop of the Hydrology and Hydraulics Technical Working Group* (H&H TWG) estableció especificaciones para el análisis del cambio climático, dichas especificaciones se concentran en medir cambios en la temperatura ambiente anuales, así como cambios en los regímenes de precipitación anual.

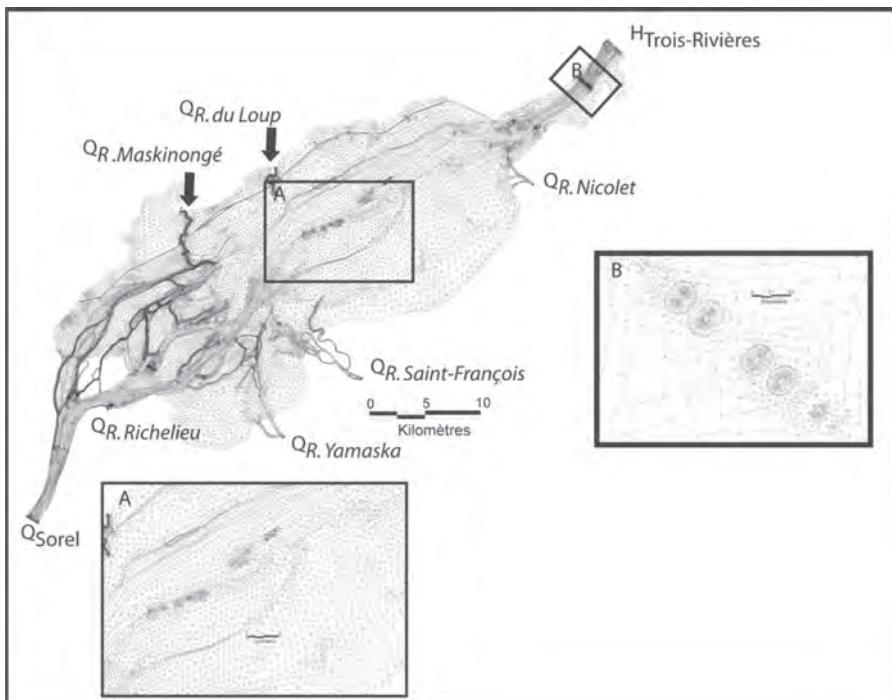
Para analizar los cambios en el tiempo, en la cuenca del río San Lorenzo, se estudiaron los flujos hídricos del río durante el período 1932 a 1998 (Morin y Bouchard, 2000)⁴². Dichas mediciones se hicieron, en su mayoría, en tiempo real, donde se analizaba la velocidad, la dirección y la intensidad de los vientos y otros parámetros meteorológicos utilizados para calcular la corriente del río. Para hacer una modelación completa se incluyó el inventario de los trabajos de ingeniería (dragado, puente de los muelles, las islas artificiales) ya que tienen una fuerte influencia en el sistema hidráulico. Los resultados de este análisis están disponibles para el área de Montréal Trois-Rivières (Côté y Morin, 2005a, 2005b; Morin y Bouchard, 2000), el lago Saint-Pierre (Morin y Côté, 2003), para el lago San Francisco (Morin et al., 1994) y para el lago de St. Louis (Morin et al., 2003b).

Escenarios hidrológicos, o eventos de referencia, fueron creados en primera instancia para la sección de Montréal Trois-Rivières (Morin y Bouchard, 2000) y posteriormente se extendió a todo la cuenca del río de San Lorenzo. Se analizaron tres temporadas diferentes para los flujos en función del tipo de fricción que presenta la corriente del río: 1) se encuentran plantas acuáticas sumergidas, 2) la presencia de hielo en invierno, y 3) la primavera o el otoño, cuando se hace vinculado a la fricción del sustrato. Para estos análisis se tomaron ocho eventos de referencia de primavera-otoño, cinco eventos en verano y cuatro eventos en invierno, a los cuales se les hizo análisis estadístico de frecuencias.

Para dichos escenarios se aplicaron modelos hidrodinámicos bidimensionales; estos modelos toman información de la topometría, sustrato y plantas de agua, como elementos fijos, aplicándole una malla la cual tiene la ventaja de reducir ingeniosamente y efectivamente la cantidad de información requerida para representar adecuadamente la realidad.

⁴² BOUCHARD, A. et J. MORIN (2000). Reconstitution des débits du fleuve Saint-Laurent entre 1932 et 1998. Environnement Canada, Service météorologique du Canada, Section Hydrologie. Rapport Technique RT-101, 71 p.

Dichas simulaciones hidrodinámicas, mediante escenarios, se producen utilizando la calculadora Hydrosim (Heniche et al., 1999). Este modelo resuelve ecuaciones matemáticas mediante una malla de elementos finitos triangulares. Estas mallas se componen de múltiples elementos, incluyendo nodos de información de apoyo sobre fricción y la topografía local, como se observa en la gráfica 3.8.



Gráfica 3.8. Malla de elementos finitos triangulares del modelo numérico de Terrain del río San Lorenzo entre Sorel y Trois Rivières⁴³.

El área de estudio se dividió en cuatro sectores y en cuatro mallas con el fin de reducir el tiempo de cálculo: lago Saint François, lago St. Louis, Montreal, Lanoraie y Lac-Saint-Pierre. El número total de puntos fueron más de 400.000 nodos para los que la fricción y la topografía asociada a sustratos y las plantas acuáticas, son conocidos. El modelo produce resultados fundamentales en el estudio del río San Lorenzo: los componentes de flujo en x e y , así como los niveles de agua. Estos valores pueden producir una multitud de variables como la profundidad del agua, la velocidad ciza-

⁴³ TALBOT, André (2006). Enjeux de la disponibilité de l'eau pour le Fleuve Saint Laurent, Synthèse Environnementale, Environnement Canada, Montréal. Chapitre 3, p. 21

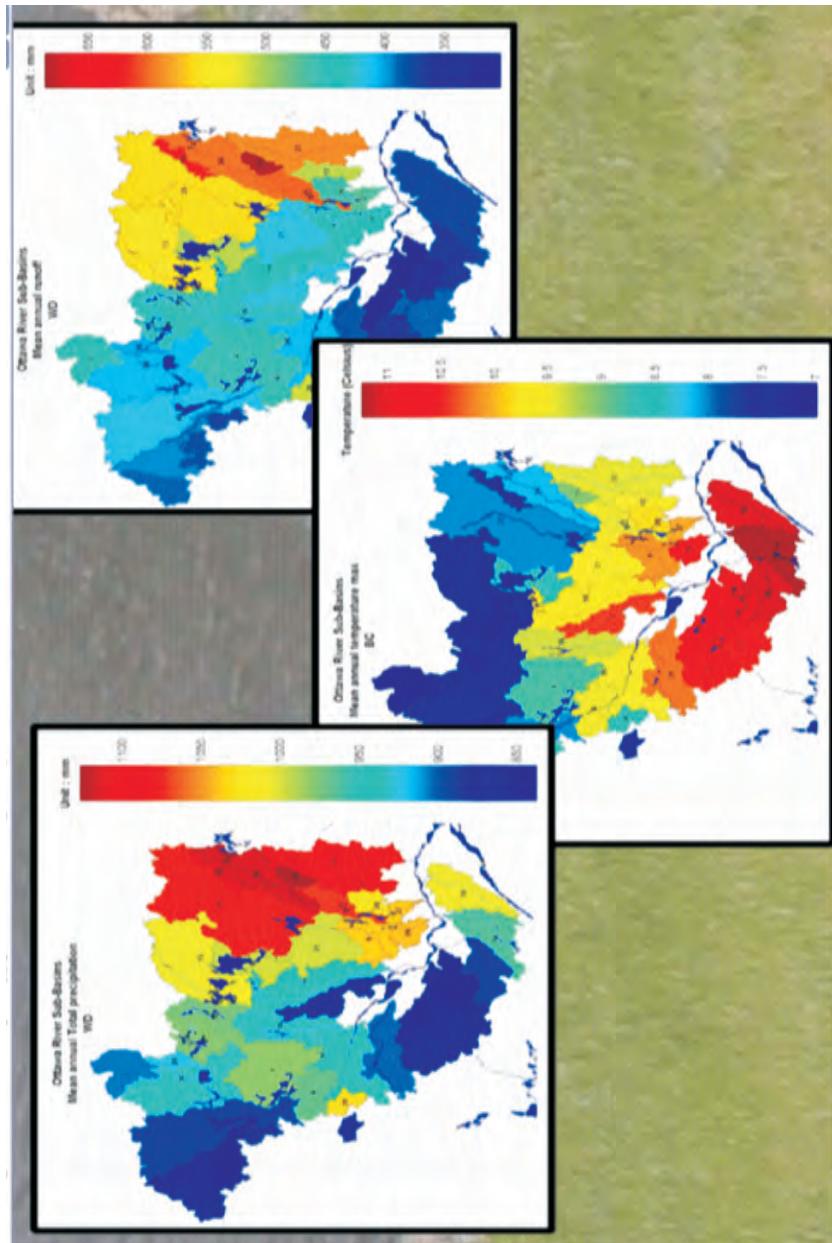
lla y el flujo específico⁴⁴. Los resultados de velocidad, profundidad y nivel de agua en el campo simulación de variables se utilizan como insumos para patrones de onda.

Para la validación de modelos hidrodinámicos fue necesario su calibración y validación. La calibración es un paso obligatorio en la aplicación de modelos numéricos. Le permite modificar algunos parámetros del modelo para garantizar que representa la realidad. La calibración se realiza mediante la comparación de las simulaciones de los niveles de agua y los medidos en las estaciones para el mismo evento hidrológico.

El modelo hidrodinámico se calibró usando dos eventos hidrológicos que representan condiciones de bajo nivel de agua (primavera, 1999) y de las demás condiciones de alto nivel de agua (primavera, 1996). La calibración y la validación con los niveles de agua garantizan la integridad de la solución numérica frente a la realidad. Así, después de la fase de calibración, el error sobre los niveles del modelo es inferior a 5 cm entre la simulación de los niveles de agua y los niveles de agua medido en el dominio estudio para una variedad de condiciones de flujo y el estado de crecimiento de las plantas acuáticas. Es decir, el modelo reproduce adecuadamente la pendiente de la superficie del agua de la sección. Este reporte describe en detalle los resultados de simulaciones hidrológicas para el río Outaouais; para el primer estudio de caso únicamente se retoman las conclusiones finales del estudio; al final, lo importante para la investigación es poder determinar cómo el cambio climático tiene influencia directa en el río Outaouais y, por ende, en el río San Lorenzo.

La simulación hidrológica y la gestión del agua debe aparecer en el contexto del estudio de cambio climático, como aparece en la gráfica 3.9. Dicho estudio de simulación, como se dijo anteriormente, se centró en los grandes afluentes del río San Lorenzo, como el río Outaouais y los Grandes Lagos, y a partir de aquí, las principales conclusiones fueron: durante los meses de invierno, los cuatro escenarios definieron el aumento de las mínimas temperaturas, incrementando la precipitación de lluvias y la menor cantidad de nevadas, este fenómeno origina el aumento de la evapotranspiración, haciendo que se presenten más temprano las inundaciones de primavera. El incremento del caudal del agua durante los meses de invierno y el movimiento de las lluvias como consecuencia del aumento de evapotranspiración, resultado del calentamiento global, hace concluir que principalmente en la cuenca del río Outaouais, van a aumentar los caudales durante el invierno, y disminuirán considerablemente durante la estación de verano.

⁴⁴ BOUDREAU, P., M. LECLERC et G. FORTIN (1994). "Modélisation hydrodynamique du lac Saint-Pierre, fleuve Saint-Laurent: L'influence de la végétation aquatique". *Canadian Journal of Civil Engineering*. 21 (3): 471-489.



Gráfica 3.9. Indicadores de cambio climático en el río Outaouais⁴⁵.

⁴⁵ Indicadores de cambio climático en el río Outaouais; consultado 20 de marzo de 2008 en: <http://www.ouranos.ca/symposium/Affiches/fagherazzi.pdf>

El fenómeno descrito anteriormente, sumado al de los Grandes Lagos, permite concluir preliminarmente que todo el sistema hídrico del río San Lorenzo va a tener fuertes modificaciones en sus regímenes hidrológicos, pero el principal impacto podría localizarse en la isla de la ciudad de Montreal, por ser la mayor concentración urbana próxima al río San Lorenzo.

SISTEMA DE CONTROL Y REGULACIÓN DEL AGUA EN EL RÍO SAN LORENZO

La regulación de un curso de agua significa ajustar la variación del nivel de agua hasta obtener el nivel deseado de acuerdo con las características o necesidades antrópicas del mismo.

Desde el año de 1907 el tronco fluvial ha sido intervenido con obras hidráulicas para regular los niveles del agua del río San Lorenzo. Los principales objetivos de estas obras civiles se centran en lograr, por un lado, la navegación fluvial y, por otro, la producción de energía hidroeléctrica, como se observa en la gráfica 3.10.

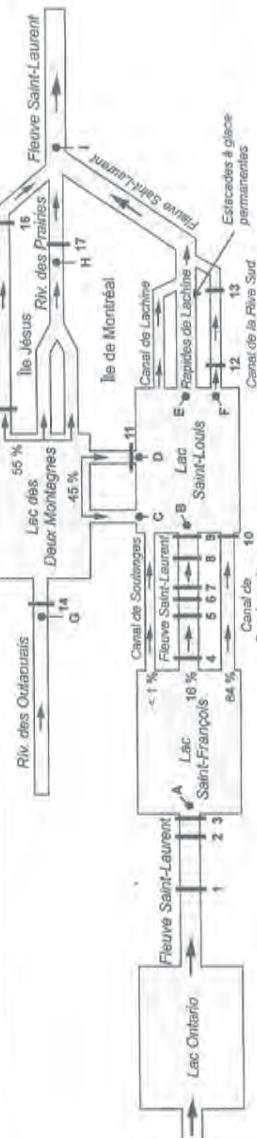
Otro punto importante para la regulación del agua lo constituye la protección de las inundaciones producidas principalmente por el río Outaouais, durante la temporada de lluvias, sin embargo, este complejo sistema de esclusas en el río San Lorenzo resulta insuficiente debido a repentinos cambios climatológicos que repercuten en la variación del nivel del agua, presentando problemas de regulación de la misma que supera las obras definidas desde principios del siglo XX.

Ante esta situación, y con el fenómeno de cambio climático, es necesario pensar en obras adicionales que ayuden a la regulación del agua y que estén relacionadas con la prevención y mitigación de desastres socio-naturales.

FACTORES DE CAMBIO CLIMÁTICO QUE INFLUENCIAN EL NIVEL DEL AGUA DEL RÍO SAN LORENZO

Una vez analizados los dos sistemas hidráulicos más importantes que tienen influencia directa sobre el río San Lorenzo, se hizo una aproximación a los diferentes fenómenos hidráulicos y ambientales que sucederán en torno a la cuenca hídrica del río, que tienen relación directa con el cambio climático. Así mismo, se estudiaron las posibles amenazas socio-naturales que podrían ocurrir a lo largo del río, concentrándose en dos fenómenos: la inundación y la desecación del sistema de tronco fluvial⁴⁶ del río San Lorenzo, con influencia directa en la ciudad de Montreal.

⁴⁶ Como hemos visto a lo largo del desarrollo de la investigación la fuente de posibles inundaciones se centra en el principal afluente del río San Lorenzo como es el río Outaouais, y su sistema hídrico, conformado por el lago Des Deux Montagnes, río des Mille Iles y río des Praies.



Gráfica 3.10. Sistema de control y regulación del agua del río San Lorenzo,
Le fleu en Bref, Capsule-éclair sur l'état du Saint-Laurent⁴⁷.

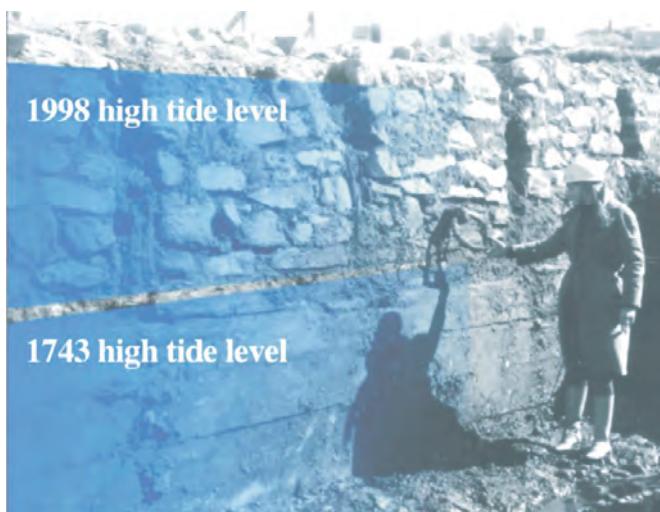
Localisation	Débit moyen annuel (m^3/s)	Années	Localisation	Débit moyen annuel (m^3/s)	Années
A Cormwall	7720	1965-1990	Entrée du lac Saint-Louis		
B			Canal de Beauharnois et Saint-Laurent	8063	1980-1988
C			Chenal Vaucheuil	338	1980-1989
D			Chenal Sainte-Anne	549	1980-1989
E			Soruite du lac Saint-Louis	9047	1980-1989
F			Rapides de Lachine (LaSalle)	135	1980-1988
G			Canal de la Rivière Sud	1935	1980-1988
H			Barrage de Carillon	1067	1980-1988
			Barrage de Rivière-des-Prairies		

⁴⁷ ROBICHAUD, Alain et DROLET René (1998). “Les fluctuations des niveaux d'eau du Saint-Laurent”, *Rapport Technique*, Ministère de L'Environnement et de la Faune du Québec, Juin, p. 90.

ELEVACIÓN DEL NIVEL DEL MAR

La Comisión Geológica de Canadá y Recursos Naturales de Canadá⁴⁸, adelantó un estudio sobre la elevación del nivel del mar como consecuencia del calentamiento global, dicho estudio estuvo bajo la dirección del doctor Don Forbes. Los temas más importantes de dicho estudio se resumen en los siguientes puntos: el estudio parte de entender la evolución histórica del nivel del mar desde el año 1743 hasta el año 1998, y su fin último se centra en cómo prevenir la elevación futura del nivel del mar, así mismo se estudiaron las tendencias de elevación del nivel del mar durante los últimos 100 años. Aunque esta investigación se está llevando a cabo y apenas está arrojando resultados preliminares, nos muestra la importancia y la relevancia del fenómeno que se está dando. El equipo examina sedimentos a lo largo de las costas que marcan los diferentes niveles que ha tenido el mar buscando los diferentes cambios que se dan en los indicadores geológicos y paleontológicos y sus niveles de variación de acuerdo con el nivel del mar.

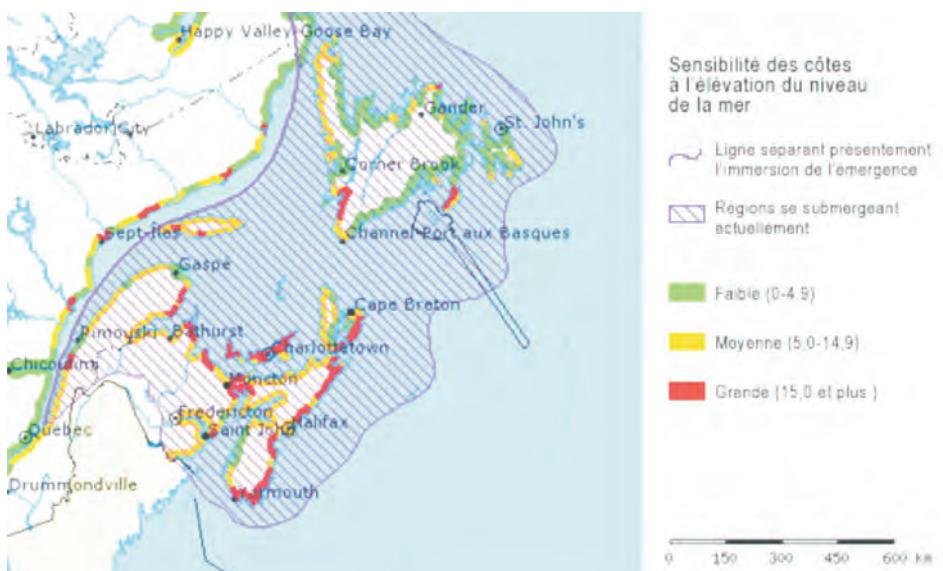
A partir de aquí el estudio, con base en los indicadores, define escenarios de tendencias futuras del nivel del mar de acuerdo con los registros encontrados en los últimos 100 años como muestra la gráfica 3.11, donde se establecen niveles de mar de acuerdo con los estudios de cimentación.



Gráfica 3.11. Elevación del nivel del mar

⁴⁸ Elevación del nivel del mar en el océano Atlántico canadiense, consultado el día 20 de marzo de 2008, <http://atlantic-web1.ns.ec.gc.ca/slrf/default.asp?lang=Fr&n=54B74884-1#project1>

Según los resultados preliminares de la investigación adelantada la Comisión Geológica de Canadá y Recursos Naturales de Canadá⁴⁹, la gráfica 3.12, muestra un plano de la región nororiental de la provincia de Québec, donde se definen zonas preliminares de sensibilidad a la elevación del nivel del mar, observándose que la desembocadura del río San Lorenzo en el océano Atlántico, presenta niveles moderados y elevados de aumento de los niveles del mar, concentrándose las principales elevaciones en la península de Gaspe, isla Anticosti, isla Terranova, y el área de Nueva Brunswick. A pesar del aumento de los niveles del mar en esta zona, se determina que dichos aumentos no tiene repercusiones directas sobre la ciudad de Québec y Montreal, a las cuales el río San Lorenzo irriga directamente.



Gráfica 3.12. Sensibilidad de las zonas costeras a la elevación del nivel del mar.

Los problemas de inundación causados por los cambios de temperatura no serán los únicos que van a modificar el nivel del mar. Adicionalmente, la erosión normal de las costas y el aumento de las marismas aumentará el nivel del mar aproximadamente en 20 cm. Por siglo, las zonas más vulnerables a la elevación del nivel del mar son precisamente las zonas del golfo del río Saint Laurent. El aumento considerable de los niveles del agua podrían traer las siguientes consecuencias⁵⁰:

⁴⁹ Elevación del nivel del mar en el océano Atlántico canadiense, consultado el día 20 de marzo de 2008, <http://atlantic-web1.ns.ec.gc.ca/slri/default.asp?lang=Fr&n=54B74884-1#project1>

⁵⁰ Elevación del nivel del mar en el océano Atlántico canadiense, consultado el día 20 de marzo de 2008, <http://atlantic-web1.ns.ec.gc.ca/slri/default.asp?lang=Fr&n=54B74884-1#project1>

- Se incrementa el nivel y la frecuencia de las inundaciones en las áreas ribereñas adyacentes al mar.
- Se aumentan la superficie inundada, las temperaturas y las mareas.
- Desplazamiento de plagas hacia los terrenos, por existencia de aguas estancadas.
- Apertura de brechas en las zonas de estabilización y control de inundación.
- Penetración de aguas saladas en los acuíferos a lo largo de las costas.
- Destrucción de la infraestructura vial, especialmente puentes y caminos.
- Cambios importantes en los ecosistemas costeros.
- Incidentes importantes en la economía de sectores costeros.
- Pérdida de viviendas, y posiblemente de vidas, por fenómenos inesperados.
- Pérdida de infraestructura social como hospitales, colegios, etc.

El problema de la regulación del agua del río San Lorenzo, debe ser analizado globalmente, partiendo del lago Ontario y el río Outaouais, entendiendo ciertos fenómenos climáticos de años extremos, a partir de diversas variables, como, por ejemplo, el aumento del nivel del agua del lago Deux Montagnes. El clima se está volviendo cada vez más impredecible, originando fenómenos climáticos absolutamente inversos, dejando incertidumbre sobre condiciones climáticas futuras. En los próximos tiempos es necesario establecer indicadores climáticos que representen las condiciones pasadas y se vuelvan elementos referentes para construir una imagen futura del clima. Dichos indicadores deben tener en cuenta la presencia de cuerpos de agua, la topografía, la circulación de masas de aire, y las posibles precipitaciones que se originen. Así mismo, deben preverse futuras condiciones climáticas asociadas al cambio climático.⁵¹

CONDICIONES NORMALES Y VARIEDAD CLIMÁTICA

Con el fin de establecer los cambios originados por el cambio climático es necesario establecer las condiciones normales climáticas que ha tenido históricamente el río San Lorenzo. Dentro de este contexto de variaciones del nivel del agua es necesario establecer preliminarmente las condiciones climáticas de las áreas que tienen influencia ambiental e hidrológica en el río San Lorenzo, principalmente el lago Ontario y San Louis, los Grandes Lagos y el río Outaouais. En el sector este de la Provincia de Ontario, y el lado suroeste de la Provincia de Québec, las precipitaciones totales varían de 800 a 1000 mm anuales con una distribución a lo largo de la cuenca del

⁵¹ BIBEAULT, Jean-François, MILTON, Jennifer, HUDON, Christiane, MILOT, Nicolas, MORIN, Jean et RIOUX, Daniel (2004). *Impacts et changements climatiques. Le lac Saint-Louis à risque?*, Centro Meteorológico de Canadá, Centre Saint Laurent.

río San Lorenzo, el oeste del lago Ontario y al noroeste del río Outaouais. Dichas distribuciones están muy influenciadas por la presencia o ausencia de capas de hielo en el lago Ontario, el régimen de precipitación variable en cada región de acuerdo con la longitud de las riberas, afectadas por las masas de aire que en otoño e invierno aumentan considerablemente las precipitaciones. Las cantidades de nieve varían de un mínimo anual de 125 a 150 cm en el sector del lago Ontario, mientras que en la zona alta del río San Lorenzo puede llagar hasta 200 cm. Los análisis de clima tendenciales y la variabilidad climática de Canadá indican que las precipitaciones anuales van a aumentar, eso significa que los niveles de agua pueden aumentar en el mar, sin embargo, también se observa que en otras zonas de Canadá, el cambio climático disminuirá considerablemente los niveles de precipitación y, por ende, el nivel del agua⁵².

Otro elemento significativo es la disminución del nivel del agua en el lago Ontario que en año de 1999, mostró bajas significativas de hasta 22 cm en sus niveles históricos, este bajo nivel está relacionado por el aumento considerable de consumo de agua para usos residenciales y el sector comercial e industrial. En la gráfica 3.13, se observa la disminución considerable del nivel del agua en el lago Ontario⁵³. Trabajos recientes sugieren que el clima en la región del San Lorenzo y los Grandes Lagos cambiará para los próximos años, los inviernos serán más cortos, las temperaturas anuales aumentarán, la cobertura del hielo se mantendrá más tiempo, y los episodios de lluvias intensas serán normales (Kling et al., 2003).

En el futuro la temperatura del aire va a aumentar 2°C, la duración de la estación del verano también lo hará significativamente haciendo que el fenómeno de evaporación del agua en los Grandes Lagos aumente de un 12% a un 17%, haciendo que el nivel de agua disminuya entre 0,20 m a 0,70 m (Lofgren et al., 2002). Un déficit recurrente en los aportes del agua en los Grandes Lagos podrá traducirse en un cambio entre un 25% y 40% del nivel del agua en el lago Ontario. Esta situación llevaría a que, en la ciudad de Montreal, el río San Lorenzo podría disminuir su nivel aproximadamente un metro.

⁵² *Op. cit.*

⁵³ FAGHERAZZI, Laura and GUAY, Rafael (2005). *Climate change analysis of the Ottawa river system*. Final report, Hydro Québec, abril.



Gráfica 3.13. Disminución considerable del nivel del agua en el lago Ontario.

La modificación de los aportes de agua del lago Ontario, afectará significativamente todo el sistema hidráulico del río San Lorenzo. El factor climático presenta un alto nivel de incertidumbre: debido al cambio en el régimen climático, los fenómenos naturales serán más extremos y adicionalmente sucederán repentinamente, lo que exige una alta capacidad de adaptación a todas las estructuras ambientales e hídricas en el río San Lorenzo⁵⁴.

POSIBLES EVENTOS CATASTRÓFICOS DEL RÍO SAN LORENZO EN LA CIUDAD DE MONTREAL

Como se ha visto en los numerales anteriores, queda claro que el río San Lorenzo, en la zona del tronco fluvial, va a sufrir dos fenómenos naturales como resultado del cambio climático. Por un lado, su afluente principal, el río Outaouais, aumentará considerablemente su caudal como consecuencia del desplazamiento de las lluvias de los Grandes Lagos, haciendo que todo el sistema hidráulico que incluye el lago des Deux Montagnes, el río des Mille Iles, y el río des Prairies, tienda a producir inundaciones a lo largo de su recorrido.

⁵⁴ TALBOT, André (2006). Enjeux de la disponibilité de l'eau pour le fleuve Saint Laurent, Synthèse Environnementale, Environnement Canada, Montréal. 215 p.

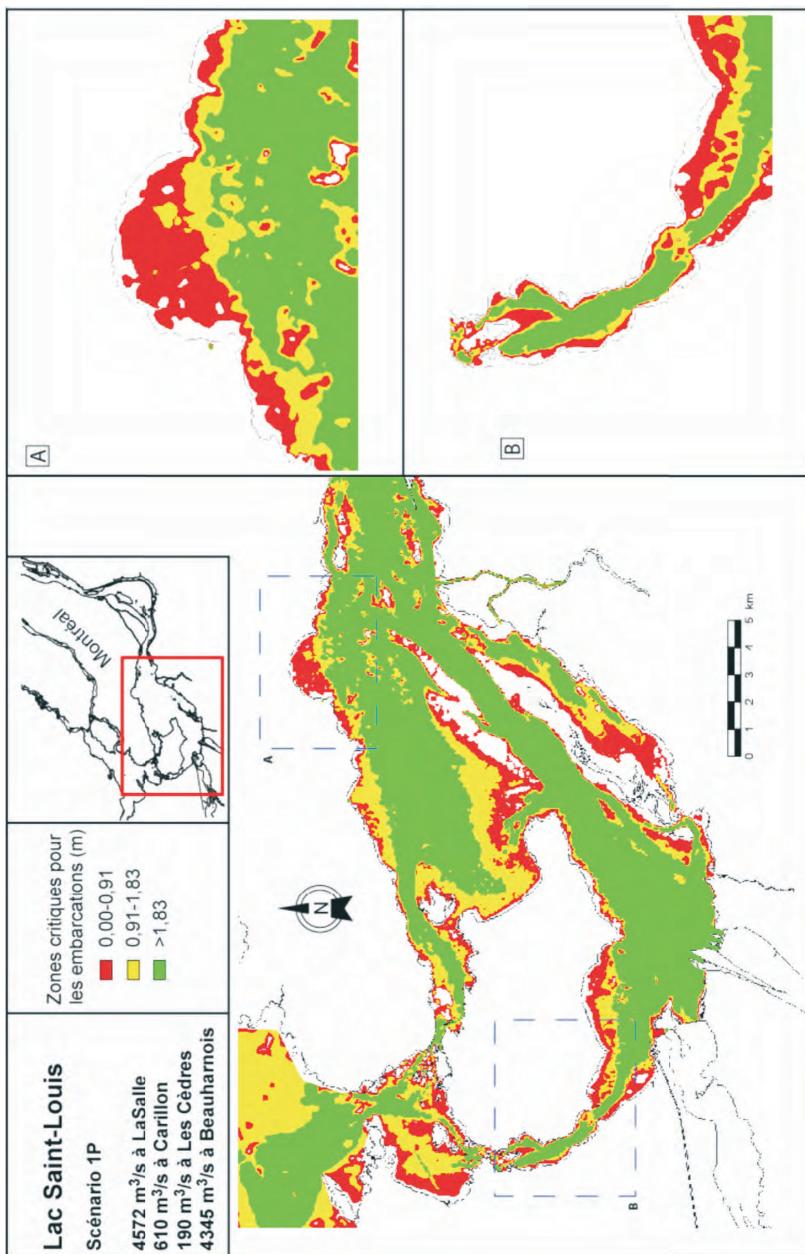
Por otro lado está el sistema hídrico de los Grandes Lagos, principalmente el lago Ontario, que presentará disminución importante de su nivel del agua como consecuencia del cambio climático, afectando principalmente el lago Saint François y el lago San Louis, para luego afectar el puerto de Montreal por el bajo nivel de las aguas. Los dos fenómenos naturales mencionados anteriormente tienen influencia directa en la isla de Montreal y son el punto de partida para el último capítulo en el que se fundamentan los lineamientos de planeamiento urbano sostenible para la adaptación al cambio climático. Como estos dos fenómenos naturales pueden llegar a causar desastres, se procede a desarrollar las posibles consecuencias que causarían a la ciudad de Montreal y sus áreas aledañas.

CONSECUENCIAS DE LA DISMINUCIÓN DEL AGUA EN EL RÍO SAN LORENZO

Para determinar las posibles amenazas naturales del río San Lorenzo por el fenómeno de cambio climático, en particular, la adaptación a los problemas de disponibilidad del agua, se plantean los principales puntos a resolver los cuales se centran principalmente en los Grandes Lagos, y su influencia en los lagos Ontario y San Louis y, por ende, en la ciudad de Montreal.⁵⁵ En la gráfica 3.14, aparecen los diferentes niveles de agua en el lago San Louis, observándose zonas críticas donde los niveles del agua son inferiores a 0,91 cm, haciendo casi imposible la navegación en el río, generando nuevos paisajes debido a la falta de agua a lo largo de las zonas costeras. Debido a este fenómeno se visualizan los siguientes cambios a lo largo del río San Lorenzo:

- El aumento de los requerimientos de drenaje para compensar los problemas de bajo nivel de agua.
- El avance futuro de las zonas húmedas disecadas y la artificialización concomitante de las ribерas para protegerse de las mareas altas, será posiblemente menos frecuente, sin embargo, más problemática en algunos lugares.
- El aumento de las temperaturas en invierno y verano podrían modificar el consumo anual doméstico de energía hidráulica. Por consecuente, el modo de explotación de las represas hidroeléctricas y la gestión de los débitos podrían cambiar tanto en el río San Lorenzo como en el Outaouais (río Ottawa).
- Una fuerte degradación del agua podría producirse en verano, cuando el caudal del río es más débil y tras abundantes lluvias que causarían un aumento brusco de caudal en los ríos tributarios, en particular, en aquellos donde las actividades industriales o agrícolas son intensas.

⁵⁵ TALBOT, André (2006). Op. cit. pp. 153 y 154.



Gráfica 3.14. Diferentes niveles de agua en el lago San Louis⁵⁶.

La reducción crónica del caudal del río genera, de igual manera, la delicada situación de los contaminantes que provienen de las aguas usadas de origen municipal o industrial, sobre todo en función de los usos del agua (agua potable, recreación) y de los ecosistemas situados en la parte baja de los puntos de salida de agua. La perspectiva de inviernos menos rigurosos aumenta la posibilidad de implantación de especies vegetales y animales que viven actualmente más al sur. Un clima más caliente incitaría el acondicionamiento de las playas, pero los problemas actuales sobre la calidad del agua, sobre todo tras lluvias abundantes, debería ser tomado en consideración para controlar los riesgos sanitarios.

Los bajos niveles de agua traerán más riesgos a la navegación y exigirán una vigilancia creciente por parte de las autoridades públicas, así como un mayor seguimiento de las reglas de seguridad de parte de los navegantes.

Los eventos extremos necesarios para obtener la disponibilidad de agua requerirán inversiones privadas y públicas superiores para la prevención y la atenuación de los daños y la reparación de infraestructura. La disponibilidad de agua para los diferentes usos obliga a anticipar los riesgos y las oportunidades de una gestión más integrada. El contexto de los cambios climáticos, que es un acelerador en la toma de decisiones, impone la prevención, así como la adaptación de los usuarios y sus prácticas.

En el futuro, el uso de agua de reserva podrá ser racionalizada, tanto en el plano doméstico como industrial, gracias a las campañas de sensibilización intensificadas sobre el uso del agua y al desarrollo de nuevos productos domésticos e industriales con bajo consumo de agua. En el caso de las inundaciones, se prevé que la tendencia a una disminución de los niveles de agua se traducirá en menos daños en las propiedades y en las infraestructuras de las riberas. El objetivo será limitar la expansión urbana y la artificialización de las costas. La recuperación de una nueva zona de conservación se considerará en este capítulo.

Se puede pensar que el paisaje del San Lorenzo evolucionará y que se permitirán nuevos usos en la medida que la calidad del agua no presente problemas adicionales. En ese caso, se tratará más de oportunidades de explotación que de riesgos, teniendo en cuenta las nuevas condiciones naturales, controlando bien el problema de la contaminación difusa. Aún están por confirmar las tendencias relacionadas con los cambios climáticos, en particular bajo la perspectiva de diversos escenarios relativos a las presiones de disponibilidad del agua, como se observa en la gráfica 3.15. Adicionalmente, la evolución para un escenario deberá tener en cuenta, de

⁵⁶ Talbot, André (2006). Op. cit. Chapitre 11. p. 150.

una forma más sistemática, los factores naturales, técnicos y económicos. En todos los casos, una prospectiva es necesaria, ya que es innegable que el San Lorenzo evolucionará en función de lo que suceda en los Grandes Lagos, al igual que las percepciones y el comportamiento de los usuarios.

Los cambios climáticos constituyen uno de los factores en juego más importantes que el río San Lorenzo, al igual que otras corrientes de agua, debe afrontar. Estos cambios modificarán los parámetros sobre los cuales se basan muchos de los usos actuales. Entre éstos, el nivel de agua es particularmente crítico. El énfasis realizado en la gestión del agua por la

Changements anticipés par les modèles climatiques et hydrologiques pour les prochains 50 ans:

$\Delta \downarrow 20-40\%$ Débit annuel moyen à Montréal

$\Delta \downarrow 0.5 - 1m$ Niveau d'eau moyen du fleuve St-Laurent entre Montréal et Québec



Pointe-aux-Trembles 1994

Niveau de l'eau = niveau moyen
(moyenne de 30 ans)



Pointe-aux-Trembles 1999

Niveau de l'eau = (niveau moyen - 1m)

Gráfica 3.15. Cambios anticipados para los modelos climáticos del río San Lorenzo⁵⁷.

CONSECUENCIAS DE LAS INUNDACIONES EN EL RÍO SAN LORENZO

Como se observa a lo largo del desarrollo de la investigación, la fuente de posibles inundaciones se centra en el principal afluente del río San Lo-

⁵⁷ BIRON, Pascale (2004). *Dynamique des tributaires du fleuve St-Laurent dans un contexte de changement climatique*.

renzo, el río Outaouais, y su sistema hídrico, conformado por el lago des Deux Montagnes, río des Mille Iles y río des Praies.

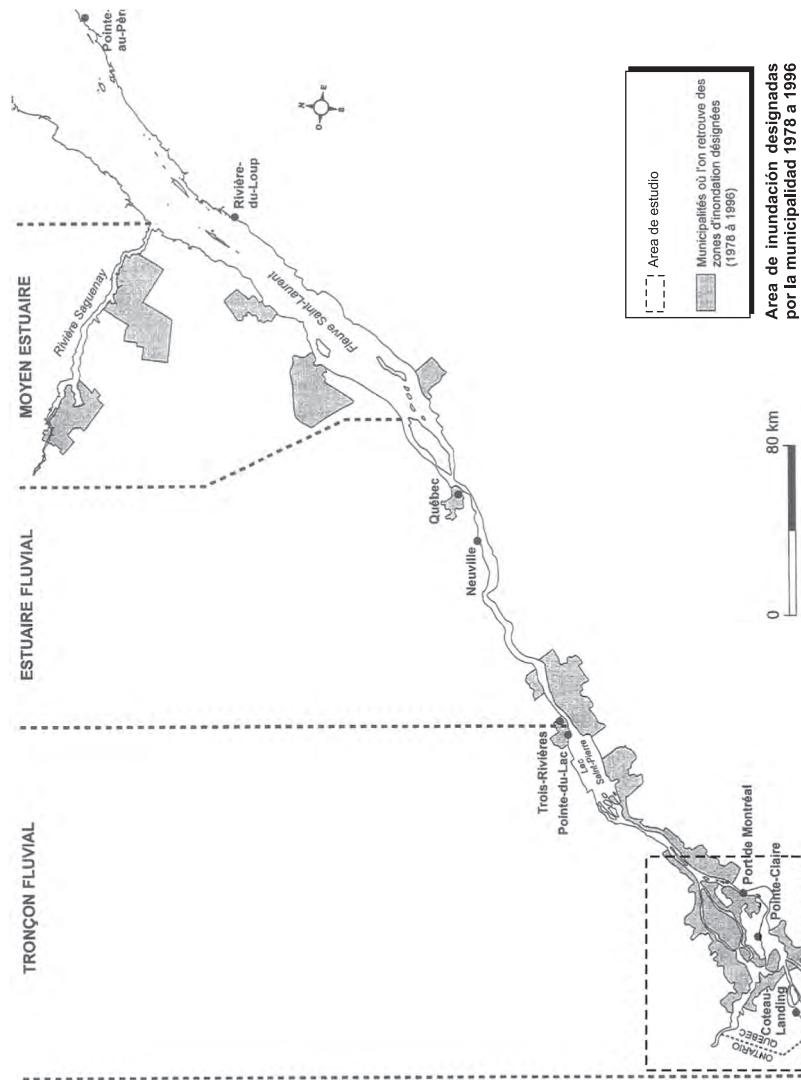
Un tercer impacto reúne las combinaciones de los efectos físicos y biológicos con los efectos retroactivos entre los diferentes componentes. Por ejemplo, las numerosas modificaciones estructurales en el lecho y en las costas del río (canalización, reservorios, depósitos de drenaje) concentran la corriente en el canal principal. La regularización del nivel y el control del hielo han reducido la amplitud y la duración de las crecidas. En conjunto con los aportes nutritivos de las costas, la disminución de las corrientes favorece la proliferación de plantas acuáticas sumergidas que obstaculizan la corriente y favorecen la sedimentación de partículas.

El conjunto de estas modificaciones disminuye la potencia hidroeléctrica del río y reduce su capacidad de transportar partículas hacia la parte más baja. Un efecto de retroacción se instala entre estos elementos, acentuando la separación hidrológica de las zonas de los litorales que se inundan con menos frecuencia, permanecen más estancados, se llenan más fácilmente de plantas densas y, finalmente, son menos húmedos. Por ejemplo, los bajos niveles de 1995 permitieron que densas colonias de sauce y carrizo, colonizaran el lecho del río hasta el delta Yamaska-Saint-François (suroeste del lago Saint-Pierre), sobre una porción de tierras emergentes que corrieron la línea de la ribera cerca de dos kilómetros hacia el centro del lago Hurón (observaciones personales).

Como se observa en la gráfica 3.16, las zonas más golpeadas por posibles inundaciones en la isla de la ciudad de Montreal se localizan en las áreas de influencia del río Outaouais. Se puede anticipar que este cambio de configuración, aparentemente menor, generará efectos importantes en la dinámica futura de los sectores situados en la parte baja del río, ya que se volverán más secos por la presencia de esta nueva zona consolidada y que se secará progresivamente por la vegetación que allí se instalará.

Junto con la urgencia de una conciencia medioambiental en nuestra sociedad, la perspectiva de los cambios climáticos aporta el reto de una gestión integrada de los usos, teniendo en cuenta consideraciones ambientales. A la dimensión de “adaptación” de los ecosistemas, se suman los numerosos efectos que tendrán las actividades humanas frente a las nuevas condiciones del clima y del nivel del agua del San Lorenzo. A continuación se mencionan algunos fenómenos que ilustran las adaptaciones necesarias hechas, o a realizar en un futuro, por la población y las municipalidades para la utilización del río San Lorenzo, y los posibles impactos según las condiciones medioambientales:

- En condiciones de bajos niveles crónicos, los requerimientos para dragar el canal de navegación, así como los canales de acceso a los



sitios de recreación, podrían acrecentarse, acentuando el efecto de desecación de las zonas litorales y modificando el caudal de la corriente y la sedimentación de zonas húmedas.

Gráfica 3.16. Zonas de inundación del río San Lorenzo⁵⁸.

- Los bajos niveles de agua secan las zonas menos profundas, lo que favorece a todas la formas de invasión sobre el lecho del río, volviéndolo así (temporalmente) disponible para la invasión.
- Tras las crecidas, el río recupera naturalmente su curso inundable (madre vieja) provocando la inundación de los propietarios situados sobre las tierras que alguna vez (en ocasiones, mucho tiempo atrás) tomaron el lecho original del río. Para prevenir estos eventos, los ribereños reclaman el control creciente de los niveles del agua y modifican aún más la ribera (rellenos con rocas, realce adicional) con la esperanza de protegerse de las crecidas del futuro.
- La combinación de factores como al aumento de las precipitaciones al final del otoño y el desarrollo tardío de la cobertura de hielo, pueden modificar las condiciones de circulación en el invierno, permitiendo la formación de hielos flotantes cuya acumulación genera inundaciones invernales (tal como se observó en el invierno de 2004).

Compadeciendo los graves daños que causaron en los ribereños, conviene señalar que las inundaciones causadas por los desechos⁵⁹ han constituido un elemento mayor de la dinámica del ecosistema fluvial (Marie-Victorin, 1934; Dansereau, 1945) hasta su control (parcial desde principios del siglo XX y prácticamente completo después de los años sesenta).

- El aumento de temperaturas invernales (disminución de calefacción) y en verano (aumento de climatización) podrían generar un cambio en el consumo anual doméstico de energía hidroeléctrica. Por consiguiente, el modo de operación de las represas hidroeléctricas y la gestión de los débitos podría cambiar tanto en el San Lorenzo como en el Outaouais (río Ottawa). Estas modificaciones reducen la amplitud de las variaciones entre estaciones del nivel de agua del que dependen la zona inundable, los medios húmedos y la fauna asociada.
- El aumento de la evaporación y la disminución anticipada del nivel de los Grandes Lagos (Lofgren et al, 2003) podrán acentuar la tendencia de almacenar el agua en el lago Ontario en primavera (reducción de la crecida del San Lorenzo) para liberarla en verano (aumento del nivel de estiaje) para mantener la navegación comercial,

⁵⁸ ROBICHAUD, Alain et DROLET René (1998). “Les fluctuations des niveaux d'eau du Saint-Laurent”, *Rapport Technique*, Ministère de L'Environnement et de la Faune du Québec, Juin, p. 60.

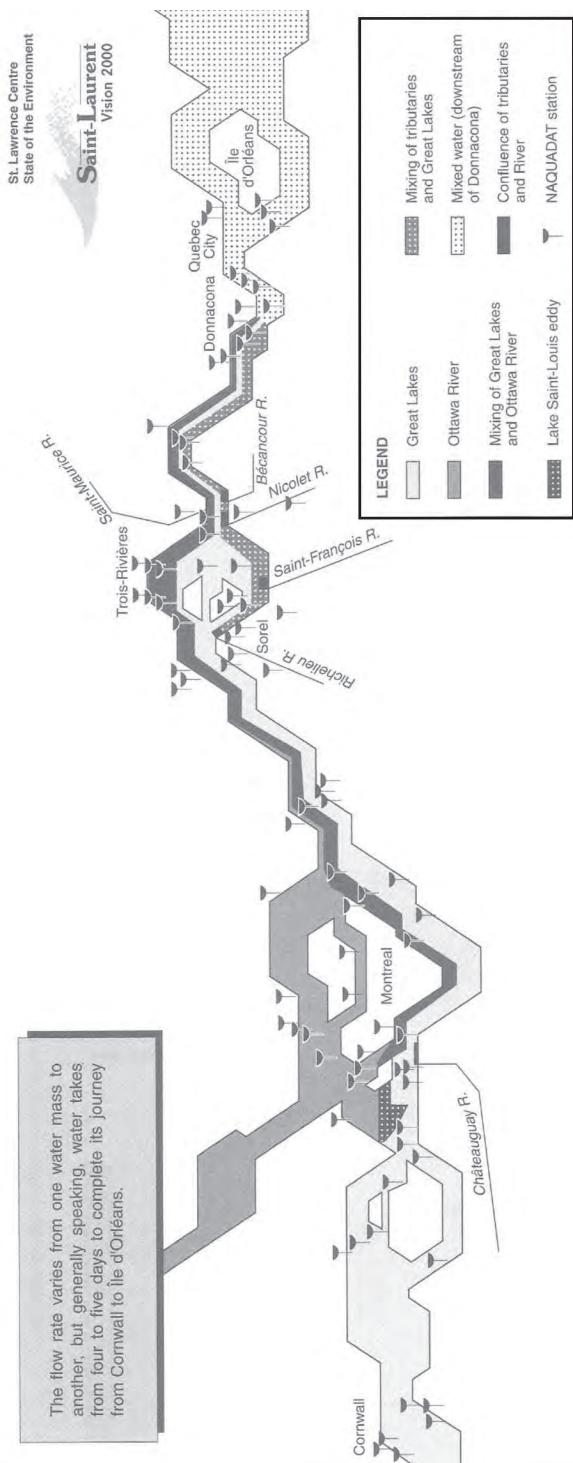
⁵⁹ Del francés *embâcles* que significa “objetos generalmente voluminosos traídos por un curso de agua, árboles, ruinas vegetales y también en las zonas urbanizadas, coches, caravanas, elementos de construcción [...]”, según definición encontrada en http://193.50.78.97/coursleonardo/affiche_cours/lexique_in_use.phtml?id=147&langue=es

apoyar la producción hidroeléctrica, la alimentación en agua potable y los usos recreativos. Además, los efectos de las estaciones sobre los ecosistemas tienen poca información en la etapa de aumento temporal. Según la evolución futura de las actividades agrícolas y de la calidad del agua de los ríos tributarios, las modificaciones del patrón de circulación del agua, de acuerdo con las estaciones, podrían accentuar la degradación de la calidad del agua (o la proliferación local de algas) del río en los sectores más bajos de los tributarios. Estas condiciones tienen el riesgo de producirse si las lluvias abundantes ocasionan un aumento brusco de los caudales de los tributarios frente a los débiles caudales del río (en verano).

- La reducción crónica de los caudales del río trae consigo la dilución de los contaminantes provenientes de las aguas usadas de origen municipal e industrial, particularmente en función de los usos del agua (agua potable, recreación) y de los ecosistemas localizados en la parte más baja de los puntos de salida. La perspectiva de inviernos menos rigurosos aumenta la probabilidad de implantación de especies vegetales y animales que viven actualmente más al sur. Estas especies pueden llegar desde la cuenca del San Lorenzo a través de la navegación comercial (aguas de lastre) y la recreación (jardinería, barcos de recreación⁶⁰, cebos de pesca). Aunque la mayoría de estos nuevos elementos se integran a los ecosistemas sin efectos notables, algunos de ellos pueden proliferar (ejemplo, la caña común) o generar efectos considerables sobre los ecosistemas (como la *moule zébrée*⁶¹).
- Las modificaciones climáticas van a imponer, en algunos decenios, cambios del nivel de vida de las plantas y los animales, cuyo ciclo vital resulta de las adaptaciones milenarias. En sí, el estrés climático es susceptible de modificar considerablemente los ecosistemas del planeta, del continente y de la cuenta de los Grandes Lagos-río San Lorenzo. Se desea que la adaptación de los humanos frente a estos cambios no afecte aún más los impactos que presentan los ecosistemas del San Lorenzo, porque pondrían en peligro la capacidad de suplir las necesidades humanas que dependen de ellos. La adaptación de los ribereños a la preocupación por el medio ambiente es una condición necesaria para una gestión más integrada y equitativa del recurso único para las generaciones futuras.

⁶⁰ Crianza de los peces decorativos en acuarios.

⁶¹ Pequeño molusco de agua dulce



Por último, es importante mostrar el comportamiento hidráulico del río San Lorenzo y todos sus afluentes, gráfica 3.17, donde se observa las diversas combinaciones de afluentes lo que permite definir el moviendo del agua a lo largo de la isla de Montreal hasta la ciudad de Québec.

Gráfica 3.17. Comportamiento hidráulico del río San Lorenzo⁶²

EL CAMBIO CLIMÁTICO EN COLOMBIA

El cambio climático es considerado por la comunidad académica y científica, como el principal problema ambiental que aqueja al mundo. Colombia y, en general, los países latinoamericanos, tienen poca responsabilidad sobre la emisión de gases efecto invernadero, sin embargo, están sintiendo los efectos catastróficos de este fenómeno y su población presenta una alta vulnerabilidad, lo que es agravado por la fragilidad de su infraestructura, el escaso nivel de respuesta y acción inmediata ante la ocurrencia de desastres.

En el campo internacional, y en países como Colombia, se están haciendo esfuerzos importantes para la disminución de la emisión de gases efecto invernadero, sin embargo, las acciones se han concentrado principalmente hacia la mitigación de estos gases. Precisamente los puntos de partida de esta investigación se centran en plantear esfuerzos desde otra disciplina para la adaptación a los efectos producidos por el calentamiento global. Lo importante en este momento es la toma urgente de medidas de mitigación y adaptación de manera simultánea y complementaria, e impulsar este enfoque, pues la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero puede ir de la mano con la definición de lineamientos de planeamiento urbano sostenible, generando medidas de adaptación frente al calentamiento global, para evitar los impactos negativos del mismo como la escasez hídrica y la ocurrencia de desastres socio-naturales.

Diferentes fuentes gubernamentales y universidades colombianas han planteado que la temperatura del aire aumentó entre 0,1 y 0,2 °C por decenio durante la segunda mitad del siglo XX, según datos del Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam) y el Departamento de Geografía de la Universidad Nacional de Colombia; igualmente, diversos reportes señalan que⁶³:

Más claro es el retroceso de los nevados en el país. En 1974 se disponía de un área de aproximadamente 94 kilómetros cuadrados (km²), en 2003 esta área disminuyó a 55 km². Cada año, estas zonas pierden entre 2% y 3% de su superficie. En las costas colombianas se ha registrado una tendencia al aumento del nivel medio del mar de tres a cuatro milímetros anuales, en el Pacífico, y uno o dos milímetros, en el Caribe.

⁶² GINGRAS, Danielle (1997). Le fleuve en Bref, Capsules-éclair Sur l'état du Saint-Laurent, Centre Saint-Laurent, Canada, p. 39.

⁶³ ROATTA A., Carolina (2009). ¿Qué hace Colombia ante el calentamiento global? Aportado por Noticyt, Consultado: 13 March, 2009, 08:11 <http://www.universia.net.co> - Universia Colombia

Por otro lado, el profesor José Daniel Pabón, director del Departamento de Geografía de la Universidad Nacional de Colombia, explicó que:

La frecuencia de las lluvias también ha aumentado o disminuido en algunas regiones, los cambios son progresivos y las consecuencias afectarán a la próxima generación, en unos sesenta años. No vamos a ver un aumento brusco de la temperatura o del nivel del mar; sin embargo, los efectos ya son evidentes y por eso grupos de investigación de las universidades y otras instituciones han desarrollado diferentes estudios con resultados que orientan sobre qué hacer en Colombia.

Así mismo, el clima debe ajustarse de algún modo a los incrementos en las concentraciones de los gases efecto invernadero causados por el hombre. Este ajuste genera progresivamente un cambio climático que se manifestará en un aumento de la temperatura global, por ejemplo, en Colombia,

El fenómeno El Niño se manifiesta directamente en la costa Pacífica colombiana con incrementos de la temperatura superficial del mar y aumentos del nivel medio del mar. Así mismo, el fenómeno tiene un efecto climático sobre todo el territorio colombiano que afecta todo el medio natural, en general, y el ciclo hidrológico, en particular⁶⁴.

Otro de los efectos directos del fenómeno El Niño es el incremento temporal del nivel medio del mar en la costa Pacífica. Durante la ocurrencia de este fenómeno se han registrado incrementos en el nivel del mar de 20 a 40 centímetros en Tumaco y Buenaventura.

La información presentada en la Primera Comunicación Nacional en 2001, dio pie para el desarrollo del Proyecto Nacional Integrado de Adaptación (INAP) que se presenta como una propuesta piloto para el mundo y que según sus resultados, podrá ser replicada en otros países. El objetivo de este proyecto es implementar medidas de adaptación al impacto del cambio climático en diversos sectores e involucrar el tema en la política nacional para comenzar a tomar medidas. Siguiendo estos parámetros definidos en este estudio, la investigación se concentró en desarrollar lineamientos sostenibles de adaptabilidad desde el planeamiento urbano.

Por otro lado, la Subdirección de Meteorología del Ideam ha generado indicadores en algunas ciudades del país, con base en el análisis de las series históricas de información de precipitación acumulada diaria y de los extremos diarios de temperatura (mínima y máxima del día), llegando a los siguientes resultados:

⁶⁴ IDEAM (2002). *Efectos naturales y socioeconómicos del fenómeno El Niño en Colombia*, Bogotá, D.C., marzo.

1. En gran parte del país hay tendencia al incremento de la precipitación anual mientras que hacia el suroccidente se presenta una tendencia a la disminución, así como en zonas de la cordillera Oriental (Bogotá, Bucaramanga y Cúcuta) y en la isla de San Andrés.
2. En la mayoría de las estaciones hay una tendencia al aumento de precipitaciones de alta intensidad (tormentas o aguaceros).
3. En la mayoría de las estaciones hay una tendencia al aumento de las temperaturas máximas y mínimas, lo que quiere decir que tanto las noches como los días son más calientes.
4. En Chocó, que es la zona más lluviosa del país y una de las más húmedas del mundo, se observa una tendencia al aumento de los períodos húmedos.

Una vez visto las principales tendencias del cambio climático en Colombia, ahora se desarrolla los efectos del cambio climático en la cuenca hidráulica del río Yumbo.

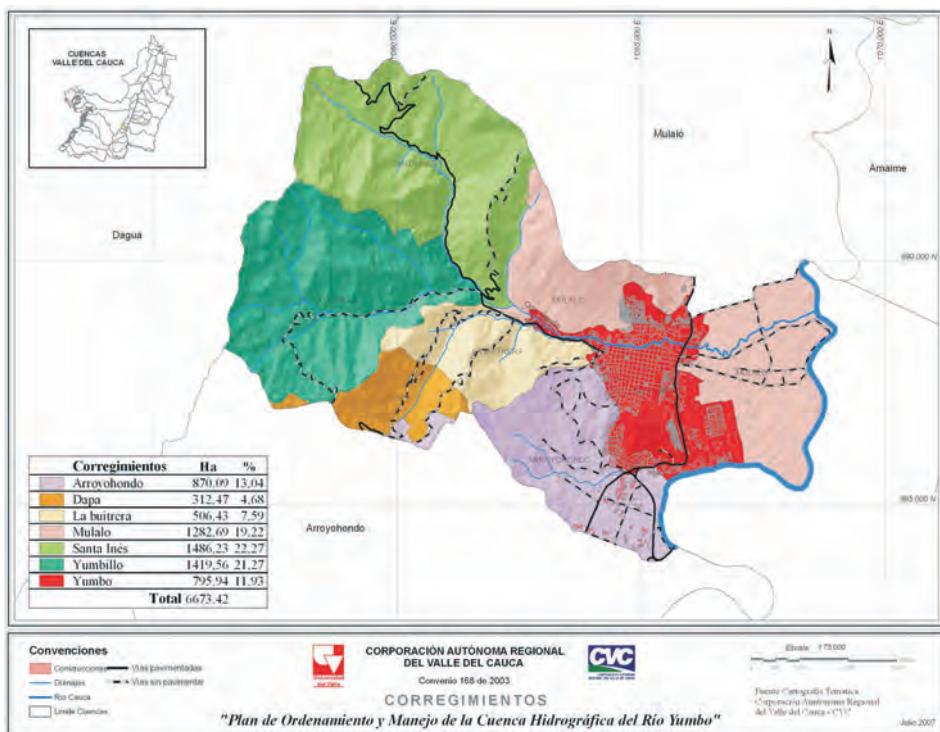
EL SISTEMA HÍDRICO DE LA CUENCA DEL RÍO YUMBO

Como punto de partida para el estudio de caso en Colombia se analizan las amenazas y posibles medidas de adaptación de los impactos del cambio climático en el aumento de los períodos de inundación y desecación de los sistemas hidráulicos. Aunque este fenómeno en Colombia, no se ha visto como un problema, según estudios del Ideam ya se identificaron algunas áreas donde pueden ocurrir estos cambios bruscos de aumento y disminución del caudal hidráulico. Dentro de estos ecosistemas el Ideam identificó el río Cauca y sus afluentes más importantes como es el río Yumbo. Por esta razón el estudio de caso en Colombia se concentra en la cuenca hidrográfica del río Yumbo desde que nace hasta su desembocadura en el río Cauca.

Según la Resolución N°415, emitida por la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca - CVC, en el artículo primero se declara en Ordenación la Cuenca Hidrográfica del río Yumbo y resuelve, en el artículo segundo de la misma, la delimitación de la Cuenca del río Yumbo⁶⁵, ver plano 3.1.

Los límites de la cuenca hidrográfica establecidos por Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca Hidrográfica –POMCH– del río Yumbo, trabajo ejecutado en Convenio entre la CVC y la Universidad del Valle, fueron:

⁶⁵ UNIVERSIDAD DEL VALLE (2007). “Plan de ordenamiento y manejo de la cuenca hidrográfica –POMCH– del río Yumbo”, trabajo ejecutado en Convenio entre la CVC y la Universidad del Valle, y el cual está sólo a nivel de diagnóstico.

**Plano 3.1. Cuenca hidrográfica río Yumbo, 2009**

Fuente: Convenio 168, CVC - Universidad del Valle. Equipo SIG- Cidse.

Occidente: parte desde el punto de congruencia de las cuencas Arroyohondo, Yumbillo, vertiente del Cauca y Bitaco, subcuenca del río Dagua, vertiente Pacífico, se sigue por el divorcio entre las subcuenca del río Yumbo –río Yumbillo y Santa Inés– y las subcuenca del río Bitaco, la quebrada Pavas, afluente del Dagua, hasta la congruencia del divorcio de aguas de la quebrada Mulaló.

Norte: parte de la congruencia de los divorcios de agua de las subcuenca de la quebrada Pavas (Dagua), Santa Inés, afluente del Yumbo, y la quebrada Mulaló, se sigue por el divorcio entre las subcuenca de la quebrada Mulaló y el río Yumbo en dirección oriente, hasta encontrar la vía Panorama en el límite norte de la hacienda Las Mangas, se sigue por la vía Panorama en dirección sur, hasta encontrar el crucero del callejón Platanares, se sigue por este callejón hasta el río Cauca en la hacienda Platanares.

Oriente: parte de la margen izquierda del río Cauca en dirección sur hasta el puente sobre el mismo río, vía a Cali-Aeropuerto, sector de Cencar.

Sur: parte desde el puente Cencar sobre el río Cauca vía Cali-Aeropuerto, se sigue en dirección occidente por la vía Cencar-Propal hasta encontrar la antigua vía Cali-Yumbo, de allí se sigue por el divorcio de aguas de las quebradas La Sorpresa, La Chorrera y Dapa, subcuenca del río Arroyohondo y las subcuenca de las quebradas Guabinas, Horqueta, La Buitrera, El Roble, San Antonio, hasta encontrar el divorcio de aguas de la vertiente del Pacífico.

El área de la cuenca es de 6.673,4 hectáreas, conformada por la zona urbana y los corregimientos de Yumbillo, La Buitrera, una gran fracción de Santa Inés, y fracciones menores de Mulaló, Dapa y Arroyohondo.

Tabla 3.4. Áreas y porcentajes de los corregimientos de la cuenca del río Yumbo.

Corregimiento	Área corregimiento en la cuenca (has.)	Porcentaje (%) corregimiento en la cuenca
Arroyohondo	870,09	13,04
Dapa	312,47	4,68
La Buitrera	506,43	7,59
Mulaló	1282,69	19,22
Santa Inés	1486,23	22,27
Yumbillo	1419,56	21,27
Zona urbana	795,94	11,93
Área total	6673,4	100

Fuente: Convenio 168, CVC-Universidad del Valle. Equipo SIG-CIDSE.

FACTORES ECOLÓGICOS Y CLIMÁTICOS QUE INFLUENCIAN EL NIVEL DEL AGUA DEL RÍO YUMBO⁶⁶

Uno de los efectos importantes en Colombia del cambio climático se ve reflejado en el aumento considerable de las amenazas naturales; el país puede verse afectado por el incremento del nivel del mar, las modificaciones de la temperatura media del aire y de la precipitación. El Ideam, en sus diversos reportes sobre cambio climático, ha establecido que:

En el incremento del nivel del mar, se estableció que hacia el 2050-2060 podría presentarse un aumento alrededor de 40 ó 60 centímetros en las costas Caribe y Pacífico colombianas, respectivamente. En relación con

⁶⁶ UNIVERSIDAD DEL VALLE (2007). “Plan de ordenamiento y manejo de la cuenca hidrográfica -POMCH- del río Yumbo”, trabajo ejecutado en Convenio entre la CVC y la Universidad del Valle, y el cual está sólo a nivel de diagnóstico.

la temperatura del aire, se estima que en la misma época, podría darse un aumento de 1°C a 2°C. En cuanto a la precipitación, se prevén cambios variados para diferentes regiones, aumento para algunas y disminución para otras, que estarían alrededor de (+ y -) 15%.

Para las zonas costeras e insulares se estableció, por ejemplo, que el incremento del nivel medio del mar en un metro causaría la inundación permanente de 4.900 km² de costas bajas. Los sistemas naturales como las playas y marismas serían los más afectados por la erosión y la inundación del litoral.

Así mismo, la población que se encuentra en áreas expuestas a dicha inundación es de aproximadamente 1,4 millones de habitantes. Para el litoral Caribe, sólo el 9% de las viviendas urbanas presentó alta vulnerabilidad a la inundación, mientras que el porcentaje aumenta al 46% en el sector rural. En el litoral Pacífico, 87% del sector rural y 48% de las viviendas del sector urbano son altamente vulnerables.⁶⁷

Ante los fenómenos descritos anteriormente es de suma importancia entender el comportamiento ecológico e hídrico de la cuenca del río Yumbo, así como su comportamiento climático para determinar los efectos del cambio climático que se están originando en este sistema hídrico. En este aparte se recoge la información biofísica, existente en el municipio de Yumbo a nivel de la cuenca del río Yumbo. A esta escala se pudo conocer y analizar los diversos componentes de la dimensión ambiental y climatológica teniendo una visión integral del territorio comprendiendo el sistema como un elemento abierto sobre el cual se soporta la estructura urbana. Luego de analizar los diversos documentos, PBOT y POMCH⁶⁸, en los cuales se realiza el diagnóstico municipal, se definió trabajar con el POMCH, puesto que retoma la cuenca del río Yumbo, área en la cual se encuentra implantada la zona urbana y además maneja en forma muy completa los elementos de la estructura ambiental. Para tal fin el diagnóstico se centra en dos elementos esenciales: factores ecológicos y climatológicos.

FACTORES ECOLÓGICOS DE LA CUENCA DEL RÍO YUMBO

En este aspecto, definitivamente el río Yumbo es una de las fuentes de agua más importantes, que discurre por la zona urbana, en sentido occidente-oriente. La principal causa de degradación de las riberas del río Yumbo es la alta intervención de sus áreas forestales protectoras, con actividades como deforestación, disposición de residuos orgánicos e inorgánicos, vertimientos directos de aguas residuales y asentamientos humanos. Particu-

⁶⁷ ROATTA A., Carolina (2009). ¿Qué hace Colombia ante el calentamiento global? Aportado por NOTICyT, Consultado: 13 March, 2009, 08:11 <http://www.universia.net.co> - Universia Colombia.

⁶⁸ UNIVERSIDAD DEL VALLE (2007). “Plan de ordenamiento y manejo de la cuenca hidrográfica –POMCH– del río Yumbo”, trabajo ejecutado en Convenio entre la CVC y la Universidad del Valle, y el cual está sólo a nivel de diagnóstico.

larmente se encuentra dentro de la zona de protección del río la estación de bomberos y la galería central. La cobertura vegetal se restringe a pequeñas áreas donde se encuentran especies arbóreas como guadua, uña de gato, chiminangos y guásimos.

Cerca de la Galería central, se reubicaron varias viviendas, localizadas sobre la margen del río. En la galería se ha instalado un colector de aguas negras que vierte sus aguas directamente al río Yumbo. Otro sitio crítico que afecta las condiciones del río es el matadero municipal, ya que realiza inadecuadamente el manejo y la disposición final de los residuos sólidos. El río Yumbo se consolida como el principal eje ambiental de la ciudad, pero adicional a esto hay una serie de ríos pequeños que conforman un sistema hídrico importante como aparece en el plano 3.2, de sistemas de áreas protegidas.



Plano 3.2. Zonas de protección hidráulica

Fuente: PBOT de Yumbo, Acuerdo 028 de 2001.

La cuenca del río Yumbo se caracteriza por tener ecosistemas de bosque seco-tropical, a lo largo de la cuenca se han perdido 150 especies de aves. Otras treinta vivieron en las márgenes de los humedales, en las lagunas y madre viejas. La marcada transformación del paisaje en el río Yumbo, determinada por la sustitución de bosque por pastizales, por el incremento en número y tamaño de asentamientos humanos y de urbanizaciones en la zona rural del municipio, lo mismo que por la ampliación del área urbana e industrial, ha traído como consecuencia la desaparición de buena parte de sus recursos locales de fauna y flora.

Por otro lado, los peces, anfibios y reptiles, han sido los más afectados por la destrucción de los ecosistemas naturales (bosques y humedales). De una rica fauna de anfibios (ranas y sapos, salamandras y cecilias o tatacoas), compuesta por no menos de 50 especies, representantes de ocho familias, hoy tan sólo se registran unas 10 especies de cinco familias de ranas y sapos. La presencia de anfibios ha sido señalada como un indicador biológico sensible y adecuado de la calidad del medio ambiente. Por esta razón, la acelerada desaparición de anfibios de Yumbo debe ser motivo de preocupación y de esfuerzo concertado para impulsar procesos de restauración ecológica.

De una muestra aproximada entre 40-50 especies de reptiles que debieron registrarse en los bosques y humedales de Yumbo, tan sólo 50 años atrás, hoy apenas se encuentran unas 15 especies.

Más de una tercera parte de la avifauna ha sido eliminada (100 especies). La tala de bosques, secado de los humedales, la pérdida de su hábitat, nicho ecológico y la pérdida de la cadena alimentaria, dan cuenta del estado actual de este recurso.

Calidad del agua del río Yumbo⁶⁹

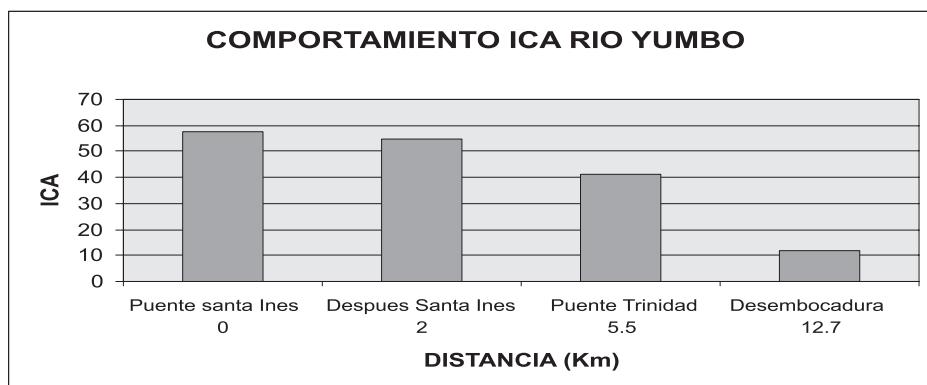
Para estimar el comportamiento de la calidad del agua a lo largo de la cuenca se determinaron valores promedios en cada una de las estaciones. Las gráficas 3.18 y 3.19, reflejan el comportamiento del Índice de Calidad del Agua- ICA promedio y estimado a lo largo de la cuenca.

En general, el ICA muestra que hacia las partes altas de la fuente, el agua se clasifica como de buena calidad, desmejorando el índice hacia la parte baja; dicho comportamiento es atribuible a los asentamientos poblacionales y al aumento de actividad industrial, ocasionando incrementos en la demanda de agua y en la generación de vertimientos de aguas residuales. Adicionalmente, este deterioro en la calidad se incrementa con la disposición inadecuada de los residuos sólidos sobre algunas zonas de la cuenca.

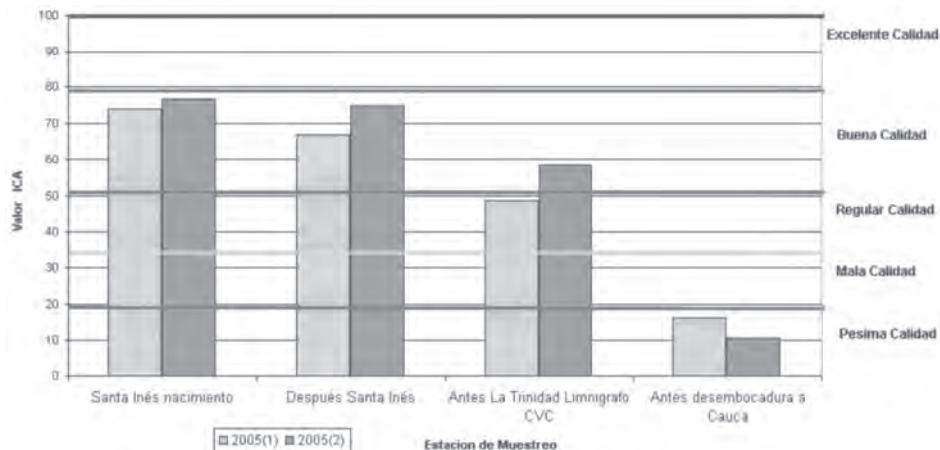
⁶⁹ UNIVERSIDAD DEL VALLE (2007). “Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca Hidrográfica –POMCH– del río Yumbo”, trabajo ejecutado en Convenio entre la CVC y la Universidad del Valle, y el cual está sólo a nivel de diagnóstico.

Los registros de coliformes fecales y totales, encontrados en los muestras de cada una de las estaciones, al contrastarlos con la reglamentación actual sobre uso del agua (Decreto 1594 del 1984), sugieren limitación en el mismo (del río Yumbo) para consumo humano y doméstico si no se encuentra tratada y desinfectada.

A continuación se referencia el estudio realizado por la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca, con respecto al índice de calidad determinado para la cuenca a partir de 2005, dichos datos tienen gran confiabilidad dado que cuentan con la medición y registros de todos los parámetros necesarios para su determinación. Los resultados obtenidos son los siguientes:



Gráfica 3.18. Comportamiento del Índice de Calidad del Agua - ICA.



Gráfica 3.19. Resultados sobre el Índice de Calidad del Agua, según registros realizados en el 2005 por la CVC

Fuente: ICA CETESB río Yumbo, año 2005 - CVC

La gráfica 3.19 muestra que los índices de calidad establecidos al 2005, coinciden con los determinados en el diagnóstico del POMCH, de la cuenca del río Yumbo, observando que la calidad del agua oscila entre los rangos *bueno* a *pésima* calidad, reflejando de esta forma el deterioro hacia las partes bajas.

Índices de contaminación de la cuenca Yumbo

De acuerdo con lo observado, la cuenca del río Yumbo, en la parte alta y media, refleja un comportamiento eutrófico indicando exceso de sustancias nutritivas, para el caso del fósforo asociado con la presencia de detergentes (componente común de las aguas residuales domésticas). Sus efectos en la naturaleza se reflejan en la disminución de la tensión superficial del agua, inhibición de la actividad biológica y disminución de la solubilidad del oxígeno. El resultado obtenido en las estaciones corrobora la existencia de los vertimientos de las aguas residuales domésticas a la fuente.

De la estimación de los *icos* se obtiene que la cuenca, desde la parte media baja hacia la plana, muestra una corriente con tendencia clase 3, que no puede ser definida totalmente dentro de esta clasificación porque no se cuenta con la información básica para su determinación, pero que dice que sus usos con respecto a consumo humano deben ser restringidos. Dentro del proceso de diagnóstico se identifican dos variables que inciden directamente sobre la calidad y contaminación de la cuenca, estas variables se identificaron como manejo y disposición de las aguas residuales y de los residuos sólidos, la evaluación de estos comportamientos parte de la información recolectada por *Sisbén* 2003 (zonas rurales), planes de saneamiento y manejo de vertimientos (cabeceras urbanas) y planes de gestión integral de residuos sólidos (incluye información de la zona urbana como rural).

Para la elaboración del diagnóstico de la cuenca del río Yumbo, se considera que los valores anotados anteriormente, no deben haber variado sustancialmente, puesto que las obras necesarias para eliminar los vertimientos de aguas residuales domésticas e industriales, el manejo de los residuos sólidos y la implantación de usos tales como la Galería o plaza de mercado, los Bomberos, y el Matadero, al igual que las “marraneras”, localizados en la ribera del río (zona de protección forestal del río), no se han realizado.

Manejo y disposición de las aguas residuales

La información relacionada a continuación se define de acuerdo con el Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos –PSMV– formulado por la CVC, para el municipio (2006), y se articula de acuerdo con la fase de diagnóstico efectuada en el desarrollo de la investigación. El diagnóstico del manejo y disposición de las aguas residuales se efectuó inicialmente para la zona urbana y, posteriormente, para el resto de la cuenca, dada las

condiciones atípicas que en ella se encuentran: aumento en la densidad y concentración poblacional, fácil acceso a la zona, diferente comportamiento cultural, aumento y diversidad en las actividades socio-económicas. La problemática principal encontrada en el servicio de alcantarillado se asocia principalmente con incapacidad hidráulica del sistema y la combinación de las aguas residuales domésticas e industriales. El tipo de sistema de alcantarillado existente es sanitario, pero funciona como semicombinado, aunque algunos sectores (con baja proporción), separan las aguas lluvias de las residuales por medio de canales; la incapacidad hidráulica de los conductos se debe especialmente al recibo de las aguas residuales industriales.

Debido a que el sistema de alcantarillado existente, recibe aguas residuales industriales, debilita la capacidad hidráulica de sus colectores, por lo que se requiere realizar un monitoreo y control de estos vertimientos los cuales incumplen las normas ambientales vigentes. Según el plan de saneamiento y manejo de vertimientos presentado por la empresa de servicios públicos de Yumbo - ESPY, se ha evidenciado el incumplimiento de las normas ambientales vigentes en estas empresas en la generación de sus vertimientos, debido a problemas en los procesos operativos o la falta de mantenimiento oportuno a los sistemas de tratamiento.

En el casco urbano, sólo se ha identificado una actividad agropecuaria, la cual está ubicada en el barrio La Trinidad, zona forestal protectora del río Yumbo. Aunque se ha disminuido la actividad porcícola, en algunos solares de viviendas aún la gente cría estos animales.

FACTORES CLIMATOLÓGICOS DE LA CUENCA DEL RÍO YUMBO

Debido a los fuertes cambios repentinos en el clima, como consecuencia del cambio climático global, es importante hacer un detallado estudio de las condiciones actuales en la cuenca hídrica del río Yumbo. Desde este punto de vista se encuentra lo siguiente:

Precipitación

La precipitación varía alternando dos períodos con niveles altos de precipitación y dos con niveles bajos. El primer periodo de lluvias altas corresponde a los meses de marzo, abril y mayo; el segundo se presenta en los meses de septiembre, octubre y noviembre. Alternando estos meses se hallan los meses de menor precipitación, los cuales corresponden a enero, febrero, junio, julio, agosto y diciembre.

La zona urbana presenta un régimen de lluvias medias anuales del orden de 972 mm, pero con gran influencia del régimen de lluvias de la zona alta, que generan grandes flujos de escorrentía, canalizados especialmente por los cauces de aguas superficiales, tal como el río Yumbo, única fuente hídrica que cruza el casco urbano.

Temperatura

La temperatura media en la zona plana, específicamente en la zona urbana, corresponde a 24°C, correspondiente al piso térmico cálido; en la zona de ladera, en el nacimiento del río Yumbo, se tienen temperaturas promedio entre 5°C y 15°C.

Vientos

En la cuenca del río Yumbo, los cambios de dirección de viento, son de oriente a occidente en las horas de la mañana, y en dirección contraria, durante la tarde, con intensidad variable. Además es pertinente tener en cuenta que los vientos que vienen del océano Pacífico, bajan desde la zona alta de la cordillera hasta la zona plana, direccionándose especialmente por los cañones que forman los ríos, como el Yumbo.

TOPOGRAFÍA DE LA CUENCA DEL RÍO YUMBO

La topografía, en general, es de alta montaña; sólo la zona urbana corresponde en su mayoría a la zona plana, rodeada, en la zona occidental, de áreas montañosas, alguna de ella especialmente hacia el sur, con asentamientos urbanos más recientes. El sector norte de esta área, está actualmente sin edificar, o bien existe un proceso de construcciones en proceso de desarrollo y/o de consolidación. La cuadrícula ortogonal antigua de la ciudad es plana con un declive leve hacia el sector oriental en donde el límite municipal está enmarcado por el río Cauca. En la ronda y, muchas veces, en el cauce del río, en ambos márgenes se observan viviendas construidas en materiales temporales, los cuales están sometidos a los procesos de inundación, que se genera a raíz de la alta pluviosidad de la zona alta que drena, por este río, hacia el río Cauca.

GEOLOGÍA LOCAL DE LA CUENCA DEL RÍO YUMBO⁷⁰

La cuenca hídrica del río Yumbo se encuentra cruzada por formaciones geológicas descritas para el borde oriental de la cordillera Occidental y algunas de las fallas geológicas del sistema de falla de Cali-Patía. Son comunes los depósitos de ladera; coluviones y depósitos de taludes. Los depósitos actuales del río Yumbo son principalmente gravas y arenas, con cantos de rocas frescas, o mayores de 50 cm en promedio, cuyo espesor varía de 1.50 a 2.00 m, son depósitos torrenciales.

La estructura geológica característica de la parte montañosa de Yumbo y sus alrededores, es el resultado de la evolución tectónica y levantamiento de la cordillera Occidental desde comienzos del Terciario. Estos procesos han generado fallas geológicas, grandes fracturas y pliegues. Son comu-

⁷⁰ MUNICIPIO DE YUMBO - Mapificación de amenazas por movimientos en masa y procesos erosivos, y análisis de vulnerabilidades para establecer el riesgo en las comunas 1, 2 y 4 del municipio de Yumbo - 2005.

nes las fracturas menores o diaclasas y zonas de cizallamiento de la roca en vecindades de las fallas geológicas mayores. Las fallas menores y las fracturas mayores de extensión local, se presentan en diferentes sitios de la cuenca hidrográfica y sus alrededores. La actividad de estas fallas durante largo tiempo geológico, ha deformado de manera notable las rocas, con formaciones geológicas presentes a lo largo de su trazo, y ha influido de manera notable en el desarrollo de la morfología tectónica y en el patrón de drenaje de la región.

De manera indirecta, en la estabilidad de las laderas vecinas. La geoforma del frente montañoso o ladera oriental de Yumbo, y el gran quiebre de pendiente de la cordillera que mira hacia el Valle, están gobernadas por los movimientos de la traza principal de la falla de Cali-Patía, la cual no aflora de manera individual al estar cubierta por depósitos cuaternarios modernos, pero cuya localización está definida en el subsuelo, mediante métodos geofísicos adelantados por Ingeominas en la década del ochenta.

CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA EN LA CUENCA DEL RÍO YUMBO

Los indicadores para determinar el estado de la calidad del aire obedecen a parámetros internacionales que se comparan con la normatividad establecida por la Agencia de Protección Ambiental Americana-EPA. Es esta la situación más fuerte que actualmente afecta al municipio y a la zona urbana e industrial (corregimiento Arroyohondo) de Yumbo.

La contaminación atmosférica es generada por la actividad industrial, ocasionada por las industrias cementeras, papeleras y químicas. Si bien estas industrias se localizan fuera del área urbana, los efectos se sienten también en esta zona, teniendo en cuenta la dirección de los vientos y la radiación solar entre otros asuntos.

De acuerdo con el informe de calidad de aire y meteorología, obtenido en la estación Yumbo, se miden las concentraciones de monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, dióxidos de azufre, ozono y material particulado, además de los parámetros meteorológicos: viento, precipitación, temperatura, humedad relativa y radiación solar, ubicada en predios de la Escuela Juan B. Palomino - Calle 8 con Carrera 12 de la nomenclatura urbana del municipio, cuya ubicación geográfica es: 3° 36" de latitud norte y 76° 29" de longitud oeste y a una altitud de 950 msnm, correspondientes al período enero-marzo de 2007, realizado por la Dirección Técnica Ambiental de la CVC en el mes de agosto de 2007.

Material particulado fino - PM 10

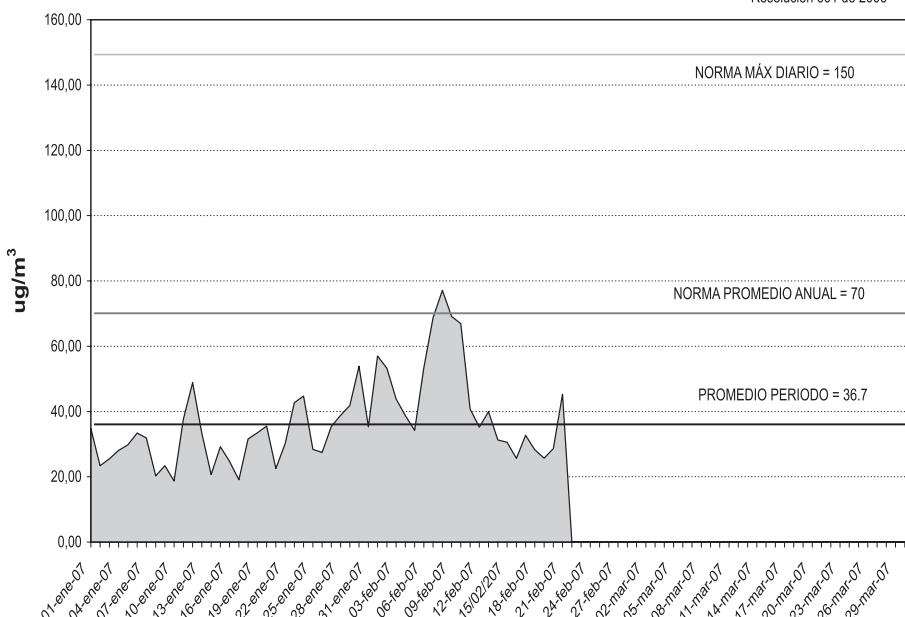
El material particulado es de orden primario o secundario, correspondiendo el primero a la emisión directa de hollín producido por la combustión y, el segundo, por la emisión de partículas originadas mecánicamente, incluida la resuspensión de polvo por acción del viento o por el tránsi-

to de vehículos, además de las diversas actividades industriales o de la construcción. Las partículas de origen secundario son aquellas formadas por reacción en el aire de otras sustancias, como sulfatos, nitratos y entre compuestos de carbono. El periodo de estudio se caracteriza por presentar niveles bajos de partículas en la atmósfera, con promedio de $36.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$, muy por debajo del promedio anual exigido por la norma ($70 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

El valor máximo diario registrado en los días muestrados en el trimestre es $77.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ocurrido el 8 de febrero de 2007, se encuentra también muy por debajo del máximo permisible en 24 horas de $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$. En el análisis horario de las concentraciones de partículas en el ambiente se encuentra que los mayores niveles se presentan a partir del mediodía hasta las horas de la tarde, coincidiendo con las mayores velocidades de viento procedentes del oeste y noroeste. Infortunadamente el monitor de partículas de la estación salió de servicio a finales de febrero. En marzo, por efecto de mayor número de días consecutivos con lluvia (coincidente con mayor humedad relativa) se esperaría una reducción en las concentraciones de partículas, por menor resuspensión de polvo y por el arrastre por el lavado de la atmósfera por la lluvia, como se observa en las gráficas 3.20 y 3.21.

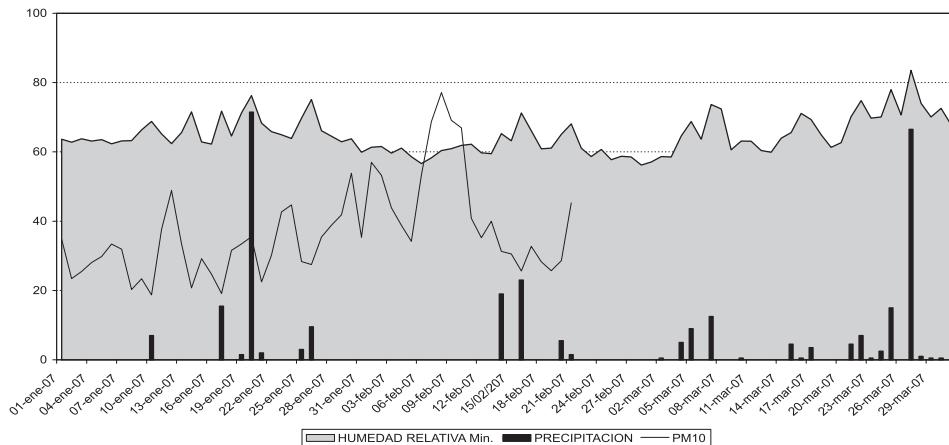
ESTACIÓN YUMBO - PRIMER TRIMESTRE 2007 PROMEDIOS DIARIOS - PM10

Resolución 601 de 2006



**Gráfica 3.20. Promedios diarios PM10.
Estación Yumbo - primer trimestre 2007**

ESTACIÓN YUMBO - PRIMER TRIMESTRE 2007
PM10 VS - HUMEDAD RELATIVA



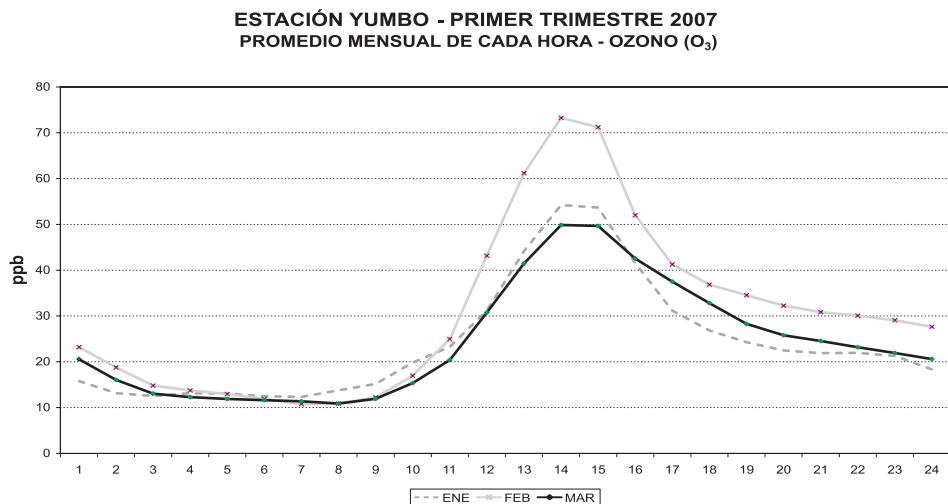
**Gráfica 3.21. PM10 vs. humedad relativa
Estación Yumbo - primer trimestre 2007**

En los primeros quince días de febrero, en los cuales no se presentaron lluvias, se observa un incremento gradual en las concentraciones diarias de partículas en la atmósfera hasta alcanzar la máxima concentración registrada en el periodo con $78 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Este fenómeno ilustra el impacto de la sequedad del suelo ocasionando una mayor resuspensión de polvo por efecto del viento, al igual que su acumulación en el aire por ausencia de lavado por las lluvias. También es notorio cómo en los días siguientes a los episodios de lluvia se presenta un rápido incremento en la concentración de partículas. Esto se debe a que una vez se seca el lodo arrastrado por la lluvia éste se resuspende por acción del tránsito vehicular y del viento.

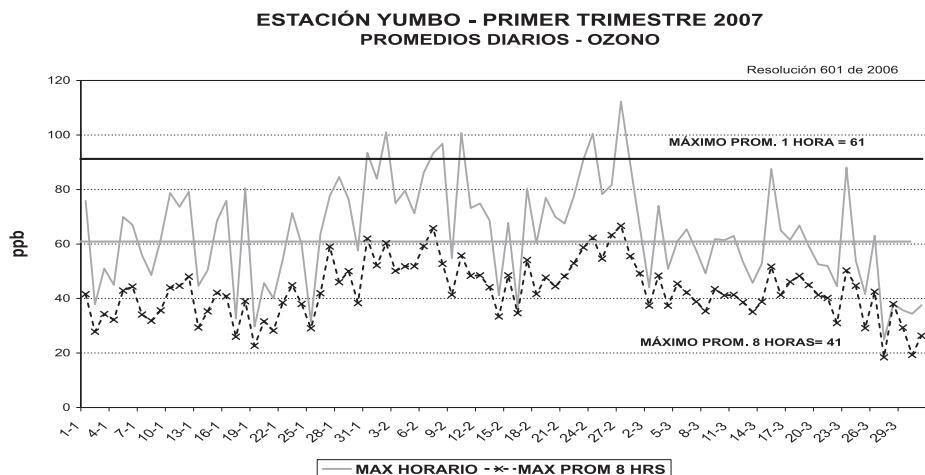
Ozono - O₃

El ozono es un gas oxidante producido en ambientes urbanos como contaminante secundario por reacción, en presencia de la luz solar, de los óxidos de nitrógeno y los hidrocarburos. Tales gases son emitidos en su mayoría por la combustión de los vehículos automotores, además de emisiones dispersas de combustibles de los mismos automóviles y de las emisiones procedentes de las estaciones de servicio y de otros compuestos orgánicos volátiles utilizados en la industria. En Yumbo las terminales de combustibles son emisores considerables de hidrocarburos, especialmente durante el proceso de llenado de tanques.

En la gráfica 3.22, se observa claramente que el ozono se empieza a producir a partir de las 9:00 a.m., alcanzando la máxima concentración entre las 2:00 p.m. y las 4:00 p.m. En febrero, coincidiendo con la mayor radiación solar se presentan las mayores concentraciones del trimestre, mientras que en marzo se presentan las menores, por efecto de las condiciones climáticas.

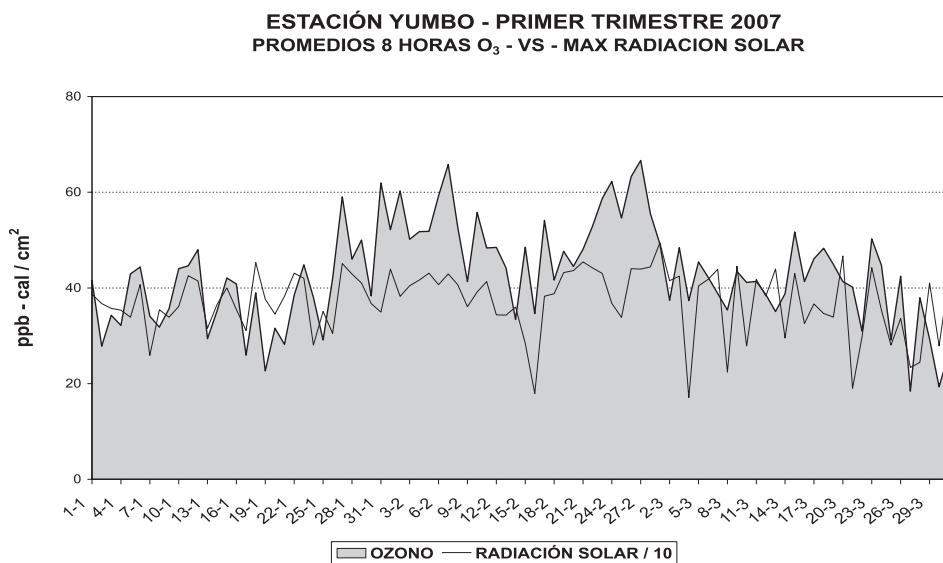


Gráfica 3.22. Promedio mensual de cada hora - Ozono (O_3)
Estación Yumbo - primer trimestre 2007.



Gráfica 3.23. Promedios diarios ozono.
Estación Yumbo - primer trimestre 2007.

Se superan los niveles máximos permisibles estipulados en la Resolución 601 de 2006, como se observa en la gráfica 3.23, definidos para promedios horarios y de ocho horas de 61 y 41 ppb respectivamente, en 45 y 50 ocasiones respectivamente en el período muestreado. En la gráfica 3.24 se observa la correlación entre la radiación solar y la concentración de ozono, registrada en la estación Yumbo.



**Gráfica 3.24. Promedios ocho horas O₃, vs máxima radiación solar.
Estación Yumbo - primer trimestre 2007.**

Los resultados de los análisis diarios y horarios realizados en el primer trimestre de 2007 en la estación automática de monitoreo de calidad de aire, indican que durante este período de tiempo no se superaron las normas de calidad de aire estipuladas en la Resolución 601 de 2006, para material particulado fino PM10. Con respecto al ozono - O₃, la norma horaria y promedio de ocho horas se supera en 45 y 50 ocasiones durante este período.

El análisis de los datos meteorológicos indica una importante influencia de éstos sobre calidad del aire, por su efecto directo sobre las concentraciones de partículas y gases. También se observa un marcado efecto de las lluvias sobre la calidad del aire en términos de partículas, por el efecto de humectación sobre el terreno y lavado de la atmósfera. Pero la lluvia, además de su efecto de limpieza, arrastra sólidos en forma de lodo que, una vez seco, da origen a las mayores concentraciones de partículas en la atmósfera.

De otra parte, la ausencia de lluvias permite la acumulación de partículas emitidas por las diversas fuentes, tanto naturales como antropogénicas.

POSIBLES EVENTOS CATASTRÓFICOS DEL RÍO YUMBO EN LA CIUDAD DE YUMBO

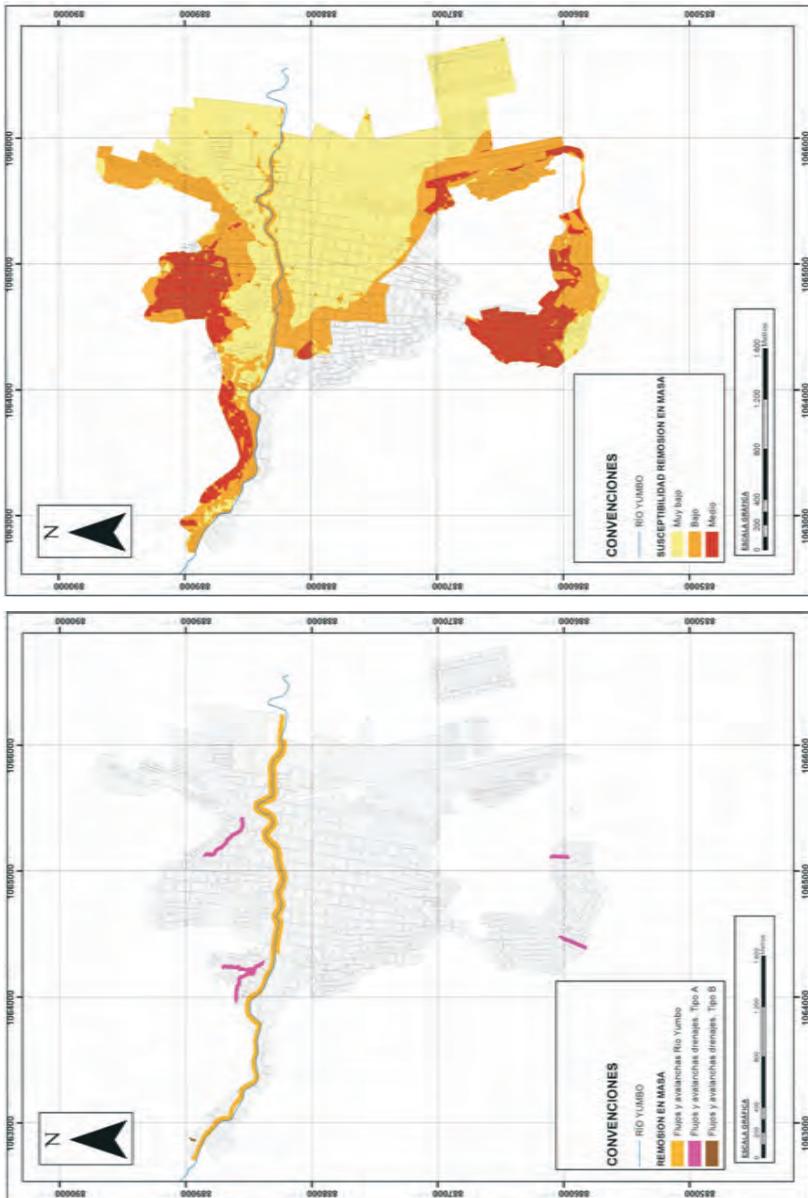
De acuerdo con los anteriores análisis y los fenómenos originados por la contaminación, así como su estructura ecológica y sus condiciones climáticas, se pueden establecer algunos posibles fenómenos relacionados con el cambio climático, generalmente asociados a fuertes cambios en las condiciones climáticas a lo largo de la cuenca del río Yumbo. Para dicha cuenca se ha identificado una susceptibilidad media a procesos de remoción en masa, y sectores susceptibles a eventos de reptación media, inundación alta, presencia de amenaza sísmica alta, incendios forestales en grado alto, medio y bajo.

En el mapa se identifican los asentamientos ubicados en terrenos de amenaza y/o riesgo no mitigable por inundación, deslizamiento, reptación, remoción en masa o en áreas de propiedad de la nación. Además, se cruza con la información de puntos críticos de ruido para lo cual se ubican los sitios de mayor generación de ruido en el municipio y con la mancha de inundabilidad del río Yumbo.

Sobre los problemas y conflictos originados por la localización de viviendas en áreas de amenazas naturales o tecnológicas, hay que mencionar que este aspecto constituye uno de los principales problemas de la cuenca. Como zonas del alto riesgo por inundaciones se identifican los sectores aledaños al río Yumbo y El Pedregal, la quebrada Arroyohondo en la parte baja, la quebrada Mulaló en el casco urbano del corregimiento de Mulaló, y las quebradas de San Marcos en Manga vieja y San Marcos; por avalanchas y deslizamientos los barrios Las Cruces, Nuevo Horizonte, Porvenir, San Fernando y Lleras; Puerto Isaacs y Menga por extracción de canteras y el sector correspondiente a la “falla de Cali”.

SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS

Según el SIG de la UMC Yumbo-Arroyohondo (2000), de acuerdo con la geomorfología de la cuenca se han establecido zonas de susceptibilidad a los deslizamientos basadas en unidades a través de las cuales está compuesto el relieve. Para el mapa de susceptibilidad a los deslizamientos se tiene que el relieve M1 (Relieve montañoso con incisión moderada) tiene susceptibilidad muy alta, el M2 (Relieve montañoso con incisión profunda) alta, los relieves colinados se calificaron con media y los depósitos aluviales y la llanura aluvial de piedemonte, baja; se exceptúan los depósitos de vertiente que fueron calificados con susceptibilidad alta por cuanto la naturaleza misma de ellos los hace más elodables. Ver planos 3.3 y 3.4.



Plano 3.3 y Plano 3.4. Susceptibilidad a fenómenos de remoción en masa

Fuente: PBOT 2001

SUSCEPTIBILIDAD A LAS INUNDACIONES

De acuerdo con el Plan Básico de Ordenamiento Territorial del Municipio de Yumbo-2000, este fenómeno se presenta lo largo del trayecto del río Cauca, y el río Yumbo. El cauce del río Yumbo, a su paso por el sector urbano, puede presentar no solamente inundaciones en época de lluvias sino avenidas torrenciales, las cuales se caracterizan por grandes corrientes momentáneas de agua mezclada con material arrastrado en su trayecto, lo cual, combinado con las viviendas y asentamientos que tiene el lecho del río, se convierte en un grado de susceptibilidad alta.

Para el río Yumbo y su localización sobre el coluvión, combinado con los materiales de rocas sedimentarias dentro de formación volcánica, lutitas, areniscas, shalles y chert, más la pendiente de las laderas que se presentan en la parte superior, hacen que se deba tener especial cuidado con esta cuenca desde el punto de vista de avenidas torrenciales para lo cual se hace necesario un estudio que permita la elaboración de un diagnóstico detallado de las obras biomecánicas y de geoingeniería necesarias para su mitigación, manejo y control. Ver plano 3.5.

SUSCEPTIBILIDAD A INCENDIOS FORESTALES

El mapa de incendios forestales del Valle del Cauca, elaborado a través de un convenio suscrito entre la Corporación para la Gestión del Riesgo Fondo de Solidaridad y la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca - CVC, aborda el problema de los incendios forestales por corregimiento para el municipio de Yumbo, de acuerdo con niveles de máxima, alta, media y baja. La información que dicha cartografía proporciona, establece zonas de amenaza, riesgo, vulnerabilidad, daño potencial y prioridad de protección frente a conflagraciones en áreas de aptitud forestal.

A modo de conclusión se pueden establecer los siguientes puntos sobre eventos catastróficos relacionados con el cambio climático:

1. Las zonas de riesgo no mitigable, al ser parte del territorio en las que la presencia de una amenaza puede provocar altas pérdidas y no es posible realizar obras de mitigación, deben convertirse en zonas de protección, de uso forestal, zonas para uso recreativo de baja densidad. Desde ese punto de vista sería una oportunidad para construir espacios de uso público que se articulen a todos los espacios de la ciudad del mismo carácter.



Plano 3.5. Amenaza por inundación

Fuente: PBOT 2001

Tabla 3.5. Corregimientos bajo amenazas de incendios forestales en el municipio de Yumbo

Clasificación de la Amenaza	Corregimiento
Máxima	Santa Inés - La Buitrera
Alta	Zona Urbana - Dapa - Arroyohondo
Baja	Mulaló

Fuente: Mapa de Incendios Forestales del Valle del Cauca - CVC.

Elaboró: Equipo II Grupo CIDSE Universidad del Valle.

2. Los asentamientos humanos sobre las laderas trajeron consigo varias formas de ocupación desde invasiones masivas, la conformación de urbanizaciones piratas hasta la posesión de predios de la nación como las riberas de los ríos, quebradas y bordes de carreteras. Como resultado de innumerables estudios se definieron zonas de reubicación. Para las viviendas que se encuentran dentro de la zona de riesgo no mitigable, el Plan de Ordenamiento Territorial de Yumbo obliga a la realización de programas de relocalización de asentamientos. De todas maneras, es importante realizar una valoración detallada de los daños e implementar obras de ingeniería que permitan minimizar del riesgo con el fin de llegar a un número menor de viviendas que deberán ingresar en programa de reubicación.
3. Según estimaciones obtenidas en el estudio nacional de la carga de la enfermedad, el 25% de los años de vida saludable perdidos por la población colombiana se debe a la mortalidad por homicidio, que figura como la primera causa; los accidentes de vehículo motor (choques y atropellados) figuran en la segunda posición y son responsables del 8,6% de toda la carga de la enfermedad.
4. La mortalidad por homicidios se ha convertido en la primera causa de muerte en Colombia, algunas informaciones históricas, registran elevadas tasas, y la evolución en la década del noventa, inducen a pensar en el homicidio como una endemia en la vida de los colombianos.
5. La mortalidad por homicidios en Colombia constituye un reflejo de los profundos problemas sociales, económicos, culturales y políticos que afectan al país. Se parte del hecho de que es un fenómeno estructural; afecta a las personas e instituciones sociales; tiene una historia asociada a eventos complejos tales como la distribución de la riqueza, narcotráfico, guerrilla, grupos paramilitares, delincuencia y, en especial, la construcción de una cultura para la convivencia con ella; este complejo panorama crea una espiral que genera violencia más violencia.

PÁGINA EN BLANCO
EN LA EDICIÓN IMPRESA

CAPÍTULO 4

LINEAMIENTOS DE PLANEAMIENTO URBANO SOSTENIBLE PARA LA ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

En el desarrollo de la investigación se ha hablado reiteradamente de los alcances del proyecto INAP; este proyecto, entre muchos de sus estudio, precisó el aporte de los ecosistemas al recurso hídrico del país y estableció el papel de los mismos en el proceso de captura y emisión de dióxido de carbono. El Ideam coordina el proyecto INAP en el ámbito nacional y ha establecido convenios con la Universidad Nacional de Colombia - sedes Bogotá y Medellín, y la Universidad del Valle.

Dentro del proyecto INAP, el Ideam identificó cuatro frentes de acción para la adaptación y mitigación de los efectos producidos por el calentamiento global en Colombia, entre los que se destacan los siguientes:

La optimización de la obtención de información climática a través del mejoramiento del sistema de monitoreo, el desarrollo de investigaciones cuyos resultados den pie a que los planes de ordenamiento territorial incluyan el tema de cambio climático, ya sea para las regiones costeras o las de alta montaña que serían las más afectadas; la implementación de un sistema de vigilancia llamado Sivigila para la emisión de alertas tempranas de los posibles brotes o la expansión de malaria y dengue, de acuerdo con los cambios en las condiciones climáticas; la exploración de opciones productivas sostenibles para las zonas de páramo que, por el aumento de la temperatura, se volverían atractivas para los agricultores y pobladores aledaños.

Es importante, antes de entrar a definir los lineamientos de planeamiento urbano sostenible, establecer las diferencias entre los conceptos de miti-

gación y adaptación al cambio climático, estos términos fueron claramente definidos por Mauricio Chavarro, 2008, el cual propuso:⁷¹

Mitigación: Se refiere a los esfuerzos para reducir las emisiones de gases efecto invernadero. Es la medida de respuesta más importante para prevenir futuros impactos del cambio climático y consiste de acciones como el paso del uso de petróleo a gas (el combustible fósil menos contaminante) o, mejor aún, el cambio de todo tipo de combustibles fósiles a energías renovables (solar o de viento). También considera una reducción generalizada del gasto de energía e incrementar su eficiencia.

Adaptación: Conjunto de esfuerzos para lidiar con los impactos inevitables del cambio climático (debido a la falla de los esfuerzos de mitigación). Durante los últimos años, la adaptación ha ganado protagonismo como una importante medida de respuesta, en especial para los países pobres y más vulnerables, desde que se aclaró que algunos impactos son inevitables a corto y mediano plazo.

Por otro lado, en cuanto el concepto de adaptación, el IPPC (2001)⁷² plantea que:

Las posibles opciones de adaptación comprenden la planificación de asentamientos y su infraestructura, la ubicación de instalaciones industriales y otras decisiones similares a largo plazo para reducir los efectos adversos de sucesos que pueden ser de probabilidad baja (pero creciente) y consecuencias altas (y quizás en aumento). Hay muchas técnicas convencionales y avanzadas específicas que pueden contribuir a mejorar la gestión y planificación del medio ambiente, incluidos los instrumentos basados en el mercado para controlar la contaminación, la gestión de la demanda y la reducción de los desechos, la zonificación de usos mixtos y la planificación del transporte (con previsiones adecuadas para peatones y ciclistas), la evaluación de los impactos medioambientales, los estudios de la capacidad, los planes medioambientales estratégicos, los procedimientos de auditoría medioambiental y los informes sobre el estado del medio ambiente.

Teniendo en cuenta que Colombia y Canadá, hacen esfuerzos importantes en la mitigación de emisiones de gases efecto invernadero, aunque Colombia es un país que aporta muy pocas emisiones de gases efecto inver-

⁷¹ CHAVARRO, Mauricio (2008). Cartilla “Preparándose para el futuro”, UNODOC, ISBN 978-958-98840-1-0.

⁷² INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE - IPCC (2007). Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [SOLOMON, S., D. QIN, M. MANNING, Z. CHEN, M. MARQUIS, K.B. AVERYT, M. TIGNOR and H.L. MILLER (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 996 p.

nadero, se establece que el punto de encuentro de esta investigación entre dos realidades tan diferentes son las medidas de adaptación para el cambio climático. De acuerdo con los frentes de acción anteriormente establecidos, en este capítulo la investigación se concentra en los lineamientos de planeamiento urbano sostenible para la adaptación al cambio climático, el cual pretende ser parte de aquellas investigaciones cuyos resultados den pie a que los planes de ordenamiento territorial incluyan el tema de cambio climático, partiendo principalmente de las medidas de reducción y adaptación a través de acciones de prevención, y prevención, desde un enfoque sostenible.

Como se pudo ver en el capítulo 3, el río San Lorenzo, en su tronco fluvial, y el río Yumbo, presentan dos fenómenos naturales que pueden originar dos tipos de amenazas naturales por un lado la inundación y, por otro, la desecación o baja en el nivel del agua del río. A partir de esta conclusión del diagnóstico se definen lineamientos de planeamiento urbano sostenible que garanticen la preservación y restauración ambiental de los suelos urbanos que presentan riesgo a desastre socio-natural producido por el río San Lorenzo en Montreal, y el río Yumbo en la ciudad de Yumbo, desde la planeación urbana sostenible.

El objetivo principal de este capítulo se centra de corroborar o rechazar la hipótesis planteada que dice:

Para garantizar la sostenibilidad en ciudades que son atravesadas por ríos, es necesario implementar lineamientos de planeamiento urbano sostenible con el fin de preservar y restaurar ambientalmente el río y su cuenca hidrográfica para lograr la adaptación al cambio climático y la prevención de los desastres socio-naturales que puedan producir éstos en la ciudad.

MARCO CONCEPTUAL PARA LA DEFINICIÓN DE LINEAMIENTOS DE PLANEAMIENTO URBANO SOSTENIBLE PARA LA ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

Como fue planteado en el libro *La sustentabilidad urbana*⁷³, y debido a la cantidad de términos relacionados con el tema que nos ocupa, se ha limitado esta investigación a cuatro de ellos:

sostenido, sostenible, sustentable y desarrollo sustentable. Según el Diccionario de la Real Academia Española de la lengua, la palabra “sostenido” en una segunda acepción, significa algo que se toma por arriba. El término “sostenible”, que también viene de sostener, aplica a algo que se mantiene firme, a una proposición que se defiende, o una cosa que se sostiene por arriba.

⁷³ LÓPEZ BERNAL, Oswaldo (2008). *La sustentabilidad urbana*. Universidad del Valle. ISBN 958-670-665-0.

La palabra “sustentable” es una palabra que viene del inglés *sustainable*, un término con amplia aceptación en el ámbito político. Para fines prácticos, los dos últimos términos, sostenible y sustentable quieren decir lo mismo: el término técnico de desarrollo sostenible es definido como aquel desarrollo que no compromete la habilidad de las generaciones futuras para cumplir con sus necesidades, mientras cumple con las nuestras.

El concepto base de esta investigación es la palabra sostenible, como planteamiento teórico de gran alcance y respaldo mundial. Además, la necesidad de aplicar dicho concepto se torna bastante claro cuando se trata de enfrentar la problemática ambiental en la ciudad. Hay muchas formas de definir la sostenibilidad. La definición más simple es: “una sociedad sostenible es aquella que puede persistir a través de generaciones, que es capaz de mirar hacia el futuro con la suficiente flexibilidad y sabiduría como para no agotar su sistema físico y social de apoyo”⁷⁴.

LA ADAPTACIÓN A LOS DESASTRES SOCIO-NATURALES DESDE UN ENFOQUE DEL DESARROLLO SOSTENIBLE

El desarrollo sostenible o sustentable mantiene la calidad de vida, asegura un acceso continuado a los recursos naturales y evita los permanentes daños ambientales. Sin embargo, la palabra “sostenible” corre el peligro de convertirse en un cajón de sastre, de ser trivializada por políticos y creadores de opinión para fomentar que todo siga igual y utilizarla para reclamar una corrección ecológica que en buena medida es falsa. La definición de desarrollo sostenible, original de 1987, es algo ambigua:

El desarrollo sustentable satisface las necesidades de la generación actual, sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer las suyas propias. Pero ¿quién define esas necesidades? ¿Qué patrones hay que usar como referencia? ¿Los del mundo desarrollado o los del mundo en vías de desarrollo? ¿Qué es una necesidad real, y qué es lo que hace que una necesidad sea superflua? Por último; ¿cómo se mide esto?⁷⁵.

Como se observa, este concepto aún genera muchas incertidumbres, principalmente por la superficialidad de los argumentos hacia el desarrollo sustentable. Generalmente los gobiernos no profundizan sobre la real aplicación de la sustentabilidad en el desarrollo de la sociedad, cometiendo grandes errores al generar falsas expectativas, condenando el concepto al des prestigio por parte de la sociedad en su conjunto. Lograr un estado de desarrollo sustentable implica la construcción de una estrategia de interac-

⁷⁴ MEADOWS (1992). *Mas allá de los límites del crecimiento*, México, Editorial Aguilar.

⁷⁵ RUANO, Miguel (2000). *Ecourbanismo. Entornos humanos sostenibles. 60 proyectos*. España, junio, pp. 23-24.

ción entre el sistema natural, el económico y el social, que parte de analizar la lógica de los sistemas generando una unidad integrada y autorregulada⁷⁶. De acuerdo con esta formulación, el desarrollo sustentable sólo se puede definir en un tiempo y en un lugar determinado.

Así mismo, López (2008)⁷⁷ planteaba en su libro que:

El desarrollo sustentable, como idea, puede ser una directriz, una política basada en unas premisas generales. Se desea lograr el desarrollo sustentable en cuanto proyecto social. La forma concreta del desarrollo sustentable se puede producir en un lugar y tiempo determinados como resultado del aprovechamiento de los recursos, de las potencialidades del ecosistema, de las posibilidades económicas, de las condiciones tecnológicas y de las aspiraciones de la población. El cruce completo de las anteriores dimensiones es el que nos va a mostrar las características del desarrollo para que éste sea sustentable en un lugar. La construcción y el logro del desarrollo sustentable se hacen a partir de la interacción entre los habitantes del lugar y sus ecosistemas, mediante la lógica del sistema natural y la demanda social. De esta manera surgen preguntas acerca de cuál es la plataforma tecnológica y los medios por los cuales se puede lograr el desarrollo sustentable en un determinado sitio. El desarrollo sustentable es un paradigma que se puede preconcebir, que hace referencia a un estado deseable, pero su construcción implica un proceso particular y específico a las condiciones biofísicas, espaciales, temporales y sociales de las que parte. Esto quiere decir que no existen ni pueden existir fórmulas acabadas para lograrlo o definiciones precisas que lo acoten. Lo que implica que no se pueda institucionalizar como proyecto social. El cómo lograrlo está definido por cada proceso social particular.

El desarrollo sustentable como concepto es demeritado por muchos al considerarlo más un paradigma nebuloso que un concepto claramente operacionalizable; lo que no debe demeritar en absoluto su búsqueda, sino precisamente obligar a un proceso de investigación y avance en las fronteras del conocimiento y de la ciencia que nos sitúe en el límite de lo posible. Sin embargo, adelantar tareas que impliquen su definición como un concepto operacionalizable, es el primer paso hacia la realización de esta idea, cuya necesidad es clara. Lo más importante, tal vez, es buscar sus condiciones de posibilidad en diferentes lugares y a diferentes escalas⁷⁸.

⁷⁶ RUANO, Miguel (2000). Ídem.

⁷⁷ LÓPEZ BERNAL, Oswaldo (2008). *Op. cit.*

⁷⁸ GONZÁLEZ, Francisco L. de G. (1995). *Ambiente y desarrollo ensayos, reflexiones acerca de la relación entre los conceptos: ecosistema, cultura y desarrollo*, Instituto de Estudios Ambientales (IDEADE).

La ecología y la tecnología apenas acaban de dejar a un lado su eterno enfrentamiento para superar los límites de su confrontación ideológica. Hoy en día, las estrategias para lograr un desarrollo sustentable integran necesariamente ambos campos, en una nueva y audaz visión del futuro. La sustentabilidad, el término que la Conferencia de Rio de 1992 hizo famoso, se está introduciendo en todas las actividades humanas, y las disciplinas de la planificación no son una excepción. Sus nuevos objetivos son el diseño, el desarrollo y la gestión de “comunidades urbanas sustentables”.

Concepto de sostenibilidad

Una sociedad sostenible representa un alto grado de utopía presente y futura; este concepto tiene un nivel de incertidumbre muy grande. Pero si la sociedad logra transformar, entre un 10% o un 20%, los presentes estados de insustentabilidad de la sociedad, será un logro importante en la construcción de Estados más equitativos y eficientes. Cuando se piensa en la construcción de sociedades más sostenibles, la respuesta a las señales de la utilización de los recursos y la emisión de contaminantes está más allá de los límites sostenibles, como plantea Herman Daly: “dar un paso atrás y reconocer que el sistema socioeconómico humano, tal como está estructurado en la actualidad, no es gestionable, ha sobrepasado sus límites y se dirige hacia el colapso⁷⁹”.

Las causas estructurales del desbordamiento de los límites de la Tierra son: el crecimiento exponencial en la población humana y en el sistema económico. Ejemplo de este fenómeno lo podemos observar en el crecimiento de la población en las ciudades colombianas, donde ha habido un incremento del 200% en los últimos 50 años. Este fenómeno se ha producido por las normas sociales, culturales y políticas que llevan a la gente a desear, más que un número de hijos, cosas materiales inútiles:

Son las expectativas y prácticas culturales que distribuyen el ingreso y la riqueza en forma desigual, las que hacen que la gente se vea a sí misma esencialmente como consumidora y productora, que asocian la posición social con la acumulación material, y que definen los objetivos humanos en términos de obtener más en lugar de tener lo suficiente.

La pregunta que surge en este punto es: ¿cómo modificar el estado de desbordamiento de los límites de sostenibilidad de la Tierra y en especial de las ciudades latinoamericanas, las cuales no han resuelto las necesidades básicas insatisfechas comenzando no con los límites, retrasos o erosión, sino con las fuerzas estructurales que ocasionan el crecimiento? Se puede afirmar que atacar el crecimiento exponencial de la población y

⁷⁹ MEADOWS (1992). Op. cit.

el sistema económico deberá orientarse, en primera instancia, a crear un estado aceptable en términos de sostenibilidad de los sistemas, el cual se origina cuando logra colocarse por debajo de sus límites, evitando un colapso descontrolado, manteniendo su nivel de vida.

La sostenibilidad busca el equilibrio entre lo social, lo económico y lo ecológico. La palabra equilibrio, en la teoría de sistemas, significa que los ciclos positivos y negativos están equilibrados y que los grandes *stocks* del sistema, en este caso la población, el capital, la tierra, la fertilidad del suelo, los recursos no renovables y la contaminación, se mantienen relativamente estables. De esta forma, Herman Daly sostiene:

No quiere decir necesariamente que la población y la economía se han quedado estáticas o estancadas. Se mantiene constante, así varía la sociedad en equilibrio, ya sea por elección deliberada de la humanidad o por oportunidades imprevisibles o desastres. Una sociedad sostenible debería buscar purificarse a sí misma de la contaminación, adquirir nuevos conocimientos, hacer sus procesos productivos más eficientes, desplazar tecnologías, mejorar su propia gestión, hacer la distribución más equitativa y diversificarse⁸⁰.

Es decir, construir relaciones de igualdad y sociedades más justas cuando las tensiones del crecimiento y el desbordamiento social y económico se hayan aliviado.

A medida que la sociedad se aproxima en su explotación de la Tierra hacia los límites y especialmente cuando se los desborda, existen relaciones recíprocas inevitables entre la cantidad de gente que la Tierra puede sopportar y el nivel de calidad de vida que cada persona puede llegar a mantener en el tiempo. Cuanto más tarde la sociedad en marchar hacia la sustentabilidad, tendrá cada día peores condiciones de bienestar social, productividad, preservación ecológica y calidad físico espacial. En algún momento, los retrasos pueden suponer el colapso. Cuanto más alto ponga la sociedad sus objetivos de nivel material de vida, mayores los riesgos de excederse y erosionar el sistema, generando escenarios de insustentabilidad.

El concepto de sustentabilidad nace de la crisis del sistema mundial en su revelación en los factores económicos, sociales, ecológicos y urbanos, posterior a la revolución industrial del siglo XX, donde todo cambió en una forma que nadie podría haber imaginado. El éxito de la revolución industrial llevó no solamente a nueva escasez de recursos naturales, de tierra, de combustibles y metales, sino también de la capacidad de absorción del medio ambiente, donde el alto grado de industrialización del sistema pro-

⁸⁰ GARCÍA CANCLINI, N. (1990). *Culturas híbridas. Estrategias para entrar y salir de la modernidad*, México, Grijalva.

ductivo, la presión sobre los sistemas ecológicos y el aumento de la contaminación por desechos industriales, originaron los problemas ambientales presentes.

Como respuesta a la posibilidad de una crisis de sobrevivencia del ser humano y de todo el sistema natural, surge una nueva revolución, la revolución de la sustentabilidad. La cual plantea, en palabras de Herman Daly, las siguientes hipótesis:

Es tan imposible para cualquiera hoy en día describir el mundo que podría emerger de la sustentabilidad, como lo fue imaginar 6000 años antes de Cristo el Iowa de hoy en día, o para el minero inglés de 1750 imaginar una cadena de montaje de Toyota. Lo máximo que cualquiera puede decir es que, como las otras grandes revoluciones, una revolución en la sustentabilidad podría conducir a enormes pérdidas y ganancias⁸¹.

La revolución de la sustentabilidad podría modificar la faz de la Tierra y los cimientos de la organización humana, las instituciones y las culturas. Esta revolución llevará siglos hasta su desarrollo pleno, aunque se cree que ya está en camino y que sus próximos pasos deben darse con urgencia, para hacer posible una revolución y no un colapso. Desde luego, nadie sabe cómo desarrollar el concepto de sustentabilidad, no hay fórmulas ni recetas, nadie tiene certeza de cómo será el mundo de la sustentabilidad por su alto grado de incertidumbre, pero la sociedad mundial, en su conjunto, ha concebido esta revolución como un deber y una obligación para el desarrollo presente y futuro.

La construcción de sociedades sustentables, será armónica y gradual. Se desprenderá de las visiones, experimentos y acciones que miles de millones de personas realicen, conscientes de la necesidad de preservar el equilibrio del planeta. Todos podemos contribuir en esta ardua tarea. El cambio hacia la sostenibilidad plantea nuevas relaciones sociales, culturales, económicas, productivas, etc.; relaciones que, en últimas, son los soportes de una sociedad moderna en busca de mejores posibilidades de vida presentes y futuras.

La cuestión dominante de interés de esta investigación es la sostenibilidad o sustentabilidad urbana y, por lo tanto, se debe avanzar en la consideración de una dimensión específica de los problemas ambientales (y las consecuentes “problemáticas”) que son precisamente, lo que se debe discutir bajo la noción de “problemas ambientales urbanos”.

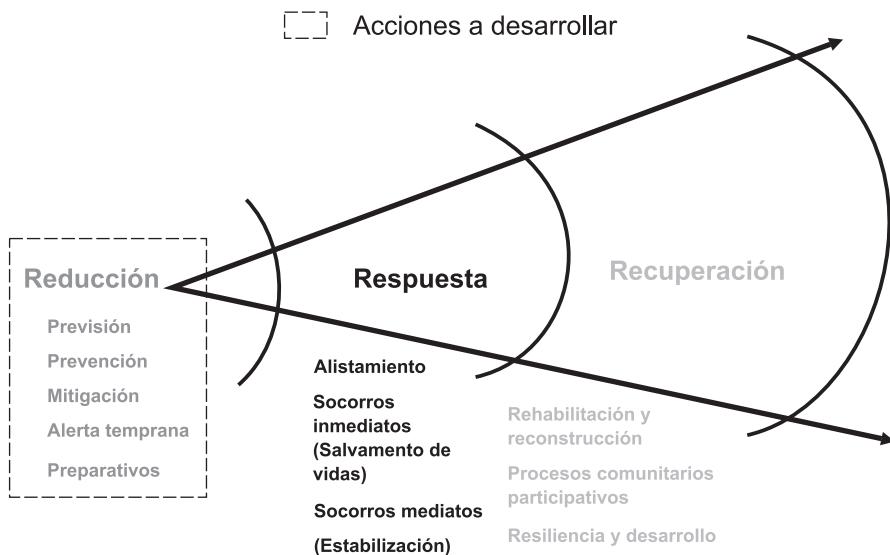
Se puede definir el concepto de “problema ambiental urbano” como la existencia de una carencia o déficit de racionalidad ambiental expresada, a nivel de las formas de vida urbana y percibibles, descriptibles y medibles, en magnitudes de afectación a todas o partes de la sociedad urbana. Desde

⁸¹ MEADOWS (1992). Op. cit.

este punto de vista se desarrolla a continuación una serie de lineamientos de planeamiento urbano sostenible para la adaptación al cambio climático contra los desastres socio-naturales, entendiendo que el desastre socio-natural es, en sí mismo, una manifestación de un problema ambiental urbano, que resulta de malas acciones de planificación y diseño urbano.

LINEAMIENTOS DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO PARA LA PREVENCIÓN DE DESASTRES SOCIO-NATURALES

El punto de partida para la adaptación al cambio climático en la ciudad, se desarrolla a partir de la conceptualización del funcionamiento de un modelo de prevención y atención de desastres. Desde la perspectiva para el desarrollo sostenible, planteado por algunas de las organizaciones que conforman el sistema de prevención y atención de desastres colombianos como lo es la Cruz Roja colombiana, dicho sistema contempla tres diversas acciones a realizar: reducción, respuesta y recuperación, como aparece registrado en la gráfica 4.1. El alcance de esta investigación se concentró en el desarrollo del primer proceso el cual es la reducción o, de acuerdo al marco conceptual, “adaptación al cambio climático para la prevención de desastres socio-naturales”, con acciones específicas de previsión, preventión, mitigación, y alerta temprana, entre otras, mediante lineamientos de planeamiento urbano sostenible para la adaptación al cambio climático.



Gráfica 4.1. Esquema de desarrollo de un sistema de prevención y atención de desastre

Cruz Roja colombiana, 2008

Como se ha dicho desde el marco conceptual, la búsqueda principal del desarrollo debe ser el objetivo de la sostenibilidad, principalmente para la reducción de la pobreza urbana y la adaptación a los posibles desastres socio-naturales de la población más vulnerable como resultado del cambio climático. Por lo anterior, cualquier acción de reducción de riesgo debe partir desde este enfoque, como se ha visto, los eventos catastróficos están relacionados con malas prácticas de desarrollo, planeación y gestión urbana.

La Conferencia de las Naciones Unidas sobre ambiente y desarrollo concentró la atención prioritariamente en las causas que originan los desastres desde la prevención, porque siempre será más fácil prevenir que reconstruir. De tal forma define el planeamiento urbano como la herramienta necesaria para la definición y regulación del suelo capaz de controlar y proponer soluciones para la prevención de desastres socio-naturales.

PLANEAMIENTO URBANO SOSTENIBLE PARA LA ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

Se define planeamiento urbano como un proceso ordenado y secuencial que tiene como fin el desarrollo armónico de la ciudad. Así mismo, el planeamiento urbanístico o planificación urbana es el conjunto de instrumentos técnicos y normativos que se redactan para ordenar el uso del suelo y regular las condiciones para su transformación o, en su caso, conservación.

Comprende un conjunto de prácticas de carácter esencialmente proyectivo con las que se establece un modelo de ordenación para un ámbito espacial, que generalmente se refiere a un municipio, a un área urbana o a una zona de escala comunal. Se trata de normalizar previamente los acontecimientos urbanos, además de todos los lugares de crecimiento que se pueden dar en una ciudad en lapsos de 15 a 20 años, estableciendo pautas que regulen este modo de crecimiento de tal forma que cumpla con estos planes preestablecidos. Sólo es aconsejable, y resulta adecuado disponer de ella, cuando existan problemas surgidos por un cambio, consecuencia de crecimiento poblacional, económico o espacial, como por motivo de las transformaciones que las situaciones socioeconómicas van demandando. Dicho de otro modo, si no existe cambio previsible no se necesita planificar.⁸²

En general, el planeamiento urbano debe tener en cuenta las características del lugar, tales como su geografía física y humana, la historia y, por ende, las experiencias históricas de planeamiento; también la identificación de zonas con amenazas a desastres naturales, ofreciéndole a la ciudadanía la oportunidad de participar, ya que ellos van a ser los directos afectados en el proceso. Todo con el fin de garantizar un equilibrio social, económico y territorial, donde prevalezcan los intereses colectivos sobre los particulares. Manteniendo y haciendo posible más espacio público y

⁸² CAMPOS VENUTTI, G. (1971). *La administración del urbanismo*, Editorial Gustavo Gili, España.

equipamientos, así como la protección de la naturaleza y el patrimonio. El planeamiento urbano debe responder a una problemática social e implantar criterios para posibles soluciones, por este motivo, el proyecto debe ser viable para poder ser llevado a la práctica y a la realidad, sin exceder los límites económicos ni de ningún otro orden, posibilitando una integración espacial y funcional en la ciudad.

Todo lo anterior lleva a reconocer que se debe trabajar por la *imagen de la ciudad*, apropiándose de cada uno de los problemas que se generan, no excluyendo o siendo selectivos para resolverlos, porque esto no contribuye al desarrollo de la ciudad, además genera limitaciones y muestra la gran incapacidad que existe para afrontar los cambios que traen la *necesidad urbana* y la desintegración social.

La planificación urbana abarca la legislación y las obras de ingeniería que consideran al conjunto de la ciudad; puede reafirmar o tratar de cambiar la forma urbana. La planificación urbana debe contribuir a la elevación de la calidad de la vida, con los aspectos que tienen que ver con las condiciones generales de vida individual y colectiva: vivienda, alimentación, seguridad, salud, educación, cultura, esparcimiento, confort, etc. En sí, la planificación debe hacer avanzar el proceso de desarrollo urbano. El desarrollo implica la expansión de las condiciones económicas y sociales de la vida de la población, supone la conservación y mejoramiento del medio ambiente y adaptación al cambio climático para que la ciudad no presentes síntomas de insostenibilidad.

El planeamiento urbano se debe a un proceso elaborado que debe empezar por el ámbito del plan que estudiará la situación urbana, su evolución y los problemas a solucionar para que haya una ordenación equilibrada; la fase de estudios comprende el establecimiento de los objetivos previstos, la información urbanística, el análisis de la situación urbana y el diagnóstico de la situación. Estas fases propuestas analizan la ordenación del establecimiento de los objetivos, definen programas a desarrollar, estudian y analizan propuestas alternativas y promueven el avance del planeamiento.⁸³

Generalmente, la utilización de formatos urbanísticos constituye uno de los procedimientos empleados para evaluar los elementos considerados dentro de la planificación urbana. Estos formatos proponen ciertos criterios mínimos para lograr generar calidad urbana, los cuales pueden incluir la consideración de elementos como:

1. La intensidad y las condiciones de uso; los planes en este punto poseen diferentes categorías en función del uso: industrial, residencial, comercial, etc.

⁸³ “El ciudadano del patrimonio”, Colegio de Arquitectos, *Revista CA*, Santiago de Chile, 1986.

2. Parámetros que aseguren la calidad y cantidad de espacio público efectivo por habitante.
3. Parámetros que aseguren espacios para dotación de equipamientos públicos suficientes y necesarios.

Se puede definir entonces que la planificación urbana es la acción de prever la evolución deseada para el territorio en relación con el proceso de urbanización. “La evolución de la práctica planificadora de los municipios arranca de la necesidad de controlar el crecimiento urbano”.⁸⁴

El concepto de planificación urbana empezó hacer actualizado hacia finales del siglo XIX por Joseph Stübben y Camilo Sitte, sustituyendo las ideas anteriores de expansión urbana. Entre sus distintos aspectos, las medidas tomadas para eliminar la escasez de condiciones higiénicas recibe el nombre de saneamiento y las utilizadas para remediar los defectos de áreas ya existentes, el de replanteamiento.

Alrededor de 1910 el planeamiento urbano se definió como disciplina: se crearon cátedras de urbanismo y, además, se dio el establecimiento de los principios básicos de planeamiento urbano en la carta de Atenas de 1933, construida a raíz del congreso de arquitectura moderna (Ciam).

De acuerdo con los conceptos desarrollados a lo largo de este capítulo, se define el planeamiento urbano sostenible como aquel que logra mediante la correcta planificación y gestión de las zonas urbanas efectos sinérgicos, que apuntan a la reducción de los impactos ambientales y el desarrollo sostenible que el proceso de urbanización produce. Uno de los objetivos del desarrollo sostenible local es la reducción de los impactos de ciertas áreas de actuación en otras, asegurando, a la vez, una economía pujante y una sociedad equitativa⁸⁵.

Así mismo, el planeamiento urbano sostenible debe asumir la responsabilidad de la adaptación al cambio climático y la prevención de desastres socio-naturales, principalmente reconociendo e incorporando acciones específicas en relación con la ocurrencia de situaciones de desastres: pre-evento (antes), identificando la necesidad de pensar también en la ocurrencia del evento (durante). El primero involucra la prevención y los preparativos ante el desastre, y el segundo, la contingencia, medidas para el rescate y socorro. Esta investigación se concentra en la función y responsabilidad que la planeación urbana tiene en la prevención y reducción de la probabilidad de ocurrencia del desastre (el antes).

⁸⁴ NARANJO, Florencio Zoido; MORALES, Guillermo; GONZÁLEZ, Rubén (2004). *Diccionario de Geografía urbana, urbanismo y ordenación del territorio*. Editorial Arial, S.A. p. 273.

⁸⁵ SÁNCHEZ Calderón, Casimiro (2006). Presidente de la Federación de Municipios y Provincias de Castilla-La Mancha.

La planeación urbana sostenible que garantice la adaptación al cambio climático para la prevención de desastres socio-naturales urbanos debe responder a⁸⁶:

- ¿Cuál es la naturaleza, tipo y nivel de amenaza en particular?
- ¿Cuál es el área amenazada, su carácter, importancia social y cultural y fragilidad ambiental?
- ¿Cuáles son los elementos que hacen vulnerable a la comunidad a ese tipo y nivel de amenaza?
- ¿Cómo se expresan territorialmente?
- ¿Cuáles son las actividades más vulnerables?, ¿cómo es su comportamiento espacial?
- ¿Cuál es el estado físico de la infraestructura vital e instalaciones críticas?
- ¿Se pueden incorporar medidas de prevención o mitigación, o definitivamente se requiere una reubicación?
- ¿Cuál es el nivel de conocimiento que la comunidad tiene de su situación en particular?, ¿qué visión tiene de ella y qué espera para el futuro?
- En función del contexto territorial existente, ¿cuáles serían las medidas más acertadas?
- ¿Cuál es el posible impacto territorial y el costo social y económico de la implementación de medidas correctivas?

De acuerdo con los siguientes lineamientos, la investigación se concetró en las fases de evaluación y prevención para la adaptación al cambio climático producido por los posibles desastres socio-naturales.

Por otro lado, se aclara que en los dos estudios de caso se tiene información a nivel de amenaza, esto supone que las medidas de adaptación que se plantean desconocen la vulnerabilidad a que la población, actividades e infraestructura, están expuestas al momento de ocurrencia de un evento catastrófico producido por un fenómeno natural.

LINEAMIENTOS DE PLANEACIÓN URBANO SOSTENIBLE PARA LA ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

Los lineamientos de planeación urbano sostenible se construyen desde dos objetivos básicos: en primer lugar, toda acción humana en el territorio debe propender para la prevención y adaptación al cambio climático; en segundo lugar, toda acción del hombre en el territorio debe apuntar a la

⁸⁶ THOMAS, Javier (2006). *Presentación gestión del riesgo y planeación territorial*. Dpto. de Geografía, Universidad del Valle.

sostenibilidad del desarrollo. Desde estos objetivos básicos se plantean los lineamientos de planeamiento urbano sostenible a través de cinco principios básicos que están ligados a acciones a desarrollar en el río San Lorenzo y el río Yumbo, para la adaptación al cambio climático en la ciudad de Montreal y la ciudad de Yumbo.

Para tal fin estos cinco principios de dividieron en dos tipos; el primero apunta a la definición de políticas y estrategias a desarrollar para la adaptación al cambio climático, que son aplicables a los dos estudios de caso simultáneamente, entre los que se destacan: integrar los elementos de la adaptación a la gestión del riesgo, y las medidas deben ser sostenibles en el tiempo; el segundo corresponde a medidas de adaptación que apuntan a la realización de acciones a través de planes, programas y proyectos los cuales de dirigen a la realización de los siguientes principios: la gestión del agua, la consolidación de corredores ecológicos y, por último, incorporar la adaptación a los proyectos específicos de desarrollo.

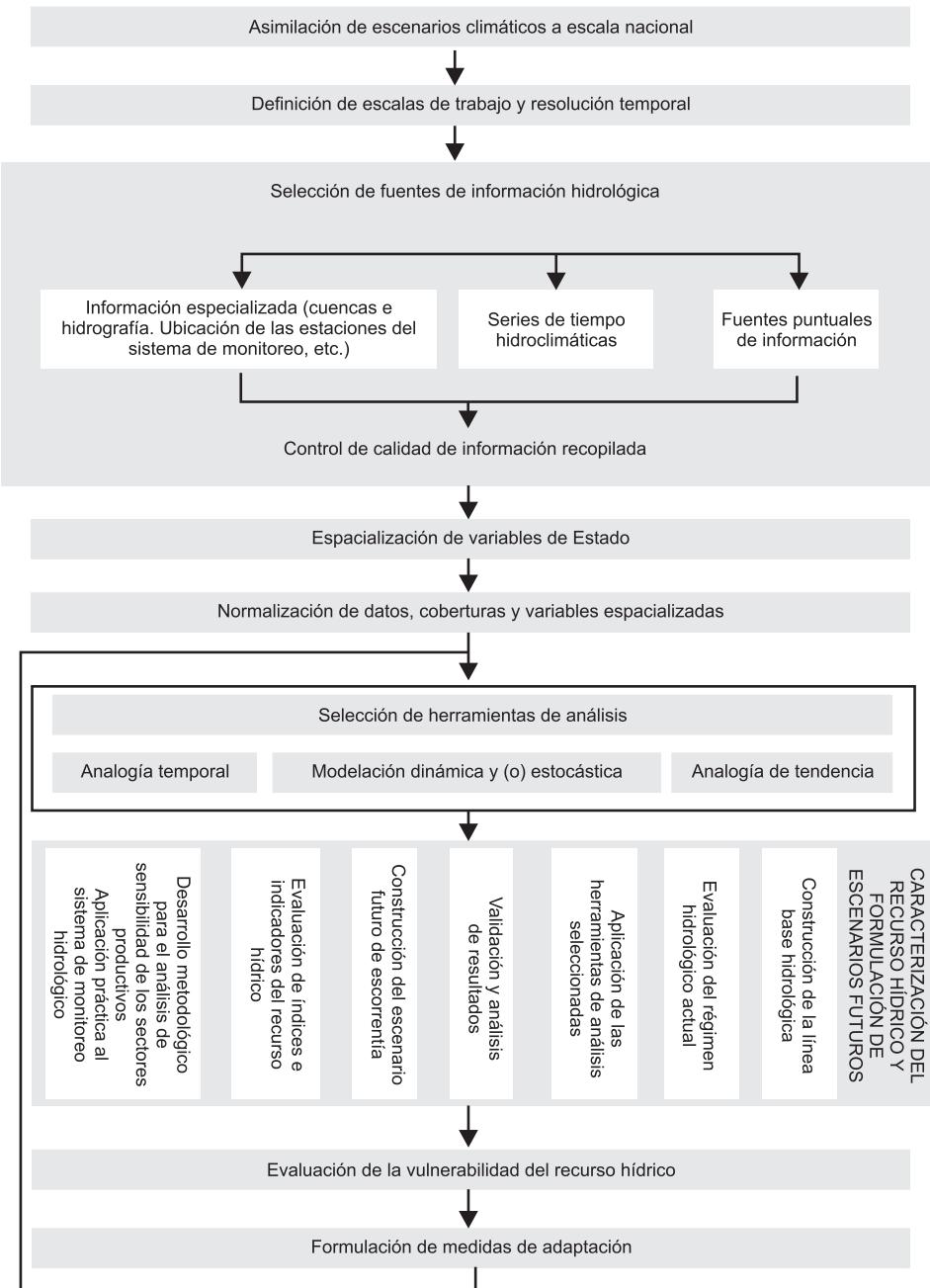
Para definir claramente los lineamientos de planeamiento urbano sostenible se parte del análisis del sistema hídrico del río San Lorenzo y río Yumbo, efectuados anteriormente, concluyéndose que los elementos más importantes a ser tenidos en cuenta en la definición de lineamientos de planeamiento urbano sostenible se concentra en los siguientes puntos:

PRINCIPIO 1: INTEGRAR LOS ELEMENTOS DE LA ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO⁸⁷

El orden en que se desarrolle las medidas de adaptación al cambio climático es de suma importancia. Tal vez la secuencia ideal sería: conciencia pública que dirija a una voluntad política, que lleve a una gerencia, que conduzca a los procesos paralelos e interactivos de promulgar leyes. Finalmente, entrenamiento, educación y incentivos en efectivo, se necesitan para aplicar esas medidas.

Es importante resaltar que el solo procedimiento de adaptación al cambio climático no es suficiente en la prevención de desastres naturales, para tal fin varias entidades gubernamentales han trabajado metodologías interesantes para evaluar la vulnerabilidad de recursos naturales ante el cambio climático como, por ejemplo, se puede ver en la gráfica 4.2. Como se observa, la metodología para evaluar la vulnerabilidad del recurso hídrico como resultado del cambio climático debe ser permanente, sostenible y tender a su institucionalización; cada proyecto debe contribuir a estos objetivos mediante su diseño, método y estrategia.

⁸⁷ BLAIKIE, Piers; CANNON, Terry; DAVID, Ian; WISNER, Ben (1996). *Vulnerabilidad, el entorno social, político y económico de los desastres*, Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina, primera edición: julio.



Gráfica 4.2. Ejemplo de metodología para evaluar la vulnerabilidad del recurso hídrico

(Tomado de Ideam, 2001).

La adaptación a través de planes y proyectos es uno de los pasos en el ciclo de evaluación de la vulnerabilidad, obviamente se concentra en actividades de prevención de desastres. El aporte de esta investigación se concentra en estas actividades de prevención, reconociendo nuevamente el hecho de que es necesario completar el ciclo de gestión para pensar en una verdadera actividad de evaluación de la vulnerabilidad.

Esta metodología de evaluación de la vulnerabilidad de recursos naturales contra el cambio climático, como lo proponen sus autores, supone un cambio en el modelo de desarrollo y transformación de la sociedad, que parte del análisis de las experiencias sufridas en múltiples sitios a raíz de un único fenómeno físico y tiene como directriz global la gestión de las diferentes formas de riesgo que afectan a cada localidad en forma específica, y a la sociedad como un todo. De esta forma, no solo se reduce la vulnerabilidad y se mitigan las amenazas, sino que también se toman decisiones colectivas acerca de las formas y el grado de riesgo que se pueden considerar aceptables en un período determinado y de los cambios que deben impulsarse para evitar los daños⁸⁸.

Así mismo, muchos autores y, en general, la comunidad científica, afirman que:

Es importante señalar que las evaluaciones de vulnerabilidad por el cambio climático están afectadas por la incertidumbre generada por los objetivos, las metodologías y los análisis realizados en cada investigación. Al no existir una sola herramienta o una única forma de evaluar los impactos del cambio climático en diferentes escalas espacio-temporales, se deben aclarar todos los pasos seguidos y los instrumentos técnico-metodológicos utilizados en cada investigación⁸⁹.

Ante las afirmaciones anteriores esta investigación consideró importante, primero, definir las políticas claras que orientan el proceso de adaptación al cambio climático, estas políticas se consideran directrices generales aplicables a los dos estudios de casos, entendiendo obviamente la necesidad de ajustarse a la realidad social, política y cultural donde se van a aplicar. Como punto de partida se proponen los siguientes lineamientos de política general para la adaptación al cambio climático que retoman el marco de políticas de adaptación (MPA), entre las cuales se resaltan⁹⁰:

⁸⁸ SOCIEDAD ALEMANA DE COOPERACIÓN TÉCNICA (GTZ) (2002). *Gestión del riesgo*.

⁸⁹ CHAVARRO, Mauricio (2008). Cartilla “Preparándose para el futuro”, UNODOC, diciembre 2008, ISBN 978-958-98840-1-0.

⁹⁰ Existen varias estrategias para establecer y ejecutar medidas de adaptación, principalmente creadas y ejecutadas en países de Europa, Asia y África. El PNUD (2005) elaboró una guía metodológica que encamina la elaboración de evaluaciones y análisis de riesgos, vulnerabilidad y adaptación,

- Se incluye la adaptación a la variabilidad climática y a los eventos extremos a corto plazo como base para reducir la vulnerabilidad al cambio climático a largo plazo.
- Las políticas y las medidas de adaptación se evalúan en un contexto de desarrollo.
- La adaptación ocurre a distintos niveles en la sociedad, los cuales incluyen el nivel local. El MPA combina la formulación de políticas a nivel nacional con un enfoque proactivo de manejo de riesgos “de abajo hacia arriba”.
- Tanto la estrategia como el proceso mediante el cual se implementa la adaptación son, igualmente, importantes. El MPA le da mucho énfasis a la participación general de las partes interesadas, ya que se consideran esenciales para impulsar cada etapa del proceso de adaptación.
- Estas cuatro directrices o componentes dan línea general para los proyectos estratégicos que se plantean en los principios 3, 4 y 5.

PRINCIPIO 2: LAS MEDIDAS DEBEN SER SOSTENIBLES EN EL TIEMPO⁹¹

Una cosa es iniciar la mitigación pero otra muy diferente es sostenerla en el tiempo hasta que se incorpore plenamente a presupuestos y procesos de planificación. Los medios para mantener la mitigación incluyen:

1. Un activo programa de conciencia pública;
2. Historias bien documentadas exitosas de riesgos que fueron reducidos en un desastre pasado;
3. Institucionalizar la mitigación en planificación gubernamental y políticas normales;
4. Buen uso del análisis expandido costo-beneficio para mostrar las ganancias de la protección.

Estos medios enumerados anteriormente se convierten en elementos estructurales para llevar a cabo el ciclo de adaptación al cambio climático para la prevención contra desastres socio-naturales, sin embargo, la idea principal a que apuntan estos cuatro medios es la consolidación de una cultura de posibilitar los planes y proyectos que garanticen una verdadera cultura de adaptación al cambio climático sostenible en el tiempo.

esta metodología se denomina Marco de Políticas de Adaptación. Según el PNUD (2005), el uso principal del Marco de Políticas de Adaptación es “orientar los estudios, los proyectos, la planificación y los ejercicios de políticas hacia la identificación de estrategias, políticas y medidas adecuadas de adaptación”.

⁹¹ BLAIKIE, Piers; CANNON, Terry; DAVID, Ian; WISNER, Ben (1996). Op. cit.

En la definición de proyectos que se desarrolla en los principios 3, 4 y 5, se plantean las estrategias de gestión en cada uno de los proyectos para el río San Lorenzo y el río Yumbo, que garanticen su sostenibilidad en el tiempo.

PRINCIPIO 3: LA GESTIÓN DEL AGUA

Ante el panorama descrito a lo largo del documento, el tercer principio que se desarrolla es el de gestión del agua. Entendido éste como aquellas acciones de planeación y gestión, que busca equilibrar, mejorar o regular el agua, comprendiendo sus interacciones y los efectos sinérgicos generados en torno a un ecosistema. Para una gestión del agua adecuada se tiene en cuenta cómo el agua interacciona y condiciona otros factores como los económicos, sociales, ambientales y urbanos. La gestión del agua de un río debe concentrarse prioritariamente en dos actividades: en la regulación del agua, ya que este factor es la principal causa de generación de desastres naturales desde un enfoque holístico, y la preservación y adaptación al cambio climático.

Como hemos visto a lo largo de la investigación, en el río San Lorenzo y el río Yumbo, convergen muchos problemas ambientales y amenazas naturales. Las más preocupantes se centran en la contaminación del agua, causando problemas para el consumo humano, la pérdida de fauna y flora por la contaminación, así como la posibilidad de que sucedan inundaciones y bajas considerables en el nivel del agua que impidan la navegación fluvial como en el río San Lorenzo. Por todo lo anterior, los corredores planteados deben cumplir con las siguientes funciones para solucionar los problemas de contaminación ambiental, así como para la prevención y mitigación de desastres socio-naturales: el primer elemento necesario para la gestión del agua lo constituyen los estanques de retención y lagos, o reservorios urbanos de agua y fauna, que se plantean con el fin de controlar el movimiento del agua; mediante la modificación del caudal se suavizan las cargas altas a través de la liberación lenta de agua hacia los arroyos, con el fin de reducir el peligro de las inundaciones río abajo. Los estanques temporales también ayudan a reponer el agua subterránea natural allí donde la porosidad del suelo es alta y donde los vertidos urbanos severamente contaminados no son un problema.

Los estanques permanentes son efectivos en la mejora de la calidad del agua⁹². Como dice Michael Hough:

El almacenamiento de agua se crea naturalmente en forma de lagos, estanques y pantanos, y muy a menudo se forman por accidente en muchos lugares urbanos que no llevan la etiqueta de parques o terrenos de juego. La riqueza de los terrenos industriales o mineros abandonados, parcelas

⁹² HOUGH, Michael (1995). *Ciudad y naturaleza*, Editorial Gustavo Gili, Barcelona, pp. 39, 71-80.

vacías, frentes acuáticos y los cruces de las autopistas juegan, de manera fortuita, una función hidrológica muy valiosa por su capacidad de retención y almacenamiento de agua.

Adicionalmente a lo mencionado, una de las funciones principales de los reservorios urbanos de agua y fauna se centra en el control hidráulico contra las inundaciones desde un punto de vista natural, teniendo en cuenta que las áreas densamente urbanizadas no tienen capacidad para hacer frente al almacenamiento del agua de lluvia; de hecho, por esta razón se introdujo el drenaje de pluviales en el siglo XIX, en la ciudad de Montreal. En los lugares donde el espacio es escaso, o donde los estanques permanentes resultan inapropiados, o donde el sistema de drenaje de pluviales existente está sujeto a cargas adicionales, puede ponerse en práctica el principio del regreso retardado hacia la masa receptora.

Las llanuras de inundación de los ríos y riachuelos funcionan sobre este principio, liberando el exceso de agua lentamente y suavizando los flujos altos. En la ciudad, el almacenamiento temporal resulta útil en situaciones o emplazamientos en los que deben acomodarse diferentes funciones en el mismo espacio. Este almacenamiento puede diseñarse para acumular agua durante una tormenta de lluvia, y drenar completamente después de la tormenta. La tierra, de esta manera, sirve a un propósito doble: asiste las funciones hidrológicas, pero también proporciona espacio para otros usos variados: campos de golf, terrenos de juego, cementerios y parques, son lugares típicos en los que se podrían gestionar usos compatibles⁹³.

Los reservorios urbanos de agua y fauna artificiales se convertirán en un método cada vez más importante de aumentar la calidad del agua corriente en las ciudades por convertirse en filtros biológicos. Aunque hay variaciones en cuanto a la eficiencia de los reservorios artificiales a la hora de eliminar los contaminantes, se ha demostrado que pueden eliminar el 70% del exceso de nutrientes y destruir las bacterias y los virus. Los metales pesados pueden acumularse tanto en los sedimentos como asociarse con la materia orgánica, y muchos pesticidas, aceites y grasas se descomponen por la acción de los microbios y las plantas. Estos reservorios también se utilizan para tratar la acidez del agua en las explotaciones de carbón y en las plantas de procesado de minerales. Por ejemplo, se constató que los humedales creados en el este de Pensilvania para tratar el agua que venía de los viejos emplazamientos mineros, mejoraban la calidad del agua, y proporcionaban un hábitat adecuado para pájaros, reptiles y anfibios.

La purificación del agua mediante el uso de humedales vegetales también está ganando reconocimiento en Holanda, Alemania y otros países europeos: existen cerca de treinta proyectos de pantanos en Holanda que datan de los años sesenta. Algunos incluyen terrenos de camping donde

⁹³ HOUGH, Michael (1995). Op. cit.

el agua usada es purificada a pequeña escala. Así mismo, está demostrado que dichos reservorios acuáticos servirían como almacenadores de agua y disminuirían el impacto producido por la subida o bajada de los niveles de agua, extendiendo e igualando los flujos durante un largo período de tiempo.

Los suelos con vegetación y las tierras de bosques atrapan y filtran el agua a través de la tierra con una pérdida mínima y un máximo beneficio para la recarga del agua subterránea. La calidad del agua aumenta por la vegetación y el almacenamiento, el cual, por su parte, contribuirá a la diversidad del hábitat natural y humano. Así, los colectores pluviales deben diseñarse para que correspondan, tanto como sea posible, a los modelos naturales, permitiendo la retención de agua y su absorción dentro del suelo, en un porcentaje similar al de las condiciones naturales. Este principio está bien reconocido ahora en los países occidentales como una alternativa realista a las prácticas habituales. Por último, dichos reservorios ayudarían a la recarga de las aguas subterráneas allá donde la porosidad del suelo lo permite; el agua de lluvia que cae directamente sobre la tierra ayuda a llenar las reservas de agua subterránea.

El drenaje natural de las tierras con césped o con vegetación es muy útil para controlar y gestionar las aguas de lluvia: ayuda a la infiltración natural dentro de la tierra y controla la velocidad del flujo de agua, la cual es esencial para el control de la erosión y la sedimentación. El objetivo es alcanzar un porcentaje de movimiento de agua que sea equivalente a los niveles anteriores, ayudando a minimizar los daños causados por la erosión y las inundaciones⁹⁴.

De lo anterior queda claro que los procesos biofísicos del agua, de la tierra y de los bosques, forman un sistema interactivo que está profundamente influenciado por la actividad humana. Puesto que el agua es un componente crucial de los sistemas urbanos, resulta esencial comprender estos procesos para lograr un uso y una gestión prudentes. Esto es aplicable no sólo a las cuencas fluviales regionales, sino también dentro de la ciudad. Muchos de los problemas de contaminación del agua comienzan en la misma ciudad, por tanto, es en ella donde debemos centrar nuestra atención. Ahora veremos cómo este principio de gestión del agua se aplica a dos realidades geográficas, pero comparten los mismos problemas originados por el calentamiento global.

Principio de gestión del agua aplicado al río San Lorenzo

Con el fin de establecer los lineamientos de planeamiento urbano sostenible que desde la gestión del agua se deben llevar a cabo en el río San Lorenzo, se parte de entender cómo dos fenómenos contrarios afectan la isla de la ciudad de Montreal, por un lado, el de inundación en el río de las Prairies y, por otro, el de desecación o bajo nivel del agua en algunas

⁹⁴ Ídem.

zonas del lago San Louis y, principalmente, en el viejo puerto de Montreal. Estos dos fenómenos naturales, como se ha visto, están plenamente condicionados por los cambios climáticos. Para regularizar dichos cambios existe todo un sistema de ingeniería mediante exclusas y presas, a lo largo del río San Lorenzo, como se vio en la gráfica 3.10; en su zona del tronco fluvial, debido al cambio climático dichos sistemas quedarán cortos ante el cambio eminente de los ciclos de agua que se avecinan.

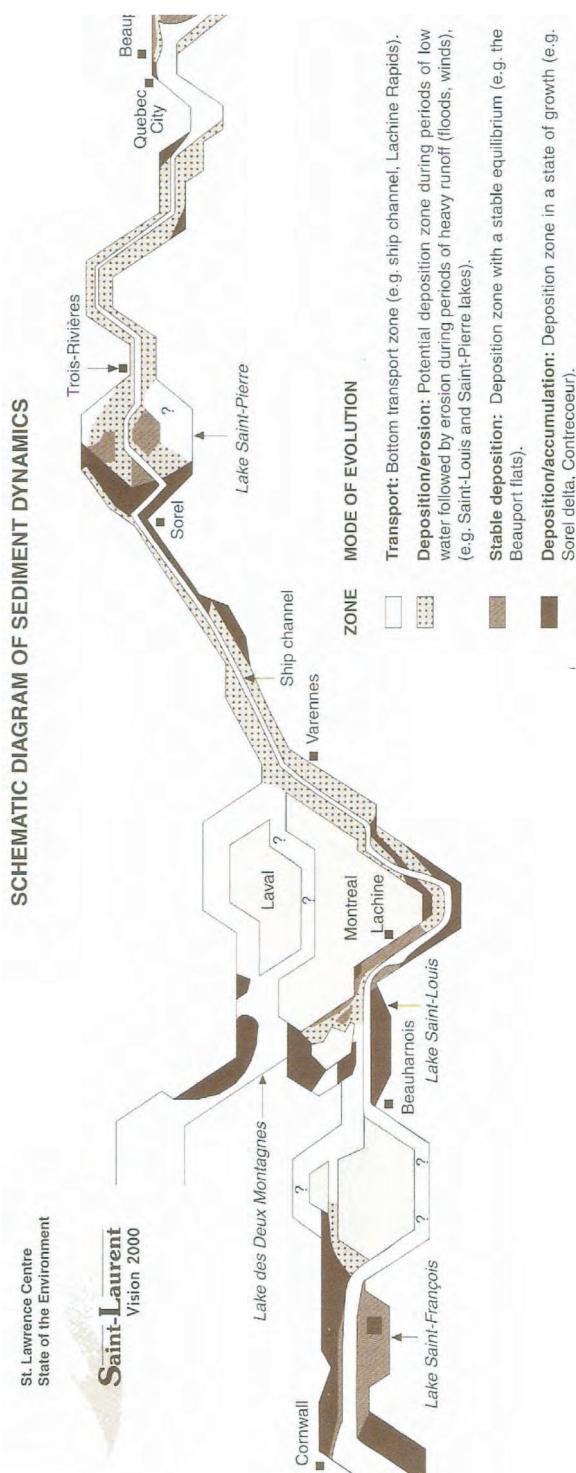
Las fluctuaciones del nivel del agua en el río San Lorenzo están atribuidas principalmente a factores naturales (como la precipitación) y, en menor medida, a factores antrópicos originados por las represas hidroeléctricas. Así mismo, a catástrofes naturales debido al aumento de la frecuencia y la severidad de los cambios climáticos naturales. El plan de regulación elaborado durante el último siglo influencia fuertemente los ciclos estacionales del nivel del agua mientras que las fluctuaciones de los aportes del nivel de agua está fuertemente ligado por las cuencas de los Grandes Lagos y el río Outaouais, que finalmente determinan los ciclos interanuales de los niveles de agua del San Lorenzo.

Dos situaciones de nivel del agua se presentan anualmente en el río San Lorenzo, a nivel de la isla de Montreal: por un lado el aumento de las precipitaciones en el sistema del río Outaouais, que origina inundaciones a lo largo del río de las Prairies, como se observa en el plano 4.3, donde la municipalidad de Montreal define las áreas inundables en esta zona.

Por otro lado, el bajo nivel del agua que se presenta en la isla de Montreal en el área del lago de San Louis y principalmente en la zona del viejo puerto, como se define en el plano 4.1, donde aparecen los diferentes niveles de sedimentación en el río San Lorenzo a lo largo de su recorrido; se observa cómo hay zonas críticas donde los niveles del agua son inferiores a 0,91 cm, haciendo casi imposible la navegación en el río, generando nuevos paisajes debido a la falta de agua a lo largo de las zonas costeras.

Además, existe un alto nivel de incertidumbre con respecto del nivel del agua del río San Lorenzo, originado por los factores naturales y antrópicos. De acuerdo con los diversos estudios que se han realizado está demostrado que van ocurrir cambios significativos a lo largo de las cuencas, sin embargo, no está claro aún en qué momento y con qué intensidad.

Ante la situación descrita, la primera acción que se considera es unir las dos riberas de los dos sistemas hídricos más importantes del río San Lorenzo como lo son el lago San Louis y el río Outaouais, a lo largo de la isla de Montreal, originando unos reservorios de agua que permitan regular el nivel del agua en torno a la isla evitando la inundación y que baje el nivel del agua impidiendo la navegación fluvial. Como se observa en el plano 4.2, las masas de agua entre los dos afluentes importantes del San Lorenzo, como son el Outauois y el lago Ontario se mezclan en el lago San Louis.



Plano 4.1. Diferentes niveles de sedimentación del río San Lorenzo de Cornwall a Québec.

Environnement Canada et la revue maritime L'Escale, 1990. Le Saint-Laurent.

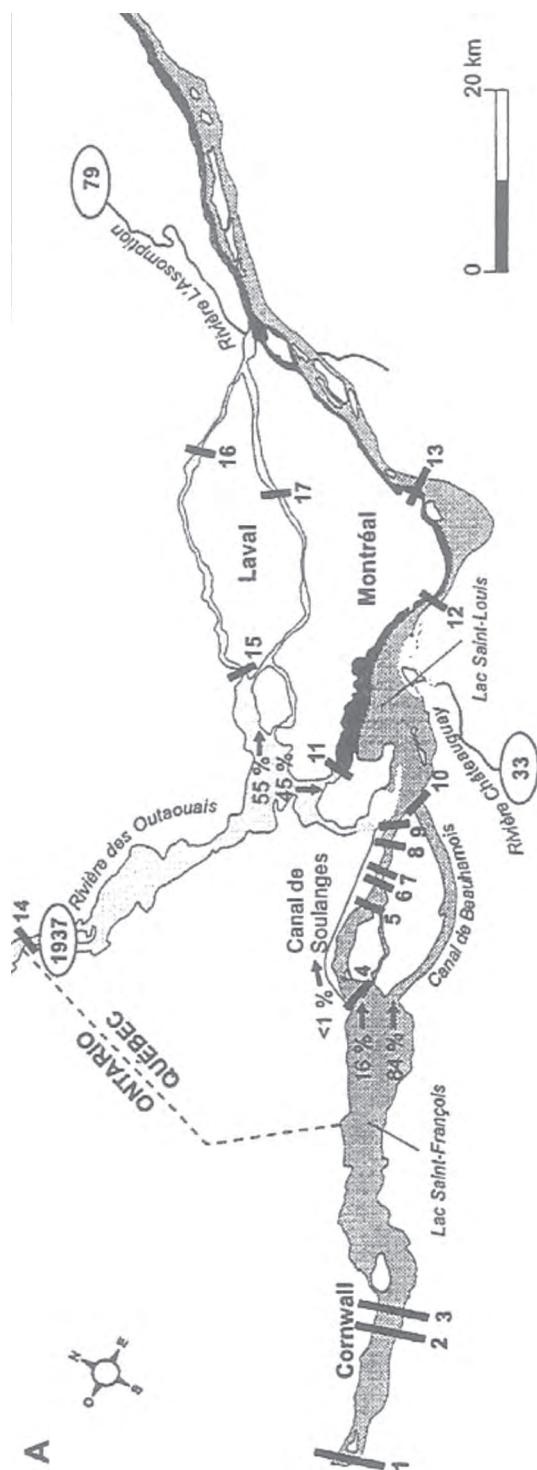


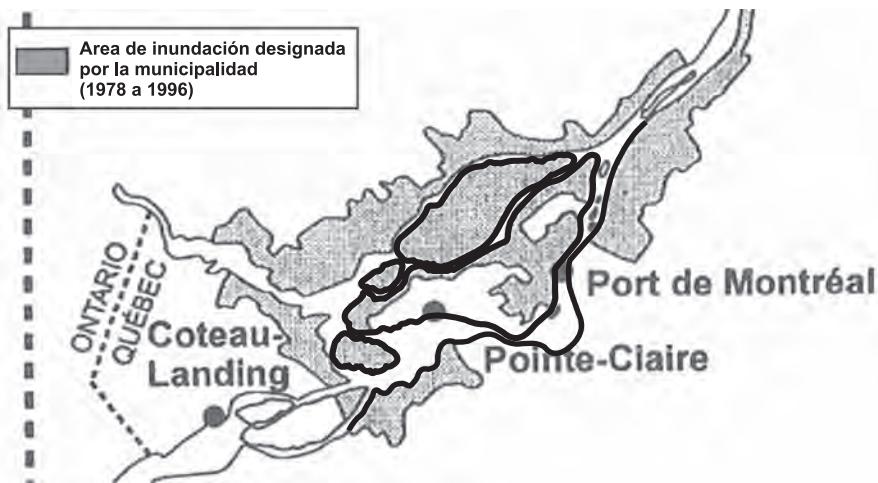
DIAGRAMA DE LA RED HIDROGEOGRÁFICA DE LA REGIÓN DE MONTREAL

- | | | | |
|----|---|----|--|
| 1 | Barrage Iroquois | 9 | Barrage de Pointe-des-Cascades |
| 2 | Barrage du Long-Sault | 10 | Barrage, écluse et centrale de Beauharnois |
| 3 | Barrage et centrale Moses-Saunders* | 11 | Écluse de Sainte-Anne |
| 4 | Barrages de Coteau | 12 | Écluse de Côte-Sainte-Catherine |
| 5 | Barrages de l'île Juillet | 13 | Écluse de Saint-Lambert |
| 6 | Barrage de Saint-Timothée | 14 | Barrage, écluse et centrale de Carillon |
| 7 | Barrage et centrale Les Cèdres | 15 | Barrage Grand-Moulin |
| 8 | Barrage de la Pointe-du-Buisson | 16 | Barrage de l'Île du Moulin |
| 17 | Barrage et centrale de Rivière-des-Prairies | | |

* Structure de contrôle majeur du niveau d'eau du Saint-Laurent

Gráfica 4.2. Movimiento de las masas de agua de Corwall a Québec.
Environnement Canada et la revue maritime L'Escale, 1990. Le Saint-Laurent.

Lo que queda claro en la siguiente gráfica es cómo la masa de agua que llega por la zona de la isla de Perrot, proveniente del río Outaouais, es muy baja y adicionalmente es controlada por la exclusa de Sainte Anne. De esto se puede concluir que es necesario ayudar a mover la masa de agua ya que el flujo que se dirige al lago San Louis es bajo y produce inundaciones como lo muestra la grafica 4.4, que se dirigen por el río de las Prairies.

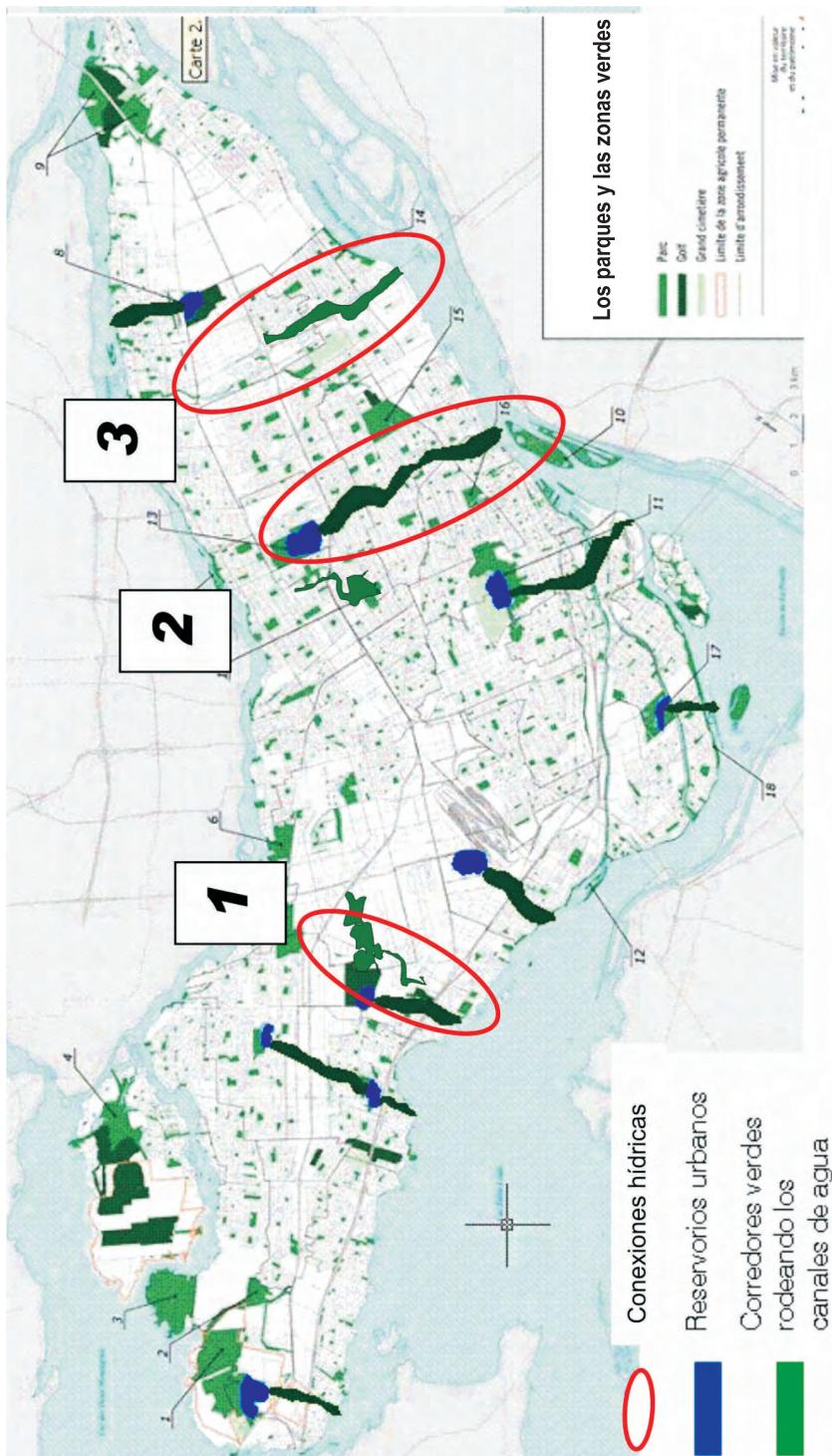


Gráfica 4.3. Zonas de inundación del río San Lorenzo.

Le fleu en Bref, Capsule-éclair sur l'état du Saint- Laurent

La propuesta que se plantea busca dirigir las masas de agua a través de la isla de Montreal garantizando evacuar el agua cuando aumente el flujo del río Outaouais, y compensar la pérdida del agua en el lago San Louis y puerto de Montreal como aparece en el plano 4.3. En esta misma gráfica se observa cuáles áreas podrían consolidarse en la isla de Montreal como futuros reservorios urbanos de agua y fauna. También tienen una inmensa importancia en el control de las inundaciones y de la erosión de los ríos, y en la restauración de los hábitats deteriorados para que los ocupen las especies acuáticas y terrestres.

Las conexiones hídricas que se plantean pretenden unir grandes canales con zonas verdes a través de la isla de Montreal, buscando grandes espacios que se conviertan en posibles zonas de almacenamiento de agua y simultáneamente se conviertan en elementos conectores entre las zonas verdes a través de corredores ambientales.



- Primer corredor: Parte del lago San Louis a la altura del Boulevar de Sources, buscando unir los parques locales hasta la zona abierta en el Aeropuerto Dorval, donde se desarrollaría un gran reservorio urbano de agua y fauna, continuando hasta llegar al Parc nature du Bois de Liesse, que sería el punto de desviación de la rivière des Prairies.
- Segundo corredor: Parte a la altura del Boulevar Pie IX, con río San Lorenzo, se va desarrollando a través de pequeños canales hasta llegar al Parc Maisonneuve, para continuar hasta el área de la avenida Jarry con Boulevar Pie IX, donde se construiría el otro gran reservorio urbano de agua y fauna, para luego conectarse con el Parc-nature de ille-de-la Visitation en la rivière des Prairies.
- Tercer corredor: Parte a la altura de la Avenida George V, en Montreal este, buscando la zona cercana al Parque Natural du Bois-d'Anjou, donde se construiría el gran reservorio urbano de agua y fauna, dirigiéndose por los parques locales a la altura de la isla Gagné en la rivière des Prairies.

Adicionalmente a estos corredores que cruzan la isla del lago San Louis y el río San Lorenzo hasta la Rivière des Prairies, aparecen pequeños reservorios de menor longitud que buscan la consolidación de corredores ecológicos conectados a parques locales.

Principio de gestión del agua aplicado al río Yumbo

El río Yumbo a lo largo de su recorrido presenta áreas considerables que presentan amenaza alta y media por inundación, estas áreas tienen un problema adicional por presentar un nivel alto de concentración de urbanizaciones no planificadas, este fenómeno hizo que el proceso de desarrollo urbano no respetara las franjas o rondas hidráulicas del río Yumbo, quedando localizadas grandes zonas que presentan amenaza alta y media por inundación como aparece en el plano 4.5. El análisis de esta variable permite ayudar a definir las zonas más críticas, en cuanto a los fenómenos de inundación, en las cuales deben relocalizar viviendas o recuperar zonas del área de protección del río, especialmente restaurando la zona de protección forestal del mismo.

Teniendo en cuenta el “estudio de amenaza por inundación y avenidas torrenciales del río Yumbo”⁹⁵ se define acorde con la aplicación del modelo hidráulico HEC-GeoRAS, la zona de inundación del río Yumbo en el recorrido por la zona urbana actual. En la página 81, el estudio plantea lo siguiente:

⁹⁵ CASAS LOZADA, Juan Gabriel (2007). *Estudio de amenaza por inundación y avenidas torrenciales del río Yumbo y análisis de los estudios del río Cauca y su influencia en el área de expansión oriental del municipio de Yumbo*. Departamento del Valle del Cauca, Fergon Outsourcing Ltda, Inviyumbo.

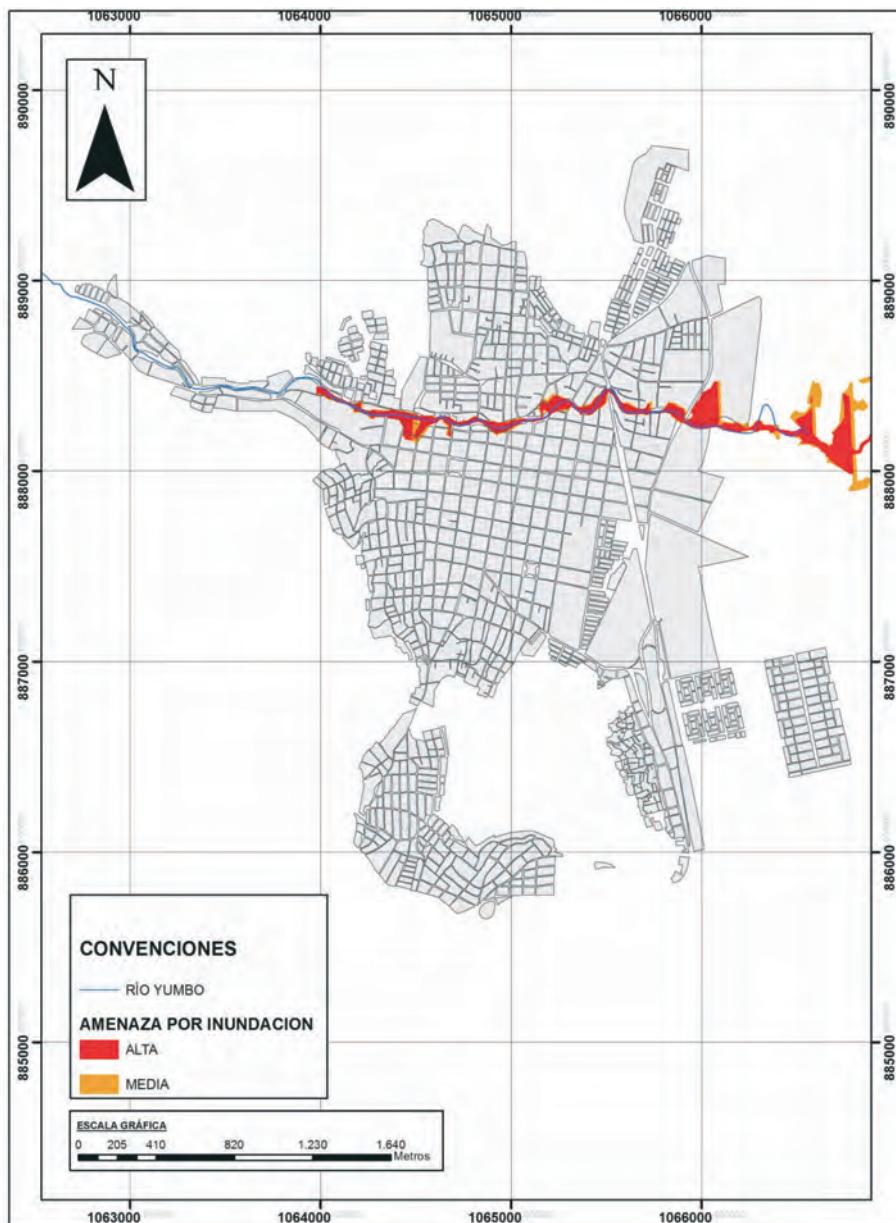
Es muy importante tener en cuenta que las simulaciones realizadas son para caudales productos de procesos regulares lluvia-escorrentía, para flujos subcríticos a bajas velocidades. No se consideran los efectos de los represamientos del río Yumbo, pues éstos generan avalanchas de lodo y piedras que no pueden contenerse con las tradicionales estructuras propuestas para control de inundaciones (diques marginales), donde los flujos son supercríticos.

El efecto de estas avalanchas puede observarse en las curvas a nivel que determinan la forma del abanico fluvial del río Yumbo.

Las avenidas torrenciales son producto de las fuertes lluvias de grandes intensidades que se decantan sobre el suelo poco desarrollado y poco profundo de una subcuenca que concentra rápidamente las aguas, favorecido por una estructura geológica superficial muy poco permeable, en creciente súbita.

La línea que define la cota de inundación del río (plano 4.5), afecta especialmente el área de los barrios Lleras y Madrigal en una mayor extensión debido al ensanchamiento en esta área de la mancha de inundación. Posteriormente, en sentido nororiental a noroccidental, afecta en una menor proporción los barrios Las Vegas y Dionisio H. Calderón, cubriendo exactamente las edificaciones que se han apropiado de la zona forestal de protección del río y avanzando sobre las manzanas más consolidadas entre 50 y 80 metros aproximadamente. Continuando en el mismo sentido, la línea de inundación dibuja el meandro del río, pasando a unos 120 metros medidos desde la orilla del río, cubriendo totalmente la “marranera” y las edificaciones temporales existentes en la zona de protección del río. Continúa avanzando hacia el nororiente, con un ancho aproximado de 80 metros hasta encontrar la zona desde la calle 14 oeste, en donde la topografía y la altura de los taludes sobre el río, frenan el proceso de inundación.

En la zona sur, la afectación por el proceso de inundación del río, es menor pero afecta especialmente el área no consolidada desde el borde noroccidental hasta el centro recreacional El Pedregal, el cual ha construido un muro de contención a la orilla del río, empujando el área de creciente hacia el sector opuesto, específicamente lo que se denomina la isla del Pedregal. Posteriormente, la zona de mayor consolidación urbanística –entre las calles 1^a y 9^a– zona de la Plaza de Mercado, tiene un área de inundación mínima (ancho aproximado de 20 metros). Al avanzar desde el barrio Bolívar hasta la vía férrea, se expande un poco la línea de inundación llegando aproximadamente a 40 metros de ancho. De todas formas, por el puente vehicular de la Plaza de Mercado, aguas río abajo, se observa el nivel de la creciente que deja desperdicios y basuras colgadas de la vegetación y en la orilla del caudal.



Plano 4.5. Amenaza alta y media por inundación en la ciudad de Yumbo, producida por el río Yumbo

Desde el planeamiento urbano sostenible, donde se definen principios para la gestión del agua, se manifiesta la urgencia de consolidar la red hidráulica del río Yumbo. El estudio realizado sobre amenazas de la co-

muna 3, en donde se encuentra el barrio Trinidad, plantea la necesidad de realizar obras de mitigación y la reubicación de varias viviendas afectadas por este fenómeno.

En el resto del área se debe respetar la franja de 15 metros, a cada lado, a partir del caudal del río, como zona forestal protectora del mismo. Si se pretendiera aplicar la norma existente en el Código Nacional de Recursos Naturales, esta zona debería contarse desde la cota máxima de inundación del río, lo cual conllevaría a respetar la cota de inundación y contar por fuera de ella la zona de protección, como aparece en el plano 4.6.

Por otro lado, los lineamientos para la gestión del agua, referente al área de recuperación, protección y conservación de cauces, indican que se debe dejar 15.00 metros a lado y lado de la cota máxima de inundación del cauce. Sin embargo, en el recorrido por la zona urbana del río Yumbo se encuentra una cantidad considerable de viviendas, las cuales es urgente reubicar por estar en amenaza alta por inundación; dicha reubicación de familias se hará en el corto plazo (máximo cinco años, de acuerdo con los POMCH (Plan de Ordenamiento y Manejo de Cuencas Hidrográficas) y, para los cauces intermitentes, se hará en el mediano y largo plazo.

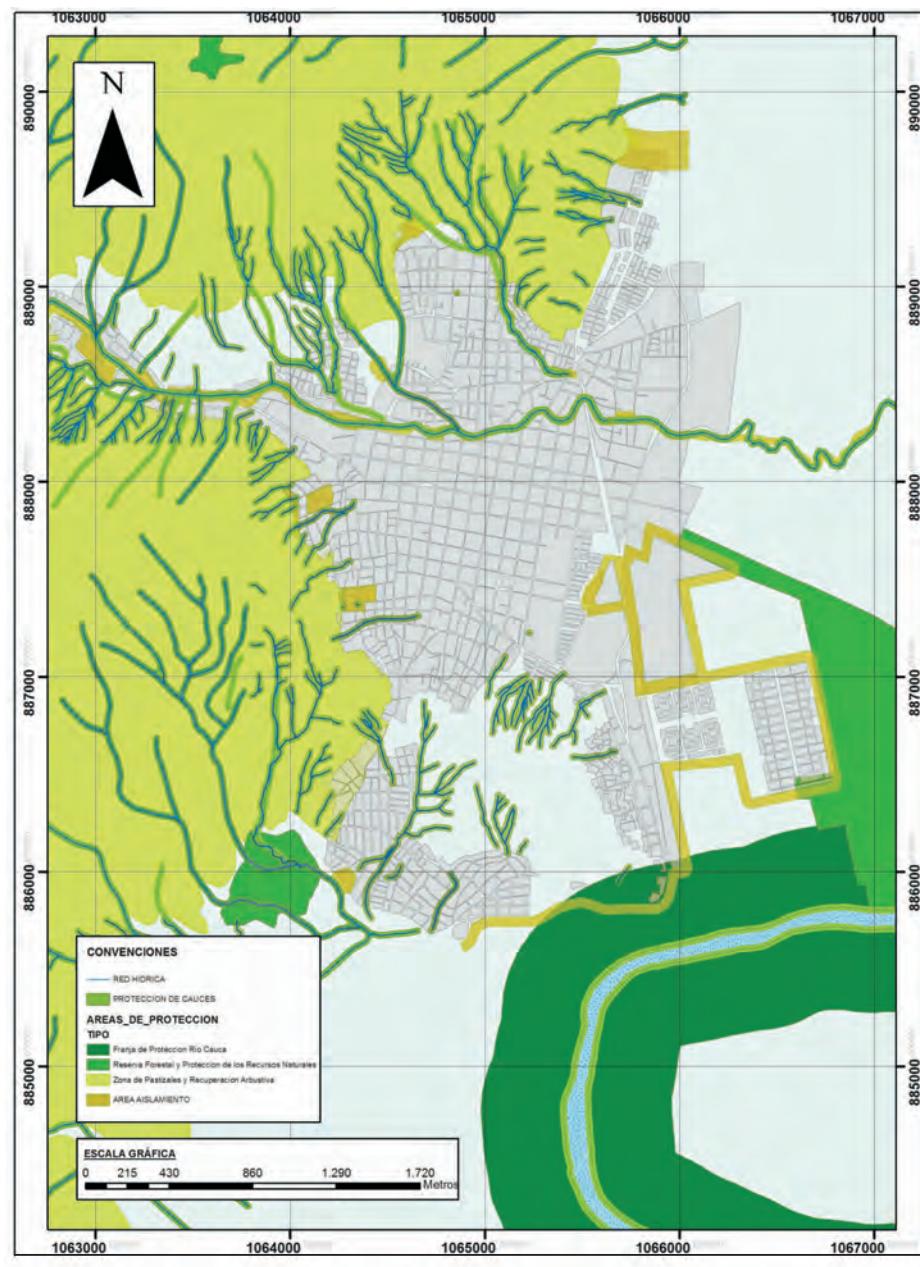
Respecto a la protección de taludes naturales, es de vital importancia detener el continuo proceso de invasión de ladera y así evitar el riesgo de la población allí asentada hasta este momento.

No se debe permitir bajo ningún concepto la expansión urbana hacia el occidente de la ciudad, lo cual generaría degradación ambiental y aumento de los factores de riesgo.

Se recomienda en el corto plazo, de acuerdo con los POMCH⁹⁶, reforestar la zona con especies nativas de la región. Así mismo, es importante la apropiación de los espacios de la ronda hidráulica del río Yumbo, por parte de la población. Estas zonas históricamente han sido abandonadas por el Estado, convirtiéndose en tierra de nadie. Por tanto, es prioritaria la consolidación de un proyecto urbano de espacio público que defina claramente la ronda hidráulica y la cota de inundación del río Yumbo.

Ninguna zona del río ubicada dentro de la zona de estudio es viable para actividades de recreación y, más exactamente, baño, debido a las cargas contaminantes del agua (DBO superior a 10 kg/día; DQO superior a 20 kg/día, pH superior a 9.0, y existencia de coliformes fecales superior a 200 NMP/ 100 ml). Como tarea fundamental es necesario el control a vertimientos de aguas grises, y plantear sistemas de drenaje paralelos al río que posteriormente lleve estas aguas a una planta de tratamiento.

⁹⁶ Universidad del Valle (2007). “Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca Hidrográfica –POMCH– del río Yumbo”, trabajo ejecutado en Convenio entre la CVC y la Universidad del Valle, y el cual está sólo a nivel de diagnóstico.



*Plano 4.6. Definición de rondas hidráulicas del río Yumbo
y sus diversos afluentes.*

PRINCIPIO 4: CORREDORES VERDES

El cuarto principio que construye los lineamientos de planeación urbano sostenible se centra en la posibilidad de consolidar una red de corredores verdes. Los sistemas naturales se estructuran en forma polinuclear (enclaves) en el seno de una matriz de paisaje predominante, y entre los nodos así definidos aparecen los denominados corredores ecológicos (Gordon, Forman, 1986). Los dos sistemas (urbano y natural) pueden superponerse y tender a la mutua destrucción o integrarse como un subsistema más amplio, esto dependerá de la dinámica artificializadora del sistema urbano.

Las zonas urbanas deben combinar su desarrollo con el mantenimiento de espacios abiertos y una red ecológica y de proyectos que busque la diversidad del grado urbano y la diversidad natural, dando pie a propuestas paisajísticas de muy diferente entidad y calidad ambiental (Fimmennans, 1999).

Los enlaces del sistema natural son los corredores ecológicos, que se definen respecto a su capacidad para relacionar el mosaico de hábitats presentes en el territorio. Si bien en su inicio el estudio del sistema natural hacia exclusión del medio urbano (Trak, 1938), los estudios sucesivos sobre el Nasa (Dovigneaud, 1974; Boyden, 1980; Ferradas, 1985) conducen al establecimiento de los corredores urbanos como eslabones de la construcción de un paisaje fragmentado de matriz difuminada (en el ámbito metropolitano) y de enclaves específicos dentro del paisaje genérico de matriz potente donde predomina el medio natural.

El sistema de corredores verdes ha sido tradicionalmente estudiado desde la economía locacional, la geografía humana y la urbanística. Se trata ahora de definir algunos criterios para identificar, preservar y/o construir los corredores ecológicos:

- Que correspondan a los diferentes canales de agua o reservorios hídricos en el territorio.
- Que exista una red matriz principal de corredores ecológicos en torno al cual se van ligando pequeños corredores cuyo objetivo principal sea conectar los corredores principales a los parques zonales y locales.
- Establecer claramente la función de cada uno de los corredores definiendo plenamente los usos que se van a desarrollar a lo largo de ellos, clarificando plenamente su capacidad de carga ambiental.
- Mantener y regular los ciclos de agua al interior del territorio buscando el balance entre precipitación, evaporación y condensación como aparece en la tabla 4.1.

Tabla 4.1. Urbanismo bioclimático, criterios medioambientales en la ordenación de asentamientos.

Humedad relativa ambiental	Invierno	Localización zonas verdes y espacios libres. Uso del suelo Aptitud para plantar vegetación Selección de acabados superficiales
	Verano	
Balance hídrico	Precipitación Evapotranspiración potencial	
Factores que favorecen humedad	Existencia vegetación	
	Existencia aguas superficiales	
	Existencia aguas subterráneas	
	Esorrentía superficial, impermeabilidad soporte	

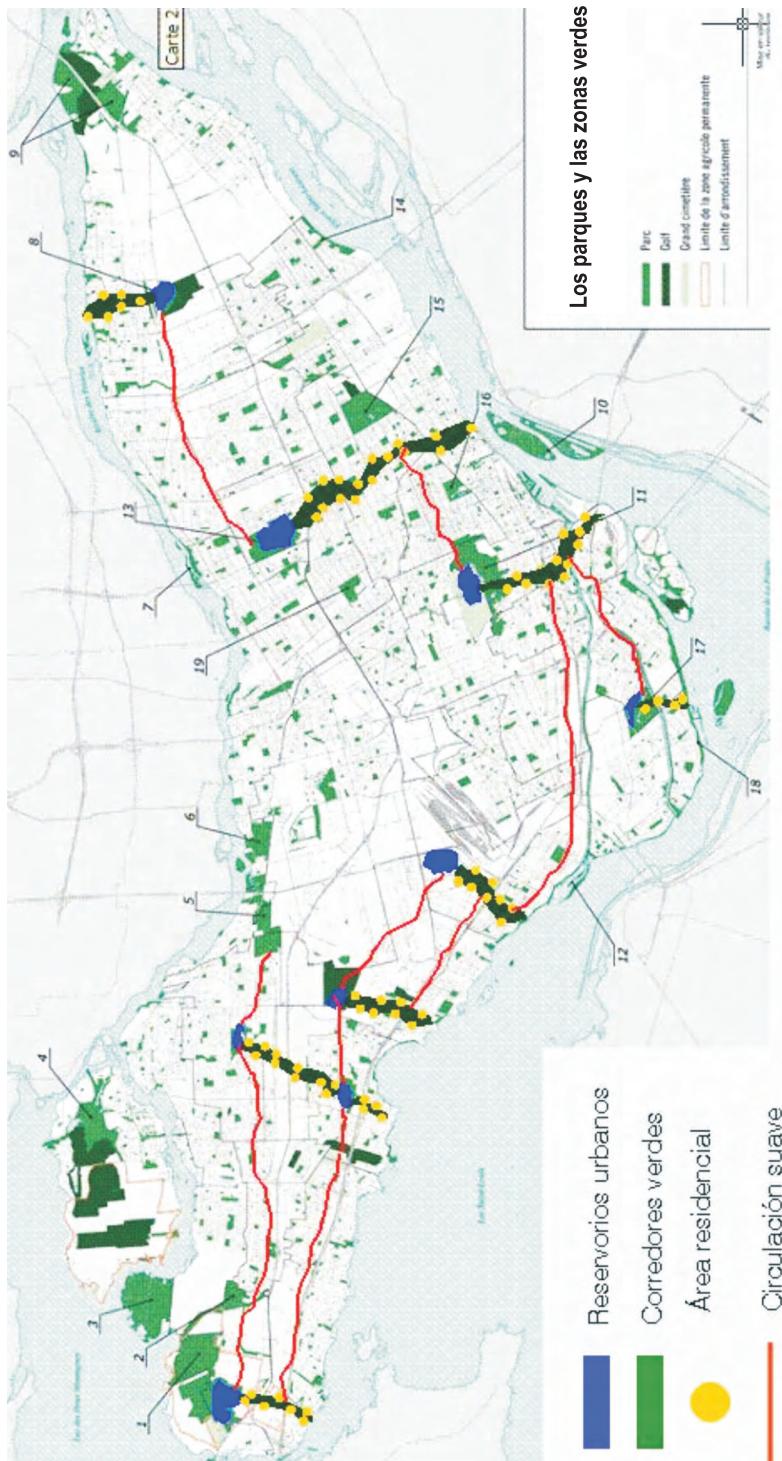
Tomado de: Esther Higueras. p. 28.

- Sobre el ciclo urbano hidrológico, considerar el equilibrio del ciclo hidrológico aportando humedad al ambiente, mediante la creación de áreas con microclima adecuado a las condiciones ambientales.
- Reutilizar siempre el agua procedente de las precipitaciones (lluvia, nieve, etc.) para usarla como riego de áreas urbanas, depósitos contra el fuego, y otros usos complementarios.
- Disminuir al máximo las pérdidas por infiltraciones y evaporación de las actuales conducciones de suministro de agua.
- Colocación de mejores tuberías y estanqueidad de las juntas.
- Control sobre el riego de cultivos, adoptando técnicas de goteo o conducciones que eviten el gasto innecesario de agua y los encharcamientos. El consumo agrario supone el 65,5% del total.

Principio de corredores verdes aplicado al río San Lorenzo

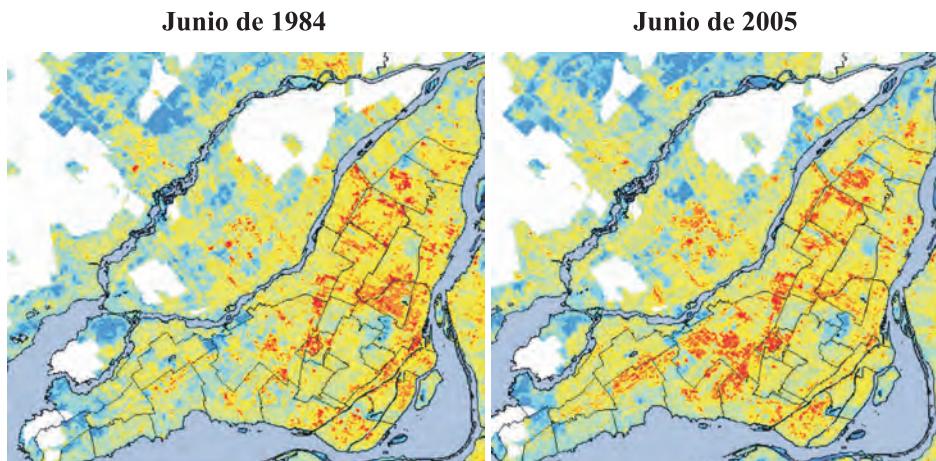
Desde este punto de vista, la consolidación de corredores ecológicos permite la unión entre el río Outaouais, el lago San Louis y el puerto de Montreal, como aparece en el plano 4.7. Estos corredores complementan las conexiones hídricas desarrolladas en el anterior principio.

Las conexiones a través de corredores ecológicos que se proyectan pretenden unir grandes canales con zonas verdes a través de la isla de Montreal, buscando grandes espacios que se conviertan en posibles zonas de almacenamiento de agua y simultáneamente se conviertan en elementos conectores entre las zonas verdes a través de corredores ambientales.



Plano 4.7. Propuesta de corredores verdes en torno a los canales de agua en la isla de Montreal

Los corredores ecológicos deben consolidar una malla verde de tal modo que minimice las islas de calor que se producen por el aumento de las temperaturas. La gráfica 4.3 muestra cómo la temperatura en verano ha aumentado en la ciudad de Montreal.



Gráfica 4.3. Aumento de calor en la isla de Montreal entre junio de 1984 y junio de 2005

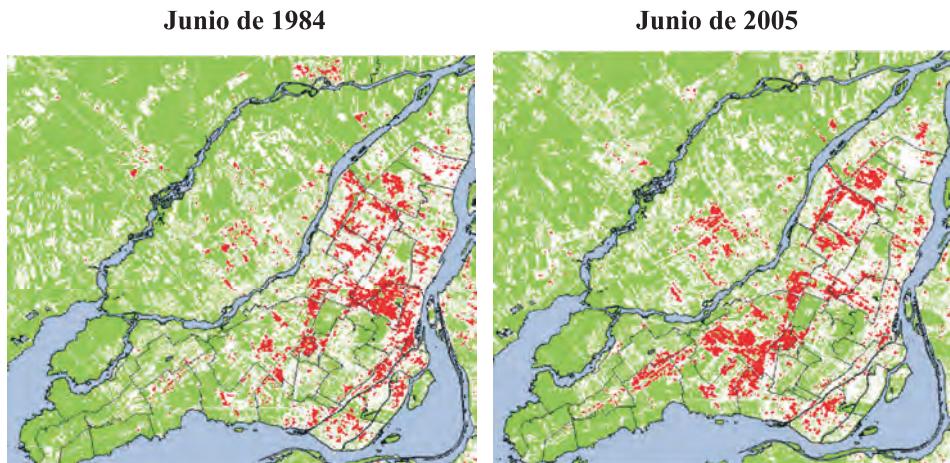
Leprince. J., Martin P., Baudouin Y. *Les îlots de chaleur dans la région de Montréal*,
ACFAS McGill, mayo 2006.

La preservación de las redes ecológicas del medio natural en la ciudad ya existentes, se ejecuta mediante una gestión de zonas cada vez más extensas del territorio no urbanizado⁹⁷

En este contexto, identificar y/o reconstruir sus redes ecológicas hace imperativa la sensibilización colectiva y la acción conjunta de unas fuerzas sociales y políticas que no pueden quedar aisladas en el paraíso artificial del consumo mientras que se deteriora la base física de la propia existencia. En la gráfica 4.4 observamos cómo ha aumentado la temperatura en los últimos 20 años en la ciudad de Montreal como consecuencia de la expansión de la mancha urbana, que no contempla redes ambientales y zonas verdes de gran tamaño.⁹⁸

⁹⁷ HIGUERAS, Esther (2006). *Urbanismo bioclimático, criterios medioambientales en la ordenación de asentamientos*. Barcelona, Editorial Gustavo Gili, p. 18.

⁹⁸ FUNDACIÓN POLITÉCNICA DE CATALUÑA. UPC (2000). *El corredor Sant Llorenç de Munt-Collserola*. Barcelona, pp. 29, 31, 33, 35.



**Gráfica 4.4. Índice de vegetación e islas de calor
(90ème percentile supérieur)**

Leprince J., Martin P., Baudouin Y. *Les îlots de chaleur dans la région de Montréal*,
ACFAS McGill, mayo 2006

Involucrar las áreas residenciales en la planeación y diseño de corredores verdes potencializa estos corredores y los convierte en elementos de recolección de aguas lluvias, mientras aumentan su apropiación social por parte de los habitantes. Adicional a esto es importante que las redes de corredores ecológicos se conecten a través del sistema de movilidad y parques zonales permitiendo que la población se pueda mover fácilmente entre uno y otro, como se observa en el plano 4.7.

Estos corredores ecológicos generan con sus sistemas de movilidad nuevas formas de articular las diferentes partes de la ciudad, así mismo, espacios de sostenibilidad urbana en la isla de Montreal y se convierten en áreas de regulación contra inundaciones y desecaciones producidas por el río San Lorenzo

Principio de corredores verdes aplicado al río Yumbo

Como se pudo observar en el capítulo 3, las cualidades de los corredores verdes del río Yumbo son muy precarios, principalmente por los siguientes aspectos:

- Falta de continuidad del corredor hidráulico del río Yumbo, principalmente ocasionado por la invasión de construcciones a lo largo de las franjas verdes del río.
- No existe un proyecto urbano que defina claramente la ronda del río y permita la interacción de la población con el mismo.

- No existe una red de espacios públicos interconectados que ayuden a la consolidación de redes ambientales en la ciudad, conectadas con el sistema principal como es el río Yumbo.
- El río se ha convertido en una zona abandonada la cual se caracteriza por sus malos olores, presencia de residuos sólidos a lo largo de toda la franja, y su alto nivel de contaminación de las aguas.

Por otro lado, la vegetación arbórea adulta comienza a escasear, notándose algunas manchas de pastos; el río tiene color gris, con piedras y playas pequeñas, lo cual muestra el material arrastrado aguas abajo, desde el área media de la cuenca, debido especialmente a los procesos de crecientes del río en épocas invernales.

La zona forestal protectora del río, en el norte, tiene un ancho de 10 metros aproximadamente, y, en el sur, 10 metros de ancho y una vía peatonal. Aguas río abajo, se localiza en la zona sur un centro recreacional y en el norte un área dentro de la zona de protección del río, ocupada con edificaciones en materiales reciclados junto a la cual se ha desarrollado una cría de cerdos. Esta zona presenta un camino al borde del río en la mayoría del recorrido, en el sur se localiza un área formada por el meandro del río, la cual se encuentra con edificaciones temporales.

Ante la mala planeación urbana que ha tenido la ciudad de Yumbo, se hace necesario establecer directrices de planeamiento urbano sostenible que permita la consolidación de una red de corredores verdes donde el elemento estructurante sea el río Yumbo y su sistema hídrico.

Dicho sistema de corredores verdes en torno al río Yumbo se sustenta en las siguientes directrices, que se observan en el plano 4.8:

- El río es el eje ambiental de la zona urbana, con la potencialidad de generar la estructura verde del municipio, puesto que atraviesa el casco urbano de oeste a este. Por su misma condición natural es fuente de abastecimiento de agua y oxígeno, fuente de recursos re-creativos, propicia la creación de espacios con calidad escénica, ambiental y paisajística.
- Las márgenes del río, o la zona de protección forestal, aunque presenta el deterioro progresivo, están generalmente arborizadas, lo que le da frescura, y opción de ser recinto de fauna, además de ser perceptualmente, para los habitantes, un lugar agradable para “estar”.
- Existe en su margen sur, un tramo de sendero peatonal tan sólo en tres cuadras, antes de los bomberos y otras dos antes de la galería, pero no tiene continuidad, ni remate alguno. El ideal de estos senderos es darle continuidad a lo largo de todo el recorrido, generando áreas de recreación pasiva que ayude a la consolidación de espacio público de calidad.



Plano 4.8. Sistema de corredores verdes y espacio público a lo largo del río Yumbo y la ciudad de Yumbo.

- Adicional a la consolidación de la ronda hidráulica, es necesario crear una red de espacios públicos conectados a través de alamedas en la ciudad y dependiente de la franja protectora del río Yumbo.

Como se observa en el plano 4.8, ésta sería la imagen deseable de la ciudad de Yumbo, donde se generen zonas verdes y espacio público barrial, zonal y urbano, se consolide un sistema de espacios verdes protegidos, se fortalezca la red hidráulica ambiental. Todas estas pequeñas acciones garantizarían la restauración ambiental del río Yumbo, le reduciría velocidad a las aguas del río y ayudarían a disminuir las amenazas por inundación que presenta periódicamente.

Es importante en el proyecto del río Yumbo involucrar a la población en la concepción y puesta en marcha de este proyecto; en la ciudad escasean

las zonas verdes, por eso la misma gente quiere participar de proyectos que le ayuden a mejorar su calidad de vida.

PRINCIPIO 5: INCORPORAR LA ADAPTACIÓN A LOS PROYECTOS ESPECÍFICOS DE DESARROLLO⁹⁹

Así como los principales proyectos de desarrollo se analizan por su impacto ambiental por medio de la “evaluación del impacto ambiental”, es importante que se haga una revisión similar de las consecuencias del proyecto ante el cambio climático y, así mismo, establecer la disminución real de amenaza que presentaría ante la ocurrencia de un desastre natural. Como se estableció antes, los proyectos que se plantean para los dos sistemas hidráulicos se rigen por los principios 1 y 2, y el objetivo final de este numeral es el siguiente:

1. Verificar el nivel de adaptación al cambio climático de los nuevos proyectos garantizando que no aumenten las amenazas ante desastres naturales o antrópicos, tales como inundaciones, deslizamientos, erosión del suelo, desertificación o enfermedad, entre otros.
2. Proteger la inversión contra daños y destrucción en un futuro desastre, por cambios repentinos en las condiciones climáticas, como consecuencia del calentamiento global.

Para consolidar los proyectos estratégicos en los corredores ecológicos en la isla de Montreal, Canadá, y el río Yumbo, en la ciudad de Yumbo, Colombia, se trabaja en un macroproyecto inicial que contiene varios subproyectos, en los cuales se hace frente a varios aspectos aplicables a la sustentabilidad urbana: reducción del consumo de recursos naturales (agua, energía y combustibles fósiles); *creación y articulación de las zonas urbanas a sistemas de transporte no contaminantes* (bicicleta, autobús); *conservación de los espacios naturales* (bosques, ríos y espacios públicos), y *consolidación del desarrollo sostenible como objetivo del nuevo desarrollo urbanístico*. Todo esto, dentro de parámetros de participación social a través de asambleas ciudadanas, y mediante el compromiso de crear indicadores específicos para aspectos ambientales.

El grupo de proyectos estratégicos en los corredores ecológicos, lo constituye un conjunto coherente y ordenado de propuestas para avanzar en la consecución de la sustentabilidad urbana, estableciendo una serie de sectores y temas críticos sobre los que se debe actuar. Estos sectores y temas críticos son: conexión de las zonas urbanas a sistema de transporte no contaminantes, protección de la naturaleza, energía, gestión del agua,

⁹⁹ SOCIEDAD ALEMANA DE COOPERACIÓN TÉCNICA (GTZ) (2002). *Gestión del riesgo.*

gestión de residuos, calidad de vida urbana, promoción medioambiental. La respuesta a estos temas se concreta en las siguientes acciones:

Transporte: articulación y accesibilidad de las zonas urbanas al sistema masivo de transporte, metro, buses articulados, trenes de cercanías y consolidación del sistema de ciclorutas.

Reducción de emisiones contaminantes: a través de transporte público y transportes alternativos. Estudios de racionalización del tráfico urbano.

Protección de la naturaleza: reforestación y protección de espacios naturales forestales, consolidación y ampliación de espacios naturales urbanos, regeneración de cauces naturales de agua y consolidación de corredores ecológicos.

Gestión del agua: transformación de zonas verdes urbanas para minimizar el consumo de agua y, mediante esta acción, recargar acuíferos, control a la inundación y desecación de producidos en los ríos

Gestión de residuos: participación en el plan de gestión de residuos del gobierno municipal

Calidad de vida urbana: nuevo plan urbanístico que considera como objetivo básico la sustentabilidad. Nuevas zonas residenciales dirigidas a los sectores sociales menos solventes.

Principio de incorporar la adaptación a los proyectos específicos de desarrollo aplicados al río San Lorenzo

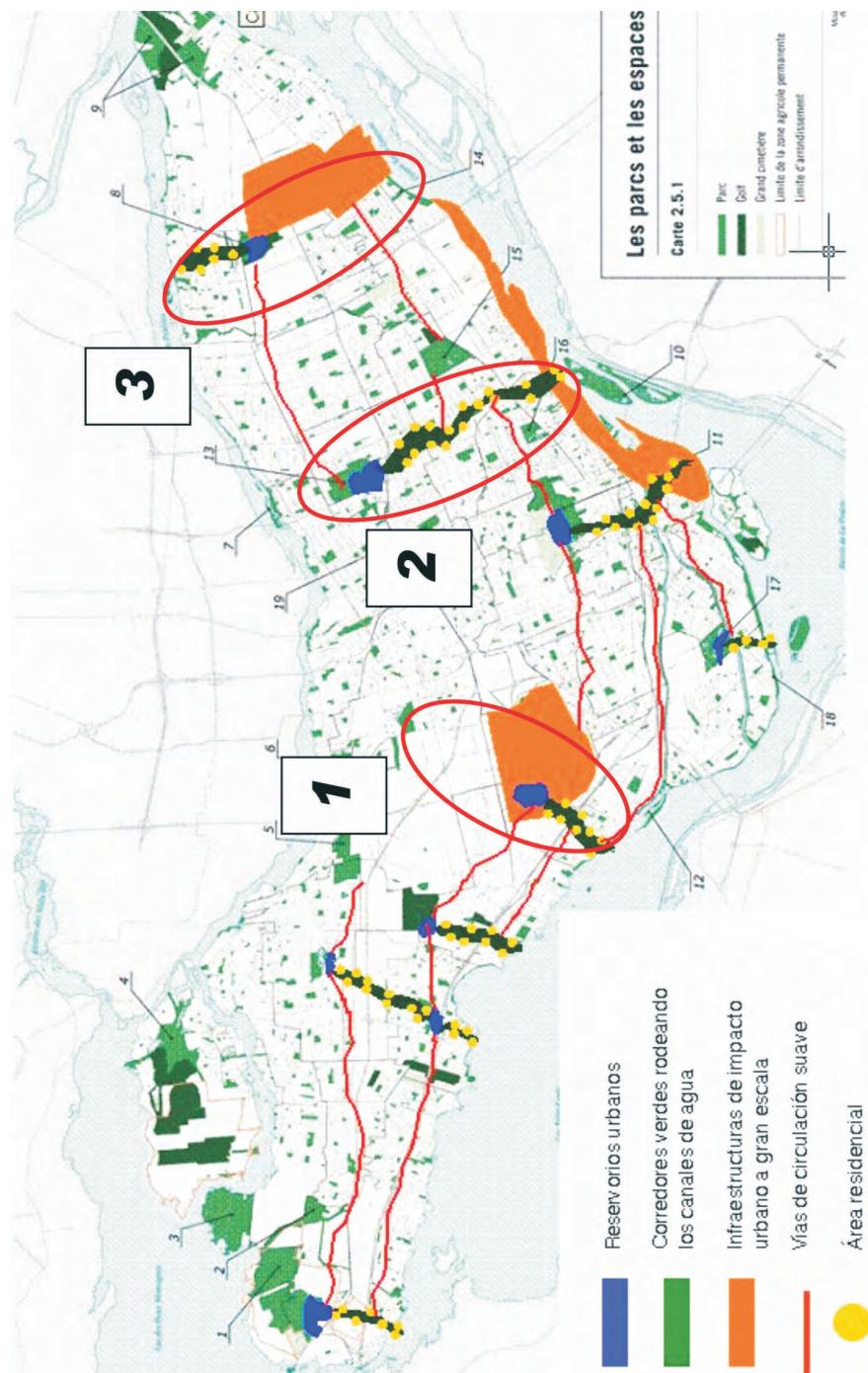
Estas acciones serán implantadas en el macroproyecto estratégico propuesto en los corredores ecológicos en la isla de Montreal, Canadá. Se desarrollará cada uno de los proyectos definiendo sus objetivos, una breve descripción del proyecto, los resultados esperados y, por último, qué aportes hace desde la sustentabilidad urbana.

Proyectos estratégicos que consolidan los corredores ecológicos a través de la isla de Montreal

La iniciativa será liderada y coordinada por la municipalidad de la ciudad de Montreal. El equipo de gobierno local, junto con los técnicos, impulsaría y negociaría políticamente las acciones, logrando el apoyo financiero y técnico, tanto del Ministerio del Medio Ambiente de Québec, como del gobierno de Canadá.

Por otra parte, en todas las actuaciones que se lleven a cabo se deberá incorporar a los diferentes grupos sociales involucrados, y en esta línea, los diferentes gobiernos locales y comunidades multiculturales promoverán a la organización del movimiento ciudadano, apoyando la participación de las asociaciones de vecinos de cada barrio y de los clubes deportivos.

Las posibles actuaciones que se llevarán a cabo se aprecian en el plano 4.9, y son las siguientes:



Plano 4.9. Macroproyecto de consolidación de corredores ecológicos a lo largo de la isla de Montreal

1. Elaboración de un plan de ordenamiento y gestión ambiental a lo largo de los tres grandes proyectos de corredores ecológicos en la isla de Montreal. Estas tres áreas son consideradas zonas con gran valor ecológico, convirtiéndose en parques naturales urbanos. En el macroproyecto se ha realizado una zonificación de las aproximadamente 1000 hectáreas de los tres parques, definiéndose cuatro tipos de áreas:
 - Áreas de uso público: espacios equipados para uso público intenso (parqueaderos, baños, bar, centro de información, etc.); un área natural adecuada para paseos peatonales y en bicicleta, y diversas zonas dotadas para practicar deportes (pesca, fútbol, tiro con arco, etc.).
 - Áreas de interpretación ambiental: área adecuada para uso pedagógico y de interpretación del medio.
 - Áreas de interés natural: espacios equipados para la observación naturalista y con acceso de público regulado.
 - Áreas de reserva natural: zona de alto interés biológico con uso público muy limitado.
2. Canalización natural del río en su tramo urbano asegurando la permanencia de una lámina estable de agua y reordenando los espacios colindantes, convirtiendo esta zona en un gran parque urbano lineal. Para evitar inundaciones se construirá un muro de contención a unos 150 metros del canal de aguas bajas, creándose un amplio espacio verde inundable durante pocos días al año. El césped que plantaría sería especialmente resistente a las inundaciones y apto para el uso lúdico de los ciudadanos el resto de los meses, ya que se equiparía con el mobiliario urbano necesario creando diversos paseos laterales.

Para reducir el nivel de contaminación de las aguas de los ríos y corredores ecológicos se construirán estaciones depuradoras de aguas residuales, aun así el escaso caudal de éste durante los meses de verano dificulte la recuperación de la calidad de sus aguas, por lo que se estudiará la posibilidad de solicitar un plan hidrológico que solucione este problema.

Traslado de los poblados o edificaciones localizados en zonas con riesgo de inundación, o áreas que estén en la zona de afectación de los corredores ecológicos propuestos. A estos colectivos se les proporciona vivienda en otros lugares dotándoles de infraestructuras básicas necesarias, y de servicios públicos domiciliarios.

I. Objetivos iniciales:

- Disminuir el riesgo de inundaciones por desbordamiento del río San Lorenzo mediante la canalización natural de su tramo urbano.

- Mejorar la calidad del agua de los corredores ecológicos controlando los vertidos contaminantes.
- Potenciar el uso lúdico-educativo de los corredores ecológicos a través de la reordenación de los usos de los espacios colindantes y la programación de actividades relacionadas con la educación medioambiental.
- Mejorar las relaciones de los ciudadanos con los corredores ecológicos promoviendo su conservación y eliminando las actividades de carácter marginal que se vienen realizando en sus márgenes.
- Integrar los corredores ecológicos a la ciudad, eliminando el efecto barrera que impide la comunicación fluida entre ambas márgenes.

II. Descripción de proyectos:

- Traslado de los poblados o edificaciones localizados en zonas con riesgo de inundación, o áreas que estén en la zona de afectación de los corredores ecológicos propuestos.
- Construcción de estaciones depuradoras de aguas residuales y exclusas que ayuden al control y descontaminación cuando aumenten los caudales en el río.
- Canalización natural del río y reordenación de los espacios colindantes convirtiendo a esta zona en un parque fluvial con diversos usos, proyectando estos corredores ecológicos en “parques lineales”.
- Elaboración de un plan de ordenamiento y gestión de la zona de las tres rondas hidráulicas de los corredores ecológicos que cruzan la isla de Montreal.
- Creación de centros de educación medioambiental y realización de diversos programas educativos en colaboración con las universidades de la ciudad de Montreal.

III. Resultados esperados:

Con esta iniciativa se logrará cumplir el objetivo principal de mejorar la relación río-ciudad a través de una actuación integral que transformará las características sociales, medioambientales y económicas de la ciudad:

- La calidad del agua mejorará y la vegetación de la ribera será restaurada.
- Se espera un elevado grado de participación de la población en los proyectos de educación medioambiental que se desarrollan en los tres parques lineales. Cincuenta mil estudiantes de la educación primaria participarán anualmente en el programa de educación medioambiental, y 20.000 adultos se beneficiarán de las visitas guiadas. Se logrará así una elevada concientización colectiva de la necesidad de preservar la reserva natural.

- El riesgo de inundación de la ciudad por desbordamiento del caudal del río des Prairies será mínimo, ya que los tres corredores ecológicos se convertirán en reguladores naturales del nivel de agua, permitiendo en época de lluvias retener el agua mediante canales lagunas. Así mismo, en época de verano, trasladar aguas al lago San Louis, para evitar que, por efecto de la desecación, se vuelva el río no apto para la navegación comercial y deportiva.
- El efecto barrera de los corredores ecológicos será suprimido, colaborando en la dinamización de la zona central de la ciudad y especialmente en la reactivación de la actividad comercial que se desarrolla en él. Los ciudadanos encontrarán mayores facilidades a la hora de desplazarse a pie de un barrio a otro, disminuyendo el uso del automóvil.
- Los parques lineales en torno a los corredores ecológicos serán ampliamente conocidos y utilizados por los ciudadanos; los habitantes no necesitan desplazarse a lugares lejanos para practicar deporte o para disfrutar de la naturaleza.

IV. Instrumentos de planeación y gestión para la sustentabilidad:

- La colaboración entre distintos actores de la cuenca del río (administración y ciudadanos) hará posible un proyecto integrado del entorno fluvial que favorecerá la sinergia y, por tanto, será más efectivo que la suma de actuaciones. La participación de los diferentes sectores favorece la sustentabilidad social y ambiental de la actuación. Luego, será necesario implantar un nuevo sistema de control y alarma hidrológica y medioambiental, con detección en tiempo real de crecidas, condiciones meteorológicas y niveles de contaminación eficiente de alta tecnología y mantenimiento asequible.
- Los accesos al parque lineal, rampas y mobiliario urbano, son durables, resistentes y aptos para discapacitados.
- El instrumento de planeación idóneo para esta actuación es el plan maestro para parques, el cual busca recuperar y poner al servicio de la comunidad grandes zonas ambientalmente degradadas y, de esta forma, suplir el déficit de zonas verdes y espacio público que presenta la ciudad.
- La sustentabilidad de esta actuación se apoyará fundamentalmente en un proceso lento, pero necesario, de concientización de la población en el cuidado del espacio que habita. En este sentido, desde un principio se considerará la educación medioambiental como el instrumento de gestión básico para garantizar el mantenimiento de las mejoras logradas.

- El proyecto será posible gracias a la contribución económica de fuentes públicas externas, ya que se realizarán grandes obras urbanísticas, las cuales serán garantizadas a través del mecanismo de reparto de cargas y beneficios. Estas cargas que corresponden a los tres corredores ecológicos en la isla de Montreal, serán asumidas por otras generales de los sistemas de preservación, donde los grandes urbanizadores, a cambio de mayores índices de ocupación y construcción, trasladarán las cargas de los proyectos urbanos cercanos a los corredores ecológicos.
- Se mejorará la salubridad y se adquiere tres parques urbanos de escala metropolitana, con una zona verde que requiere costos de mantenimiento mínimos por la adecuada selección de las especies vegetales y la utilización de las aguas del propio acuífero para el riego.

Principio de incorporar la adaptación a los proyectos específicos de desarrollo aplicados al río Yumbo

El proyecto estratégico o macroproyecto a ser desarrollado en la ciudad de Yumbo, se define a lo largo del recorrido del río por la zona urbana. El objetivo principal de esta intervención se centra en los siguientes objetivos proyectuales:

I. Objetivos iniciales:

- La consolidación de un corredor verde que articule toda la ciudad con una malla verde conformada por andenes, alamedas y parques.
- Permitir a la población circular peatonalmente a través del diseño de una red de andenes, con un proyecto paisajístico a lo largo del mismo, que garantice el confort climático del usuario.
- El río debe permitir la conexión entre el norte y el sur de la ciudad, por lo tanto, debe generar pasos a nivel para circulación de sistemas de transporte, ciclorutas y peatones.
- El río debe convertirse en un pulmón verde para la ciudad, ayudando a minimizar la contaminación atmosférica como resultado del uso intensivo industrial de la zona.
- El río debe velar por la protección a la naturaleza, consolidando corredores verdes mediante la restauración ecológica de las franjas hidráulicas del río Yumbo.
- El río debe descontaminarse, generando redes alternas de aguas grises, que eviten la disposición de aguas residuales sin ningún tratamiento, así mismo, generar los proyectos necesarios para el control de caudales y aumento de la velocidad del río.

- Convertir al río Yumbo en un emblema ambiental y turístico para la ciudad, haciendo planes de gestión ambiental y de residuos sólidos urbanos.
- Debe generarse, paralela al proyecto del río, una estructura urbana que ayude a la consolidación espacial de un modelo sostenible de planificación urbana que ayude a la adaptación al cambio climático.

Para la consolidación de estos objetivos proyectuales se define una estructura urbana, la cual se puede definir como aquella relación urbanística (tanto desde el punto de vista espacial, como económico y social) existente en el interior del espacio urbano entre las distintas partes que componen la ciudad, compuesta, en el caso de ciudades antiguas, de sucesivas zonas habitualmente agregadas concéntricamente a partir del emplazamiento del núcleo inicial donde se fundó la ciudad.

El fin último de definir una estructura urbana coherente a lo largo de la cuenca hidráulica del río Yumbo, se centra en establecer los proyectos prioritarios y estructurantes que, en el mediano y largo plazo, se constituyen en elementos esenciales para materializar la idea de ciudad que se realiza desde la visión prospectiva del territorio.

Los proyectos definidos para la cuenca hidráulica urbana del río Yumbo, se concentran, en primer lugar, en la adaptación al cambio climático, para la prevención contra desastres naturales, y en el mejoramiento de la calidad de vida de la población. Así mismo, se espera consolidar sistemas viales y de espacio público que permitan mejorar el nivel de tránsito peatonal, brindando mayor seguridad a la población. A continuación veremos los proyectos estratégicos definidos para la cuenca hidráulica urbana del río Yumbo, como aparece en el plano 4.10.

II. Descripción de proyectos:

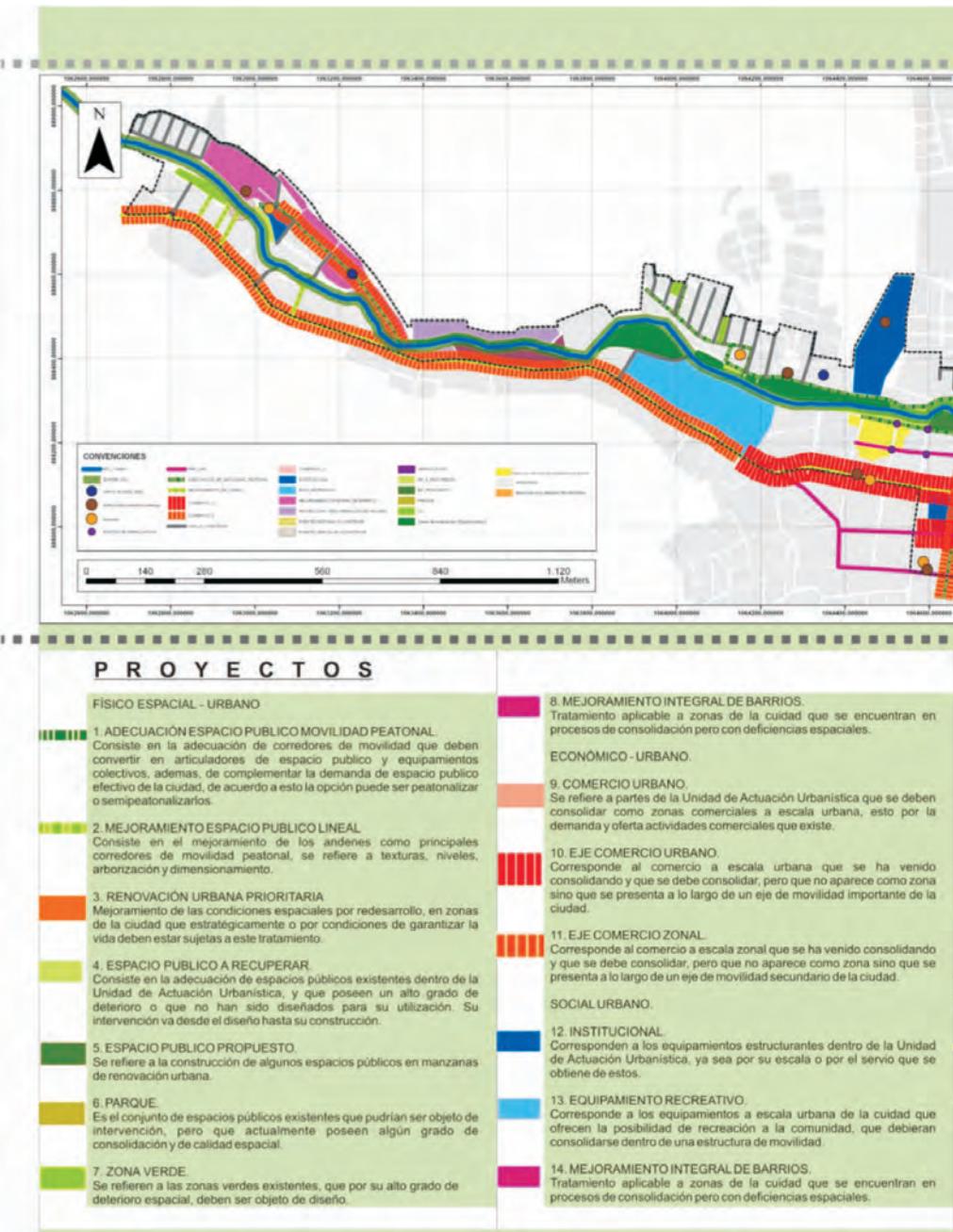
Físico espacial-urbano

1. Adecuación del espacio público, movilidad peatonal.

Consiste en la adecuación de corredores de movilidad que deben convertirse en articuladores de espacio público y equipamientos colectivos, además, de complementar la demanda de espacio público efectivo de la ciudad; de acuerdo con esto, la opción puede ser peatonalizar o semipeatonalizarlos.

2. Mejoramiento del espacio público lineal

Consiste en el mejoramiento de los andenes como principales corredores de movilidad peatonal; se refiere a texturas, niveles, arborización y dimensionamiento.





Plano 4.10. Proyectos estratégicos definidos para la cuenca hidráulica urbana del río Yumbo.
Elaborado por: Arq. Gustavo Bonilla, Arq. Edwin Segura y Arq. Oswaldo López., 2008

3. Renovación urbana prioritaria

Mejoramiento de las condiciones espaciales por redesarrollo, en zonas de la ciudad que estratégicamente, o por condiciones de garantizar la vida, deben estar sujetas a este tratamiento.

4. Espacio público a recuperar.

Consiste en la adecuación de espacios públicos existentes dentro de la unidad de actuación urbanística, y que poseen un alto grado de deterioro o que no han sido diseñados para su utilización. Su intervención va desde el diseño hasta su construcción.

5. Espacio público propuesto.

Se refiere a la construcción de algunos espacios públicos en manzanas de renovación urbana.

6. Parque.

Es el conjunto de espacios públicos existentes que podrían ser objeto de intervención, pero que actualmente poseen algún grado de consolidación y de calidad espacial.

7. Zona verde.

Se refieren a las zonas verdes existentes, que por su alto grado de deterioro espacial, deben ser objeto de diseño.

8. Mejoramiento integral de barrios.

Tratamiento aplicable a zonas de la ciudad que se encuentran en procesos de consolidación pero con deficiencias espaciales.

Económico-urbano

9. Comercio urbano.

Se refiere a partes de la unidad de actuación urbanística que se deben consolidar como zonas comerciales a escala urbana, esto por la demanda y oferta de actividades comerciales existentes.

10. Eje comercio urbano.

Corresponde al comercio a escala urbana que se ha venido consolidando y que se debe consolidar, pero que no aparece como zona sino que se presenta a lo largo de un eje de movilidad importante de la ciudad.

11. Eje comercio zonal.

Corresponde al comercio a escala zonal que se ha venido consolidando y que se debe consolidar, pero que no aparece como zona sino que se presenta a lo largo de un eje de movilidad secundario de la ciudad.

Social-urbano

12. *Institucional.*

Corresponden a los equipamientos estructurantes dentro de la unidad de actuación urbanística, ya sea por su escala o por el servicio que se obtiene de estos.

13. *Equipamiento recreativo.*

Corresponde a los equipamientos a escala urbana de la ciudad que ofrecen la posibilidad de recreación a la comunidad, que debieran consolidarse dentro de una estructura de movilidad.

14. *Mejoramiento integral de barrios.*

Tratamiento aplicable a zonas de la ciudad que se encuentran en procesos de consolidación pero con deficiencias espaciales.

15. *Centros de salud.*

Corresponde a la ubicación de los diferentes centros de salud que se encuentran en la unidad de actuación urbanística.

16. *Instituciones educativas urbanas.*

Corresponde a la ubicación de los diferentes centros educativos a escala urbana que se encuentran en la unidad de actuación urbanística.

17. *Escuelas.*

Corresponde a la ubicación de las diferentes escuelas que se encuentran en la unidad de actuación urbanística.

Movilidad

18. *Puente peatonal a construir.*

Para mejorar la movilidad en lo que se refiere a la continuidad sobre el río y reducir la división natural que supone este elemento estructurante de la ciudad, se propone una serie de puentes peatonales, que permitan la comunicación peatonal de un lado al otro del río.

19. *Puente vehicular a construir.*

Se propone la construcción de algunos puentes vehiculares, con el fin de mejorar la movilidad y continuidad sobre el río.

20. *Par vial.*

Lo constituyen algunas vías estructurantes del sistema vial de la ciudad que se deben consolidar como ejes de movilidad vehicular, construyéndolas adecuadamente para tal fin.

21. *Vías a construir.*

Son vías de la ciudad, la mayoría de ellas de escala local que deben ser construidas, en cuanto a calzada vehicular, zona verde y andén.

22. Programa de señalización.

Corresponde a la necesidad de implementar programas de señalización, en los cruces de flujos vehiculares y peatonales importantes del sistema vial municipal, que contengan semaforización y señales de tránsito.

Servicios públicos

23. Estudio de cobertura y extensión de redes de servicios públicos.

Consiste en la posibilidad de suplir y mejorar la prestación de servicios públicos (acueducto, energía, alcantarillado y gas) en las zonas de la ciudad que poseen deficiencia en las prestaciones de los mismos.

Ambiental y amenaza

24. Zonas de reubicación (espacio público).

Corresponden a las áreas del municipio que, por estar ubicadas en zonas de amenaza alta por inundación, o en áreas de protección de ronda hidráulica, deben ser reubicadas y utilizadas como espacio de recreación pasiva.

25. Predios con alto nivel de consolidación a reubicar.

Corresponde a algunos predios que se encuentran en áreas de amenaza alta por inundación, pero que poseen un alto grado de consolidación en lo que refiere a tipologías y calidad de la edificación.

26. Protección y recuperación de taludes.

Corresponde a una porción de predios que se deben reubicar, para lograr consolidar espacios de recreación pasiva y reducir el riesgo por remoción en masa.

27. Área de protección de ronda hidráulica.

Se refiere a los 15 metros a cada lado del cauce del río, que se deben conservan como área de protección.

III. Resultados esperados:

- Con esta iniciativa se logrará cumplir el objetivo principal de mejorar la relación río-ciudad a través de una actuación integral que transformará las características sociales, medioambientales y económicas de la ciudad.
- El efecto barrera en el cual se ha convertido el río Yumbo, será suprimido, colaborando en la dinamización de la zona central de la ciudad

y especialmente en la reactivación de la actividad comercial que se desarrolla en él.

- El parque lineal del río Yumbo, en torno a la ronda hidráulica, será ampliamente conocido y utilizado por los ciudadanos, los habitantes no necesitan desplazarse a lugares lejanos para practicar deporte o para disfrutar de la naturaleza.
- La calidad del agua mejorará y la vegetación de ribera será restaurada, recuperando en gran medida las condiciones hidrológicas y ecológicas del río Yumbo; retornarán nuevamente especies de fauna y flora, casi inexistentes en este momento.
- La amenaza de inundación del río Yumbo, se minimizan a través de generación de alternativas de restauración ecológica, donde se harán las obras de control hidráulico con principios de planeamiento urbano sostenible. Este corredor ecológico se convertirá en regulador natural del nivel de agua, permitiendo en época de lluvias retener el agua mediante canales y lagunas.
- Los niños y niñas de los colegios de la ciudad de Yumbo, asistirán en forma masiva a los diferentes eventos recreativos y de educación en torno al río y aprenderán la forma de conservarlo en el tiempo.

IV. Instrumentos de planeación y gestión para la sustentabilidad:

- El instrumento de planeación idóneo para esta actuación es la unidad de actuación urbanística, mediante un plan maestro para parques; este proyecto debe ser el resultado de un adecuado procedimiento de reparto de cargas y beneficios urbanísticos, provenientes de los grandes desarrollos urbanos planeados en un futuro en Yumbo.
- El proyecto será posible gracias a la importante contribución económica de todas las empresas industriales que se encuentran localizadas en las zonas industriales del municipio de Yumbo, el cual podrá emitir bonos verdes canjeables en la construcción y adecuación del proyecto “Río Yumbo”.
- La sustentabilidad de esta actuación se apoyará fundamentalmente en un proceso lento, pero necesario, de concientización de la población en el cuidado del espacio que habita. En este sentido, desde un principio se considerará la educación medioambiental como el instrumento de gestión básico para garantizar el mantenimiento de las mejoras logradas.
- La participación de los diferentes sectores (gobierno, industria, comerciantes y la población en general) favorece la sustentabilidad social y ambiental de la actuación. Será necesario implantar un nuevo sistema de control y alarma hidrológica y medioambiental, con de-

tección en tiempo real de crecidas, condiciones meteorológicas y niveles de contaminación eficiente de alta tecnología y mantenimiento asequible.

- En el marco de las actuaciones sociales se llevará a cabo la eliminación de viviendas que ocupen corredores ecológicos o reservorios trasladando a la población en las proximidades, evitando la vulnerabilidad de la misma ante la ocurrencia de fenómenos naturales como consecuencia del cambio climático.
- Este proceso será liderado por la Alcaldía Municipal de Yumbo, en colaboración de la Gobernación del Valle y con el soporte técnico ambiental de la Corporación Autónoma del Valle del Cauca (CVC).

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES

CONCLUSIÓN A LA PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

La preservación y restauración ambiental de la cuenca hidrográfica del río San Lorenzo, son un punto de partida para la adaptación al cambio climático, sin embargo, si las medidas no son acompañadas de los otros lineamientos de planeamiento urbano sostenible y de mitigación del calentamiento global para completar el ciclo de gestión del riesgo, difícilmente se logrará que dichas actuaciones generen sostenibilidad en la cuenca del río San Lorenzo y, menos, en la ciudad de Montreal.

En la ciudad de Yumbo el panorama es más sombrío desde el punto de vista de búsquedas de la sostenibilidad urbana, debido a que existen problemas estructurales de pobreza, que aunque se logren consolidar los proyectos propuestos en la investigación, hasta tanto no se mejoren las condiciones sociales y económicas, no habría un verdadero desarrollo sostenible urbano.

CONCLUSIONES DEL OBJETIVO GENERAL

Los lineamientos de planeamiento urbano sostenible, propuestos en esta investigación, apuntan principalmente a completar una serie de medidas estructurales que se hacen para la mitigación de desastres socio-naturales desde el siglo XIX, a lo largo de la cuenca hídrica del río San Lorenzo. Es importante resaltar que sin los lineamientos de planeamiento desarrollados en esta investigación, difícilmente se logrará comenzar la construcción hacia escenarios de sostenibilidad para la cuenca y la ciudad de Montreal.

Después de conocer el funcionamiento hídrico de la cuenca del río San Lorenzo y ver la magnitud de las obras que se han hecho durante más

de 100 años, se concluye que dichas obras se han quedado cortas ante el impacto del cambio climático mundial. Así mismo, plantea nuevas reflexiones sobre cómo controlar los niveles del agua en el San Lorenzo, desde otros puntos de vista, principalmente el de volver a lo natural como respuesta a la sostenibilidad.

Es importante reconocer que cualquier intervención urbana debe responder prioritariamente a la adaptación al cambio climático para la preservación contra desastres socio-naturales, sin embargo, debido a que Canadá es un productor fuerte de gases invernadero debe generar escenarios para la mitigación de este fenómeno y así, generar escenarios de desarrollo sostenible.

Teniendo en cuenta que las obras de ingeniería a través de exclusas y represas no han funcionado totalmente y deben adaptarse a los cambios climáticos, se propone recurrir a métodos alternativos que, principalmente, permitan el control hídrico a través de métodos naturales con la utilización de reservorios acuáticos, y diseños que apunten a la consolidación de nuevos esquemas espaciales y de utilización de recursos desde el planeamiento urbano.

Los lineamientos de planeamiento urbano sostenible propuestos para el río Yumbo, son un punto de partida en la búsqueda de la sostenibilidad urbana, sin embargo, estos lineamientos, sin un decidido apoyo político y la garantía de sostenibilidad en el tiempo, pueden volverse proyectos utópicos sin un doliente real que se responsabilice de la gestión y ejecución de los mismos.

Así mismo, se considera que los proyectos estratégicos definidos para el río Yumbo, ayudarían a la adaptación al cambio climático, pero deben apoyarse en una estrategia clara de mejoría social y económica de la población para pensar en la posibilidad de escenarios de sostenibilidad urbana.

CONCLUSIONES DE LOS OBJETIVOS ESPECÍFICOS

CONCLUSIÓN DEL OBJETIVO ESPECÍFICO I

Esta investigación y las consultadas a lo largo de la bibliografía, confirman la relación peligrosa existente entre cambio climático y desastres socio-naturales. Dicha confirmación plantea nuevas hipótesis de posibles fenómenos naturales que se van a presentar en los sistemas hídricos que van a tener repercusión sobre los sistemas urbanos. Esto necesariamente implicará cambios en la forma de planificar el territorio implementando nuevos lineamientos que apunten principalmente a la sostenibilidad de la cuenca hidrográfica.

Los diversos estudios realizados en torno a la cuenca hídrica del río San Lorenzo y su sistema de control de nivel de agua, han demostrado

que todas estas obras de ingeniería que se han construido desde principio de siglo han quedado cortas al momento de controlar los niveles de agua, principalmente porque se ha subestimado los niveles a que puede llegar el agua influenciado por el cambio climático.

La comunidad en general no percibe la posibilidad de ocurrencia de desastres socio-naturales por parte de inundaciones en el río de las Prairies. Consideran que si no han ocurrido en el pasado, por qué han de ocurrir en el futuro. Lo preocupante de este hecho se centra en que los técnicos especialistas de la planeación de la ciudad, desde el punto de vista urbano, desconocen los estudios realizados sobre calentamiento global y sus impactos, subestimando la posibilidad de ocurrencia de un desastre socio-natural en la isla de Montreal.

El calentamiento global va a modificar fuertemente los ciclos hidrológicos, originando un cambio de paisaje a lo largo de la cuenca hídrica del río San Lorenzo, esto ocasionaría necesariamente el cambio en la forma de interpretar y valorar el río San Lorenzo, así como la percepción que la comunidad tiene del río en la ciudad de Montreal.

El desarrollo urbano de Montreal ha hecho que la ciudad pierda grandes reservas de zonas libres que permiten en el verano disminuir las olas de calor, los reservorios urbanos y los corredores verdes permitirían a la ciudad, por un lado, ayudar a controlar las inundaciones y, por otro, ayudar al control de las temperaturas en verano en la ciudad.

Desafortunadamente, en Colombia el fenómeno de cambio climático es aún incipiente; en ciudades intermedias como Yumbo, que tienen presencia de industrias altamente contaminantes, el tema está en un segundo plano en las agendas ambientales, esto es un claro ejemplo del desconocimiento que se tiene sobre cómo la contaminación del aire produce efectos sobre el cambio climático.

En Colombia no hay fuentes suficientes de información sobre los efectos del cambio climático y su relación con la ocurrencia de desastres naturales. En la ciudad de Yumbo, de acuerdo con todo el análisis de información secundaria, no se encontraron evidencias de proyectos, consultorías, o agendas ambientales que se encarguen del tema o, por lo menos, lo incorporen en sus planes de trabajo municipal. Este fenómeno hace pensar que los municipios colombianos no están preparados para eventuales eventos catastróficos como resultado del cambio climático.

CONCLUSIONES DEL OBJETIVO ESPECÍFICO II

Uno de los objetivos específicos planteados a desarrollar a lo largo de la investigación se centra en desarrollar conceptualmente la relación entre sostenibilidad y adaptación al calentamiento global para la prevención contra desastres socio-naturales a lo cual se concluye lo siguiente:

La meta de la sostenibilidad plantea altos estándares en el desarrollo y la planeación de la cuenca de los dos ríos estudiados, dichos estándares se construyeron a partir de nuevos conceptos en torno a la definición de escenarios de sostenibilidad a lo largo de la cuenca hídrica. Esto permitió analizar las diferentes corrientes teóricas que le apuntan a la sostenibilidad, determinando cuáles eran los tipos de sostenibilidad que se necesita para la cuenca específica del río San Lorenzo y el río Yumbo, que se materializan en la definición de lineamientos de planeamiento urbano sostenible.

La otra discusión importante en torno a la sostenibilidad se plantea en la definición de los lineamientos de planeamiento. Los cuales se basa en un análisis detallado de las metas de sostenibilidad a alcanzar a través de dichos lineamientos, específicamente para la cuenca de los dos ríos estudiados. Esto permite concluir que dichos lineamientos pueden ser universales, pero la aplicación en cada caso de estudio supone unas condiciones económicas, socio culturales, y ambientales que llevan a adaptación de los lineamientos a cada realidad territorial.

CONCLUSIONES DEL OBJETIVO ESPECÍFICO III

Uno de los problemas más preocupante que se observó en la ciudad de Montreal es la vulnerabilidad de los canales naveables, principalmente en el lago San Louis, hasta el puerto de Montreal, los cuales están muy condicionados al dragado periódico que se hace, sin embargo, hacia un futuro el problema se dirige al bajo nivel del agua por carencia del recurso hídrico, haciendo que el dragado sea insuficiente para mejorar el nivel. Dicha situación haría que en el corto plazo se tengan que hacer transvases hídricos para mejorar el caudal y el nivel del agua.

Los lineamientos de planeamiento urbano sostenible para la adaptación al cambio climático contra desastres socio-naturales, desarrollados en esta investigación, son un primer avance, sin embargo, abren un panorama de temas a trabajar en el futuro desde la planeación urbana y el diseño urbano en lo relacionado con el calentamiento global, la gestión integral del riesgos y su vinculación con el desarrollo sostenible en la ciudad.

Así mismo, se concluyen estas investigaciones con una visión interdisciplinar que lleve al logro de los objetivos de mejorar el bienestar social, la productividad, la calidad físico-espacial y la preservación ecológica, como base para desarrollar un modelo de ciudad ambientalmente sostenible.

Un elemento importante a destacar en la investigación es la cantidad de información científica y estadística que se posee para la toma de decisión en las ciudades canadienses. Este es un elemento fundamental a seguir como ejemplo en países como Colombia, donde la información para la toma de decisiones técnicas es precaria, realmente a nivel del Valle del Cauca donde pertenece el municipio de Yumbo, la información sobre cambio climático es inexistente.

CONCLUSIONES DE LA HIPÓTESIS

Los lineamientos de planeación urbano sostenible se plantean como un esquema alternativo de gestión integral del riesgo, agregándole dos factores determinantes: la planeación y el concepto de sostenibilidad del desarrollo. Esto permite concluir que no es suficiente con las medidas de adaptación al cambio climático, es necesario incluirle a los lineamientos de planeamiento urbano sostenible, estrategias de mitigación de la emisión de gases efecto invernadero, y profundizar en cómo mejorar las condiciones de pobreza presentes en el estudio de caso colombiano, para alcanzar un modelo real de sostenibilidad del territorio.

De igual modo, la visión interdisciplinaria que debe garantizarse en los lineamientos de planeamiento urbano sostenible deben involucrar factores políticos y culturales, ya que medidas de adaptación al cambio climático que desconozcan estos factores están condenadas a no ser realizables en el tiempo.

PÁGINA EN BLANCO
EN LA EDICIÓN IMPRESA

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA PRINCIPAL

- ALLEN A. (1994). *Reassessing urban development toward the definition of indicators of sustainable development urban level*, ensayo DPU-UCL, Londres.
- ALCALDÍA MUNICIPAL DE YUMBO (2001). *Plan Básico de Ordenamiento Territorial de Yumbo - PBOT*.
- ALCALDÍA MUNICIPAL DE YUMBO (2004). *Estudio geotécnico y análisis de vulnerabilidad del subsuelo para definir zonas de riesgo en la comuna 3 del municipio de Yumbo.*
- ALCALDÍA MUNICIPAL DE YUMBO (2005). *Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos - PGIRS*.
- ALCALDÍA MUNICIPAL DE YUMBO (2005). *Mapificación de amenazas por movimientos en masa y procesos erosivos, y análisis de vulnerabilidades para establecer el riesgo en las comunas 1, 2 y 4 del municipio de Yumbo.*
- BID (2000). Información del Banco Interamericano de Desarrollo incluido en el documento: “El desafío de los desastres naturales en América Latina y el Caribe - Plan de acción del BID”, marzo.
- BETTINI, V. (1999). *Elementos de la ecología urbana*, “Introducción”, Italia, enero, pp. 15-18.
- BOUCHARD, A. et J. MORIN (2000). *Reconstitution des débits du fleuve Saint-Laurent entre 1932 et 1998*. Environnement Canada, Service météorologique du Canada, Section Hydrologie. Rapport technique RT-101, 71 pages.
- BOUDREAU, P., M. LECLERC et G. FORTIN (1994). “Modélisation hydrodynamique du lac Saint-Pierre, fleuve Saint-Laurent: L'influence de la végétation aquatique”. Canadian Journal of Civil Engineering. 21 (3): 471-489.
- CÁRDENAS MÉNDEZ, E. (2008). *La percepción social del riesgo, lo contingente y lo indeterminado: el caso de los huracanes y suicidios en Quintana Roo*, X Coloquio Internacional de Geocrítica, Diez años de cambios en el mundo, en la geografía y en

- las ciencias sociales, 1999-2008, Barcelona, 26-30 de mayo de 2008, Universidad de Barcelona.
- CEPAL (2005). *Elementos conceptuales para la prevención y reducción de daños originados por amenazas socio-naturales*, Publicación de las Naciones Unidas, ISSN impreso 0252-2195.
- CERVANTES BORJA y MEZA SÁNCHEZ (1998). *Relación entre la calidad ambiental y la calidad de vida, un método para su evaluación*, Investigaciones geográficas, UNAM, México, 1998, pp. 48 a 63.
- CONVENIO 168 DE 2003-CVC-UNIVALLE (2003). *Formulación del plan de ordenamiento y manejo de la cuenca hidrográfica del río Yumbo*.
- CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA (2006). - Sociedad de arquitectos paisajistas del suroccidente SAPSO - CONVENIO CVC - SAPSO 073 DE 2006. Plan paisajístico participativo del municipio de Yumbo en el perímetro urbano.
- CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA (2007). *Evaluación del estado del medio ambiente urbano* - Informe preliminar - MUNICIPIO DE YUMBO - noviembre.
- CROWLEY II, T.J. (2003). Great Lakes Climate Change Hydrological Impact Assessment. US Department of Commerce and National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), Great Lakes Environmental Research Laboratory, Ann Arbor, Michigan. Technical memorandum GLERL-126, IJC Lake Ontario-St. Lawrence River Regulation Study, 75 pages.
- CHADWICK G.F. (1973). *Una visión sistémica del planeamiento*, Editorial Gustavo Gili, México.
- EL CIUDADANO DEL PATRIMONIO (1986). Colegio de Arquitecto, *Revista CA*, Santiago de Chile.
- ENJEUX, A. (2006). De la disponibilité de l'eau pour le Fleuve Saint Laurent, Synthèse Environnementale, *Environnement Canada*, Montréal. 153 y 154 p.
- FERNÁNDEZ, R. (1996). *Teoría y metodología de la gestión ambiental del desarrollo urbano* / volumen 2, Centro de Investigaciones Ambientales (CIAM), p. 166.
- FORTIN R. G. (1999). Synthèse des connaissances sur les aspects physiques et chimiques de l'eau et des sédiments du secteur d'étude lac des Deux Montagnes - rivière des Prairies et des Milles Iles. p. 13, *Environnement Canada - Région du Québec*
- FUNDACIÓN POLITÉCNICA DE CATALUÑA. UPC (2000). *El corredor Sant Llorenç de Munt-Collserola*. Barcelona, 2000. pp. 29, 31, 33, 35.
- GARCÍA BOCANEGRA, J.C. (2003). Segunda fase: Propuesta preliminar de metodologías, Departamento Administrativo de Planeación Distrital, septiembre, Bogotá.
- GONZÁLEZ L. DE G., F. (1995). *Ambiente y desarrollo, ensayos, reflexiones acerca de la relación entre los conceptos*, Universidad Javeriana, Bogotá.
- HIGUERAS E. (2006). *Urbanismo bioclimático, criterios medioambientales en la ordenación de asentamientos*. Editorial Gustavo Gili, p. 18.
- HOUGH M. (1995). *Ciudad y naturaleza*, Editorial Gustavo Gili, Barcelona, pp. 39, 71-80.
- IDEAM (2002). *Efectos naturales y socioeconómicos del fenómeno El Niño en Colombia*, Bogotá, D.C., marzo.

- IPCC (2007). Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Equipo de redacción principal: PACHAURI, R.K. y REISINGER, A. (directores de la publicación)]. IPCC, Ginebra, Suiza, 104 p.
- LEPRINCE, J., MARTIN P., BAUDOUIN Y. (2006). *Les îlots de chaleur dans la région de Montréal*, ACFAS McGill, Mai.
- LOFGREN, B.M., F.H. QUINN, A.H. CLITES, R.A. ASSEL, A.J. EBERHARDT et C.L. LUUKKONEN (2002). "Evaluation of potential impacts on Great Lakes water resources based on climate scenarios of two GCMs", *Journal of Great Lakes Research*, 28 (4): 537-554
- LYNCH, K. (1998). *La imagen de la ciudad*. Gustavo Gili.
- MEADOWS (1992). *Mas allá de los límites del crecimiento*, México, Editorial Aguilar.
- MEF - Ministère de L'Environnement et de la faune (1996a). Qualité des eaux du bassin de la rivière des Outaouais, 1979-1994. Direction des écosystèmes aquatiques. Rapport QE-105/1, Envirodoq En960174, 88 pages + 7 annexes.
- RUANO, M. (2000). *Eco-urbanismo. Entornos humanos sostenibles, 60 proyectos*, España, junio 2000, pp. 23-24.
- MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL (2007). - CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA - MUNICIPIO DE YUMBO. Perfil ambiental municipio de Yumbo - Diagnóstico técnico - diagnóstico participativo - Visión de futuro - Diciembre.
- MORTSCH, L.D. et F.H. QUINN (1996). "Climate change scenarios for Great Lakes Basin ecosystem studies". *Limnology and Oceanography*, 41: 903-911.
- MUNICIPIO DE YUMBO - INVYUMBO (2005). Instituto de Reforma Urbana y Vivienda de Interés Social y la firma FERGON OUTSOURCING LTDA. - Estudio de amenaza por inundación y avenidas torrenciales del río Yumbo y análisis de los estudios del río Cauca y su influencia en el área de expansión oriental del municipio de yumbo. Departamento del Valle del Cauca.
- GARCÍA CANCLINI, N. (1990). *Culturas híbridas, estrategias para entrar y salir de la modernidad*, México, Grijalva.
- NARANJO, F.Z.; MORALES, G.; GONZÁLEZ, R. (2005). *Diccionario de Geografía urbana, urbanismo y ordenación del territorio*. Editorial Arial, S.A. p. 273.
- NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION (NOAA) (2005). Great Lakes Environmental Research Laboratory, Ann Arbor, Michigan. Technical memorandum GLERL-126, IJC Lake Ontario-St. Lawrence River Regulation Study, 75 pages.
- BIRON, P. (2004). *Dynamique des tributaires du fleuve St-Laurent dans un contexte de changement climatique*.
- PERAFANT, A. (2008). *Estudio de amenaza por inundación y avenidas torrenciales del río Yumbo y análisis de los estudios del río Cauca y su influencia en el área de expansión oriental del municipio de Yumbo, departamento del Valle del Cauca*.
- BLAIKIE P., CANNON T., DAVID I., WISNER B. (1996). *Vulnerabilidad, el entorno social, político y económico de los desastres*, Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina. Primera edición: julio.
- PNUD (2004). *La reducción de riesgos de desastres: un desafío para el desarrollo*. Informe mundial.

- GUIMARES R. (1994). "El desarrollo sustentable: propuesta alternativa o retórica neoliberal?" En *Revista EURE*, XX-61, Santiago de Chile.
- ROATTA ACEVEDO, C. (2009). ¿Qué hace Colombia ante el calentamiento global?. Aportado por NOTICyT, consultado: 13 March, 2009, 08:11 <http://www.universia.net.co> - Universia Colombia
- ROBICHAUD, A. et DROLET R. (1998). "Les fluctuations des niveaux d'eau du Saint-Laurent", *Rapport Technique*, Ministère de L'Environnement et de la Faune du Québec, Juin, p. 3.
- TALBOT, A. (2006). "Enjeux de la disponibilité de l'eau pour le Fleuve Saint Laurent, Synthèse Environnementale", *Environnement Canada*, Montréal. 215 p.
- THOMAS, J. (2007). Presentación "Gestión del riesgo y planeación territorial". Dpto. de Geografía, Universidad del Valle.
- UNIVERSIDAD DEL VALLE. Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca Hidrográfica –POMCH– del río Yumbo, trabajo ejecutado en Convenio entre la CVC y la Universidad del Valle, a nivel de diagnóstico.
- VAN GIGCH, J.P. (1987). *Teoría General de Sistemas*, capítulo 2, pp. 45-48, Editorial Trillas, 2001. Esta conclusión se atribuye, por Klir y Valach Kling, G.W., K. Hayhoe, L.B. Johnson, J.J. Magnuson, S. Polasky, S.K. Robinson, B.J. Shuter, M.W. Wander, D.J. Wuebbles, D.R. Zak, R.L. Lindroth, S.C. Moser et M.L. Wilson (2003). Confronting Climate Change in the Great Lakes Region. Impacts on our Communities and Ecosystems. Union of Concerned Scientists, Cambridge, Massachusetts, and LAS-SERRE, F. (éd.) (2005). Transferts massifs d'eau, outils de développement ou instruments de pouvoir? Presses de l'Université du Québec, Géographie contemporaine, 576 pages.

BIBLIOGRAFÍA PAGINAS WEB

- Calentamiento global ¿Se nos viene una catástrofe mundial? consultado el 25 de marzo de 2009 en <http://www.familia.cl/ContenedorTmp/Calentamiento/calentamiento.htm>.
- Elevación del nivel del mar en el océano Atlántico Canadiense, consultado el día 20 de marzo de 2008,
- Embajada de Canadá en Colombia (2009). Informe de gestión año 2008, consultado marzo 15 de 2009 en <http://www.canadainternational.gc.ca/colombia-colombie>
- <http://atlantic-web1.ns.ec.gc.ca/sl/default.asp?lang=Fr&n=54B74884-1#project1>
- Indicadores de cambio climático en el río Outaouais: consultado 20 de marzo de 2008 en: <http://www.ouranos.ca/symposium/Affiches/fagherazzi.pdf>
- ROATTA ACEVEDO, C. (2009). ¿Qué hace Colombia ante el calentamiento global?. Aportado por- NOTICyT, Consultado: 13 March, 2009, 08:11 <http://www.universia.net.co> - Universia Colombia.
- U.S Army Corps of Engineers Detroit District (2005). Diferencia de niveles de agua desde el lago superior hasta el océano atlántico, consultado marzo 15 2008 http://es.wikipedia.org/wiki/Grandes_Lagos.
- VARELA, F. (2005). ¿Qué es el calentamiento global?, consultado el 5 de marzo de 2009, http://sepiensa.org.mx/contenidos/2005/l_calenta/calentamiento_1.htm.

BIBLIOGRAFÍA SECUNDARIA

- BAEZA, O. (2001). *Aprovechamiento ambiental urbano de cuerpos de agua superficial en Mexicali*, Tesis de doctorado Urbanismo, UNAM, Baja California, 2001.
- GARCÍA, B. (2001). *Compendio de términos comunes utilizados en estudios ambientales*, Colombia, Ecopetrol, 2001, p. 45.
- BALLET C. y José M. (2000). *Ciudades intermedias urbanización y sostenibilidad*, Editorial Milenio, Año 2000.
- CASTILLO y SALAZAR (1998). *La planeación urbanística*, Colombia, Ministerio De Desarrollo Económico, 1998, p. 38.
- DEFFIS CASO, A. (1990). *La casa ecológica tropical*, Editorial Concepto, S.A, México.
- GOSSÉ, M. (1999). *El desarrollo sustentable: del pleonasio a la metáfora*, Emérita Universidad Autónoma de Puebla, 1999.
- MALDONADO, J.L. (1994). “Instrumentos de intervención sobre el suelo”, *Revista Catastro*, octubre de 1994 Segunda Época Año VI, Monografía.
- WINGO, A. (1994). “Instrumentos de intervención sobre el suelo”, *Revista Catastro*, octubre de 1994 Segunda Época Año VI, mon.

PÁGINA EN BLANCO
EN LA EDICIÓN IMPRESA

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Capítulo 1

Gráfica 1.1. “Presiones” que resultan en desastres: la evolución de vulnerabilidad	16
---	----

Capítulo 2

Gráfica 2.1. Campos conceptuales de interacción: cambio climático, desastres socio-naturales y desarrollo sostenible	24
---	----

Capítulo 3

Gráfica 3.1. Región hidrográfica del río San Lorenzo	38
---	----

Gráfica 3.2. Las masas de agua del río San Lorenzo entre Corwall y Québec	39
--	----

Gráfica 3.3. Diferencia de niveles de agua desde el lago Superior hasta el océano Atlántico	46
--	----

Gráfica 3.4. Plano de los Grandes Lagos y su área de influencia directa.	47
--	----

Gráfica 3.5. El ciclo hidrológico.	48
--	----

Gráfica 3.6. Área de influencia de la cuenca del río Outaouais	50
---	----

Gráfica 3.7. Profundidades del lago des Deux Montagnes	51
---	----

Gráfica 3.8. Malla de elementos finitos triangulares del modelo numérico de Terrain del río San Lorenzo entre Sorel y Trois Rivières.....	53
--	----

Gráfica 3.9. Indicadores de cambio climático en el río Outaouais.....	55
Gráfica 3.10. Sistema de control y regulación del agua del río San Lorenzo	57
Gráfica 3.11. Elevación del nivel del mar	58
Gráfica 3.12. Sensibilidad de las zonas costeras a la elevación del nivel del mar	59
Gráfica 3.13. Disminución considerable del nivel del agua en el lago Ontario.....	62
Gráfica 3.14. Diferentes niveles de agua en el lago San Louis.....	64
Gráfica 3.15. Cambios anticipados para los modelos climáticos del río San Lorenzo.....	66
Gráfica 3.16. Zonas de inundación del río San Lorenzo.....	68
Gráfica 3.17. Comportamiento hidráulico del río San Lorenzo	71
Gráfica 3.18. Comportamiento del Índice de Calidad del Agua - ICA.....	80
Gráfica 3.19. Resultados sobre el Índice de Calidad del Agua, según registros realizados en el 2005 por la CVC	80
Gráfica 3.20. Promedios diarios PM10 Estación Yumbo - primer trimestre 2007	85
Gráfica 3.21. PM10 vs. humedad relativa Estación Yumbo - primer trimestre 2007	86
Gráfica 3.22. Promedio mensual de cada hora - Ozono (O_3) Estación Yumbo - primer trimestre 2007	87
Gráfica 3.23. Promedios diarios ozono Estación Yumbo - primer trimestre 2007	87
Gráfica 3.24. Promedios ocho horas O_3 vs máxima radiación solar. Estación Yumbo - primer trimestre 2007	88

Capítulo 4

Gráfica 4.1. Esquema de desarrollo de un sistema de prevención y atención de desastre	103
Gráfica 4.2. Ejemplo de metodología para evaluar la vulnerabilidad del recurso hídrico	109
Gráfica 4.3. Aumento de calor en la isla de Montreal entre junio de 1984 y junio de 2005	128
Gráfica 4.4. Índice de vegetación e islas de calor (90ème percentile supérieur)	129

ÍNDICE DE PLANOS

Capítulo 3

Plano 3.1. Cuenca hidrográfica río Yumbo, 2009.....	75
Plano 3.2. Zonas de protección hídrica	78
Planos 3.3 y 3.4. Susceptibilidad a fenómenos de remoción en masa	90
Plano 3.5. Amenaza por inundación	92

Capítulo 4

Plano 4.1. Diferentes niveles de sedimentación del río San Lorenzo de Corwall a Québec.....	116
Plano 4.2. Movimiento de las masas de agua de Corwall a Québec	117
Plano 4.3. Zonas de inundación del río San Lorenzo	118
Plano 4.4. Propuesta de reservorios urbanos de agua y fauna en la isla de Montreal	119
Plano 4.5. Amenaza alta y media por inundación en la ciudad de Yumbo, producida por el río Yumbo	122
Plano 4.6. Definición de rondas hidráulicas del río Yumbo y sus diversos afluentes.	124
Plano 4.7. Propuesta de corredores verdes en torno a los canales de agua en la isla de Montreal.....	127
Plano 4.8. Sistema de corredores verdes y espacio público a lo largo del río Yumbo y la ciudad de Yumbo	131
Plano 4.9. Macroproyecto de consolidación de corredores ecológicos a lo largo de la isla de Montreal	134
Plano 4.10. Proyectos estratégicos definidos para la cuenca hidráulica urbana del río Yumbo	140

ÍNDICE DE TABLAS

Capítulo 3

Tabla 3.1. Análisis comparativo del caudal del río San Lorenzo, en distintos momentos, simulando posibles efectos.....	42
Tabla 3.2. Resumen de los niveles de caudal entre los Grandes Lagos y el río San Lorenzo.	43

Tabla 3.3. Niveles del agua almacenada en el puerto de Montreal entre 1932 y 2005.	45
Tabla 3.4. Áreas y porcentajes de los corregimientos de la cuenca del río Yumbo.	76
Tabla 3.5. Corregimientos bajo amenazas de incendios forestales en el municipio de Yumbo	92
Capítulo 4	
Tabla 4.1. Urbanismo bioclimático, criterios medioambientales en la ordenación de asentamientos	126



Universidad
del Valle

Programa Editorial