

PLANEANDO CIUDADES SOSTENIBLES

Crecimiento urbano, gestión
del riesgo y cambio climático.

PLANEANDO CIUDADES SOSTENIBLES



CONTENIDO

1

AGRADECIMIENTOS	4
CRÉDITOS	5
PRESENTACIÓN	6
PRÓLOGO	11



2

BARRANQUILLA 41



3

MONTERÍA 69



4

PASTO 105



5

VALLEDUPAR 135



6

VILLAVICENCIO 175



7

SANTA MARTA 213

8

REFERENCIAS 241

AGRADECIMIENTOS

La realización de estos estudios no hubiese sido posible sin la participación y los generosos aportes realizados por numerosas personas e instituciones como el Banco Interamericano de Desarrollo-BID y la Agencia Francesa de Desarrollo- AFD; firmas como IDOM y GEOADAPTIVE, quienes apoyaron el proceso de realización de cada uno de los estudios en los respectivos territorios. De igual forma a instituciones como el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, DANE, IDEAM, IGAC por la información suministrada en cada uno de los estudios. Asimismo, todo el acompañamiento técnico recibido por parte de los gobiernos departamentales y municipales de Barranquilla, Montería, Pasto, Valledupar, Santa Marta y Villavicencio, así como de las Corporaciones Autónomas Regionales, Secretarías de Planeación, empresas de servicios públicos, universidades, sector privado y ciudadanía, entre otros. Todos estos fueron actores fundamentales que permitieron llevar a feliz término estas importantes investigaciones.

CRÉDITOS

EQUIPO DE TRABAJO

El presente documento resume los resultados del esfuerzo y valiosos aportes de numerosas personas dentro y al servicio del Banco Interamericano de Desarrollo y de la Financiera del Desarrollo Territorial, quienes le dan vida a los programas de Ciudades Emergentes y Sostenibles y Ciudades Sostenibles y Competitivas respectivamente. Son ellos:

BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO

Luis Alberto Moreno
Presidente
Sergio Díaz-Granados Guida,
Director Ejecutivo por Colombia y Ecuador
BID
Rafael de la Cruz,
Representante en Colombia
Ramiro López-Ghio,
Especialista Sr, Coordinador ICES
para Colombia
Ellis Jesus Juan
Consultor Externo
Oswaldo Aharón Porras Vallejo,
Consultor

AGENCIA FRANCESA DE DESARROLLO IDOM GEOADAPTIVE

MINISTERIO DE HACIENDA Y CRÉDITO PÚBLICO

Mauricio Cárdenas Santamaría,
Ministro
Ana Lucía Villa,
Jefe de Dirección de Apoyo Fiscal

FINANCIERA DE DESARROLLO S.A.- FINDETER

Luis Fernando Arboleda González,
Presidente
Rodolfo Enrique Zea Navarro,
Secretario General
Ana María Palau Alvargonzález,
Vicepresidente de Planeación
Gisela Paola Labrador Araujo,
Gerente de Sostenibilidad y Nuevos Negocios
María Paz Uribe Estrada,
Jefe, Banca Internacional
Erika Delgado Moncayo,
Directora de Comunicaciones

TEMAS TRANSVERSALES

Ana María Navia Peláez,
Equipo especialista FINDETER
Alejandra Gómez Gómez,
Económica y social

DIMENSIÓN AMBIENTAL Y CAMBIO CLIMÁTICO AUTORES Y COMPILADORES

Robinsson Rodríguez Vásquez,
Líder Dimensión Ambiental
Luis Elkin Guzmán Ramos,
Alfonso Carlos Daza Martínez,
Juan Carlos Duque Sánchez,
Dimensión Ambiental

FOTOGRAFÍAS

IDOM,
GEOADAPTIVE,
FINDETER,
Alcaldías ciudades

IMPRESIÓN

Panamericana Formas e Impresos S.A.

EDICIÓN Y DISEÑO GRÁFICO

Lina Orozco,
Carlos Andrés Ortiz Valle,
Germán Humberto Garavito Rodríguez

FECHA DE PUBLICACIÓN

Agosto 2017

ISBN

978-958-56008-7-4

PRESENTACIÓN



Desde el inicio del Gobierno del Presidente Juan Manuel Santos, tuvimos clara la hoja de ruta para reducir las brechas de desigualdad que han afectado a nuestras generaciones desde hace décadas. Entendimos que con trabajo en equipo, junto a las administraciones locales y la comunidad, podíamos llevar a las regiones programas que introdujeran al territorio progreso, sostenibilidad, competitividad y calidad de vida.

Desde el Ministerio de Hacienda, nuestra prioridad ha sido la inversión social y la formación de una clase media próspera y emprendedora. Desde 2010 hasta la fecha, 4,6 millones de colombianos, el equivalente a la población del Valle del Cauca, han salido de la pobreza para integrar esta nueva clase media a lo largo y ancho del territorio nacional. Nuestro compromiso es proteger y mantener ese enorme logro para que los colombianos, se conviertan en el motor de nuestra economía.

Es por ello que, a pesar de que debemos enfrentar una fuerte reducción de ingresos del Gobierno Nacional a causa del choque petrolero, hemos protegido la inversión social a través de los programas de reducción de la pobreza, cuidado a la primera infancia y atención al adulto mayor. Con el Presupuesto General de la Nación que hemos proyectado para 2017, el Gobierno Nacional cumple tres años destinando el mayor rubro del presupuesto al sector educación. Necesitamos invertir en la formación de nuevas generaciones preparadas para competir en la economía global.

El ajuste a la nueva realidad fiscal lo está haciendo el Gobierno Nacional reduciendo sus gastos de funcionamiento. Ahora, hacemos más con menos. Seguiremos priorizando inversiones clave que crearán las bases de una nueva economía, más competitiva y con más oportunidades, hacia la que nos dirigimos.

Para alcanzar esos ambiciosos objetivos de desarrollo para todo el territorio nacional, se necesitan aliados que trabajen desde y para las ciudades. Así como la Financiera de Desarrollo Territorial -FINDETER- es el aliado estratégico para las regiones de Colombia, lo es también para el Gobierno Nacional, a través del Ministerio de Hacienda.

Desde el año 2011, FINDETER se transformó en un socio estratégico de las regiones, generando desarrollo y bienestar para la gente gracias a programas como "Ciudades Sostenibles y Competitivas", "Ciudades Emblemáticas" y "Diamante Caribe y Santanderes de Colombia".

Estos programas, además de otorgar una visión de largo plazo al territorio, se han convertido en una herramienta fundamental de planificación al integrar dentro de éstos estudios técnicos de emisión de gases efecto invernadero, vulnerabilidad y riesgo y crecimiento urbano, componentes que permiten integrar las condiciones ambientales y urbanas que enfrentan las ciudades.

El presente trabajo demuestra que entendimos que el territorio no es un pedazo de tierra, sino que por el contrario, es un lugar que tuvo un pasado, que tiene un presente y que lucha por un futuro mejor.

Mauricio Cárdenas Santamaría
Ministro de Hacienda y Crédito Público



Actualmente nos encontramos en un mundo cada vez más urbano. Lo anterior, se puede evidenciar con el porcentaje de población urbana, el cual ha tenido un incremento del 39% en los últimos 60 años, pasando del 41% en 1950 al 80% en 2010. Esta relación, según las proyecciones de Naciones Unidas, aumentará para el 2050 por lo que se espera, una tasa promedio del 89% para Latinoamérica y el Caribe y del 69% para el mundo.

Ante esta situación de mayores tasas de urbanización, América Latina y en especial sus ciudades, afrontan un gran reto. La movilización masiva ha generado que el proceso de urbanización se realice de forma acelerada y desorganizada, por lo que es importante contar con estudios técnicos que permitan entender las condiciones actuales de las ciudades, evaluar los impactos ambientales, la vulnerabilidad y los riesgos, proyectando una ocupación inteligente del territorio a largo plazo.

Por lo anterior, tenemos el gusto de presentar el libro “Planeando Ciudades Sostenibles”, desarrollado con base en los estudios técnicos de emisión de gases efecto invernadero, vulnerabilidad y riesgo y crecimiento urbano, elaborados en el marco del programa Ciudades Sostenibles y Competitivas (CSC), que venimos liderando desde FINDETER, con el acompañamiento del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y con el apoyo de la Agencia Francesa de Desarrollo (AFD).

Dichos estudios son insumo fundamental para el acompañamiento en la planeación de ciudades Sostenibles y Competitivas en Colombia. Además, se convierten en herramientas fundamentales para la planificación de los municipios, brindando mecanismos para hacer un uso adecuado del territorio y una gestión apropiada de los recursos ambientales y de la infraestructura, de forma que se garantice un crecimiento ordenado y sostenible para las generaciones actuales y futuras.

En este libro se presenta una visión general de las ciudades estudiadas en el marco de las metodologías implementadas, así como un análisis de Barranquilla, Montería, Pasto, Valledupar, Villavicencio y Santa Marta, con los principales hallazgos de los estudios de cambio climático, riesgos naturales y crecimiento urbano.

Espero este libro capture su interés, y sirva como base para tener ciudades mejor planeadas, sostenibles, competitivas y equitativas.

Luis Fernando Arboleda G.
Presidente FINDETER



La mayoría de ciudades intermedias y emergentes en América Latina y el Caribe, enfrentan enormes desafíos derivados de un rápido y desordenado crecimiento: baja gobernabilidad local, debilidad institucional, limitaciones financieras, y deficiencias en la prestación de servicios públicos, entre otros malestares.

Pensando en estos problemas el Banco Interamericano de Desarrollo - BID, lanzó en 2010 la Iniciativa de Ciudades Emergentes y Sostenibles que busca desde un enfoque integral, hacer frente a los principales obstáculos que impiden un desarrollo sostenible en las ciudades de la región.

Más de 70 ciudades en América Latina, ya hacen parte del programa y más de 200 especialistas del BID, acompañan las estrategias de sostenibilidad de estas ciudades.

En el caso de Colombia, considerado uno de los países más urbanizados de la región con 63 ciudades intermedias, es decir entre 100.000 y 2.000.000 de habitantes, el programa de Ciudades Sostenibles inició en 2011 en estrecha alianza con FINDETER y a la fecha diecisiete ciudades, hacen parte del programa. Es indiscutible que sin el liderazgo de esta entidad, no se hubiera podido avanzar tanto en Colombia como en efecto, se ha logrado hasta ahora.

El presente trabajo hace una compilación y análisis que se deriva de los estudios base realizados para la construcción de los planes de acción de las ciudades de Barranquilla, Montería, Santa Marta, Valledupar, Villavicencio y Pasto, los cuales permiten tener no solamente una visión integral de las ciudades, sino que muestran las acciones que a largo plazo se deben

realizar para garantizar la sostenibilidad ambiental, urbana, fiscal y la gobernabilidad de las ciudades mediante un modelo que fomente la participación ciudadana.

De acuerdo con la fase de diagnósticos y las conclusiones de los estudios base que el libro presenta, hay aspectos que ameritan una mayor atención y gestión, como es el caso de la vulnerabilidad ante el cambio climático y a los desastres naturales que impactan y orientan el crecimiento de las ciudades. Estos estudios dan herramientas para la toma de decisiones por parte de las entidades territoriales para determinar el crecimiento de la huella urbana y poder atender adecuadamente las diferentes necesidades de equipamientos urbanos, redes de servicios públicos y sistema de transportes integrados, entre otros, garantizando una inversión eficiente en el territorio.

Las entidades territoriales juegan el rol más importante en estos procesos; ellos, junto con la sociedad civil, son los llamados a adelantar y mantener las gestiones que correspondan para garantizar la implementación de los planes de acción, que permitirán convertir a sus ciudades en territorios sostenibles y con capacidad para hacer realidad las justas aspiraciones de sus habitantes.

Sergio Díaz-Granados Guida
Director Ejecutivo por Colombia y Ecuador BID



PRÓLOGO

Con la colaboración de empresas consultoras como IDOM y GEOADAPTIVE, FINDETER se suma al reto de la planeación de las ciudades intermedias en Colombia, proponiendo una nueva forma de planear las ciudades ante el desafío del cambio climático. Para tal efecto, se plantea encaminar a las ciudades hacia la sostenibilidad a mediano (2030) y largo plazo (2050), mediante estudios ambientales de crecimiento urbano, riesgos naturales y mitigación del cambio climático, como fundamento para la realización de planes de acción que contengan las inversiones claves que los territorios deberán asumir para su desarrollo sostenible y competitivo.

Dichos estudios contribuyen a que el proceso de planificación esté basado en información científica, actualizada, realizada con instrumentos de alto nivel, entre los que se destacan un sistema de información geográfica, un inventario de emisiones de gases de efecto invernadero y los mapas detallados de riesgo sísmico y de inundaciones, entre otros.

Con esto, se busca el diseño de las futuras metrópolis del siglo XXI, considerando un límite urbano definido, que no contenga transiciones difusas hacia lo rural; un diseño que busca una estructura compacta, cohesionada socialmente, con espacios de sociabilidad, dotada de áreas verdes y espacio público, que contribuya a hacer ciudades resilientes frente a los desastres naturales con un territorio que cuente con la adecuada funcionalidad de los servicios, redundando en una mejor calidad de vida para millones de colombianos. Las ciudades estudiadas bajo este trabajo son Barranquilla, Montería, Pasto, Valledupar, Villavicencio y Santa Marta; en la actualidad, se trabaja en Ibagué, Neiva, Cartagena, Riohacha, Rionegro, Popayán y Sincelejo lo cual representa una buena parte de la variada y rica biogeografía nacional. Además, se hace una interesante comparación con más de treinta ciudades de América Latina y el Caribe.

Es de anotar que el modelo urbano de América Latina ha variado en las últimas décadas. A pesar de que las megaciudades siguen teniendo un gran peso, estas ya no presentan las mayores tasas de crecimiento. En cambio, ahora son las urbes intermedias, llamadas también emergentes, las que encabezan dicho aspecto. Este nuevo patrón de poblamiento, crea tantas nuevas oportunidades para millones de personas, como enormes retos para lograr un desarrollo sostenible, en el que no se repitan los errores que han tenido lugar en grandes metrópolis latinoamericanas.

El crecimiento acelerado y desordenado de las últimas décadas, requiere un nuevo modo de pensar las ciudades emergentes de Colombia, con un enfoque integral, participativo y de largo plazo. Así, con la participación de instituciones públicas y privadas, se pretende construir un modelo de consenso, donde converjan la mayoría de los intereses ciudadanos. Para ello FINDETER, con la colaboración de IDOM, continúan con el desarrollo de los estudios ambientales dentro del Programa de Ciudades Competitivas y Sostenibles.

UNA NUEVA MANERA DE PLANIFICAR CIUDADES EN COLOMBIA

INTRODUCCIÓN: VISIÓN DE CIUDAD SOSTENIBLE

Colombia se enfrenta a una nueva realidad. En la actualidad, el país acepta el reto de pensarse de manera inteligente para asumir las nuevas condiciones sociales, políticas, económicas y lo que ello implica en su planificación a mediano y largo plazo. Los errores del pasado no se pueden repetir y la ocupación inteligente de los territorios son el camino para garantizar el buen vivir de los habitantes actuales y futuros.

Encaminados hacia este propósito, se deberá entender la consolidación del Estado - Nación desde la realidad de sus territorios y la forma en que estos enfrentan retos como el posconflicto, la urbanización, el crecimiento económico y las dinámicas sociales del siglo XXI. En este sentido, los territorios se piensan bajo el principio de sostenibilidad, buscando así cumplir con parámetros como los Objetivos de Desarrollo Sostenible, las consideraciones de COP 21 y los Acuerdos de Paz de La Habana.

Una ciudad sostenible, es aquella que logra la ocupación inteligente de su territorio, donde cada uno de sus aspectos sociales, económicos, ambientales e institucionales, se encuentran armonizados y de esta manera, los componentes rural y urbano se complementan, para resolver los retos del diario vivir.

En una ciudad de esta índole, sus ciudadanos construyen a través de la democracia participativa, la forma en que el gobierno local administra su territorio, pero sobre todo, entienden de manera colectiva sus mayores activos y sus principales retos para potenciarlos y así, reducir las brechas sociales existentes generando, una movilidad social ascendente.

Esta comunidad, genera acuerdos en la forma en la que el gobierno administra su recurso local; aspectos que identifica tanto en sus planes de ordenamiento territorial, como en los de desarrollo y de acción. La ciudad sostenible responde de manera adecuada, tanto al ciudadano rural como al urbano, reconociéndoles los mismos derechos, al identificar al ciudadano rural como el soporte vital de la actividad urbana. Se elimina la clara distinción entre lo urbano y lo rural, cerrando brechas sociales y sosteniendo la funcionalidad del territorio.

La ciudad sostenible del siglo XXI, responde de manera acertada a los retos que impone el cambio climático, el calentamiento global y la gestión integral del riesgo, al poner en valor sus activos ambientales sobre las posibilidades de degradarlos. De igual manera, entiende que una infraestructura de servicios que responda a los retos de la productividad y la competitividad, mejorará la calidad de vida y aumentará los recursos e ingresos de sus habitantes.

En la actualidad, la ciudad sostenible debe inscribirse desde su particularidad, con hechos sociales, culturales y económicos únicos, en un concierto global de ciudades, donde se saque provecho de la globalización sin perder autonomía ni identidad. De esta manera, la ciudad aprenderá a conversar con sus hermanas o vecinas, para construir desde la complementariedad, conglomerados urbanos o clústeres, responsables de proteger el medio ambiente y capaces de competir con otros aglomerados.

Todo esto se sustenta a partir de la sostenibilidad fiscal. Las ciudades deberán desarrollar instrumentos que definan y asignen de manera proporcional las cargas y beneficios dentro de la sociedad, tanto para cubrir derechos esenciales como para apostarle al desarrollo de los individuos, las empresas y asociaciones. Aspectos como una administración responsable y adecuada, que garantice un manejo eficiente del gasto acompañado de procesos de gestión pública transparente y participativa, fundamentados en la apertura de la información y una directa interlocución con los diferentes niveles de gobierno y los actores locales relevantes.



IMPORTANCIA DE LOS ESTUDIOS BASE EN LA CONSTRUCCIÓN DE CIUDAD

Actualmente, América Latina y el Caribe (ALC) es la región en desarrollo que ha registrado la más rápida urbanización en el mundo. El porcentaje de población urbana pasó del 41% en 1950 al 80% en 2010 y de acuerdo con las proyecciones de las Naciones Unidas (2008), el proceso de urbanización se acentuará aún más, llegando para el año 2050 a tasas promedio del 89% en ALC y 69% en el mundo.

Lo anterior permite afirmar que las ciudades son el gran imán que atrae a las personas ya que son núcleos económicos, culturales y sociales, que resuelven de manera general las necesidades de la población. Es por esto que la ciudad contemporánea se encuentra en continuo crecimiento tanto en número de población como en metros cuadrados que se ocupan en el territorio. En una primera aproximación al crecimiento de las ciudades latinoamericanas, se pudo establecer que estas crecen en promedio 2% más en superficie que en población.

Hoy en día en ALC la población tiene una mayor apuesta por las ciudades intermedias que por las grandes metrópolis. Las ciudades intermedias son aquellas que tienen un mayor crecimiento tanto en población como en superficie, al igual que en sus dinámicas económicas, al influenciar cada vez más, en el modelo de desarrollo económico del país, de forma que representa para ALC y en particular para Colombia, un espacio que permite a futuro resolver problemáticas asociadas a temas tan complejos como el de la paz, las agendas de protección del medio ambiente y el cambio climático, entre otros.

La planificación de estas ciudades intermedias supone grandes retos derivados de la ocupación adecuada del territorio, aspecto que a su vez exige una gestión adecuada de recursos ambientales, económicos, políticos, administrativos y de infraestructura.

Las ciudades deberán entender su ocupación del territorio con la más clara responsabilidad sobre los activos ambientales que poseen, las amenazas a las que se ven expuestas y la capacidad de soporte de las mismas. La interrelación entre el crecimiento de la huella urbana, la vulnerabilidad y riesgos naturales y temas de mitigación al cambio climático deberán determinar el modelo de sostenibilidad de los territorios.

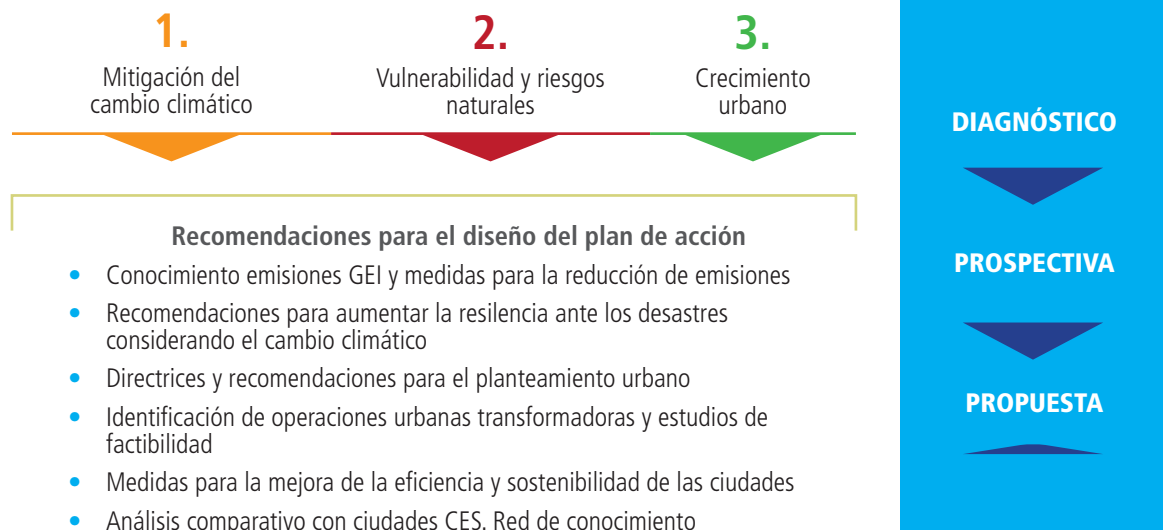
Por esta razón, FINDETER y el BID, en el marco de la plataforma de Ciudades Sostenibles y Competitivas, entienden que tener la oportunidad de construir una agenda de acciones para consignar en un plan de acción en cada una de las ciudades incluidas en el programa, se traduce en una gran responsabilidad. Así pues, se hace necesaria la identificación concreta, rápida, pertinente y eficiente de un diagnóstico de las más altas calidades, donde el componente ambiental y sus estudios relacionados se vuelven fundamentales para la toma de decisiones.

La generación de espacios prospectivos de crecimiento, emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y amenazas naturales a mediano y largo plazo, permiten evidenciar los retos que afrontarán las ciudades en diferentes escenarios tendenciales. Vislumbrar estos posibles escenarios, otorga a las ciudades, la capacidad de tomar acciones encaminadas hacia una ocupación inteligente del territorio.

Es así que hoy, en la agenda de construcción de nuestros planes de acción, no podrían faltar los estudios base de cambio climático, riesgos naturales y crecimiento urbano, los cuales respaldan técnica y objetivamente cada uno de los proyectos propuestos para la construcción de ciudades sostenibles y competitivas en Colombia.

PRESENTACIÓN DE LOS ESTUDIOS DE MITIGACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO, RIESGOS NATURALES Y CRECIMIENTO URBANO

En el proceso de planificación, se consideran tres componentes específicos que contribuyen al proceso de desarrollo de las ciudades: Mitigación del cambio climático, Vulnerabilidad y riesgos naturales y Crecimiento urbano. Estos componentes constituyen un elemento clave en el desarrollo del programa de Ciudades Sostenibles y Competitivas, aportando insumos en el diagnóstico y el plan de acción.

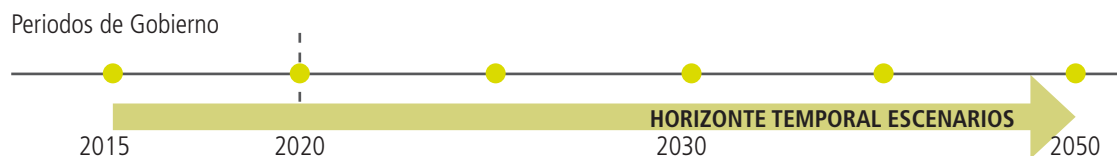


Proceso participativo

Las componentes presentan un análisis técnico-científico, así como un análisis social, donde se incorpora la participación y visión de la sociedad y los tomadores de decisiones. En ocasiones, se suplen algunos déficits de información técnica basados en las valoraciones de expertos locales.

Enfoque prospectivo y de largo plazo

Se propone un enfoque a largo plazo -2030 y 2050- mediante el diseño de escenarios de emisiones de gases efecto invernadero (GEI), riesgos y crecimiento urbano. Se denomina escenario a la descripción de una situación futura y al encadenamiento coherente de sucesos que, partiendo de la situación actual, llegan a esta. Pueden identificarse múltiples escenarios por la combinación de variables; no obstante, este análisis se centra en el diseño de tres:



Visión integrada: la espiral de mejora

Los componentes están relacionados; de la identificación y desarrollo de los vínculos se conseguirá una visión integrada, holística y sostenible de la ciudad. Sin el ánimo de pretender ser exhaustivos, se incluyen en este apartado algunas relaciones:

- El componente de cambio climático considera escenarios que inciden en los peligros hidro-meteorológicos; en algunas ciudades, se incrementará la sequía, las inundaciones fluviales y/o el aumento del nivel del mar.
- En el componente de riesgos se propone aumentar la resiliencia, establecer áreas con restricciones para el crecimiento de la ciudad con acciones preventivas y medidas para la mitigación tales como obras de protección o reubicación de viviendas, entre otras. Esta situación no siempre se considera en el escenario tendencial, ya que en algunas ciudades persiste el crecimiento en zonas vulnerables.
- Finalmente, los productos del componente de crecimiento urbano, huella urbana y usos del suelo en los diferentes escenarios, se tendrán en cuenta para el cálculo de los escenarios de emisiones de gases efecto invernadero (GEI), ya que la ciudad compacta, densa y con mayor eficiencia del transporte público, genera menos emisiones que la tendencial, en ocasiones, extensiva, ineficaz y dispersa.

el tendencial; el óptimo, que se puede identificar por analogías con otros territorios a los que se desee aspirar o fijando metas y uno, intermedio entre los anteriores, que parte del consenso de la mayoría de voluntades políticas y ciudadanas, denominado intermedio, viable o de consenso conocido en inglés como "*feasible*".

La visión integrada permite la intervención en temas que tendrán impacto en otros, por ejemplo, medidas de ordenamiento pueden revertir en menos aportes de gases efecto invernadero (GEI) y en la reducción de la vulnerabilidad, así como las medidas de mitigación pueden aumentar la resiliencia, constituyéndose en una espiral de mejora continua.

El modelo general y metodologías específicas

Dada la amplitud y complejidad de las cuestiones estudiadas en la ciudad, la metodología usada es un metamodelo que se nutre de diferentes metodologías y herramientas para el diseño de los componentes. La metodología es coherente en cuanto a alcances, escala y plazos, con el planteamiento general del programa de ciudades que pretende el diseño del plan de acción de la ciudad.

La metodología se puede entender como un metamodelo, es decir, un modelo general formado por submodelos específicos y otros componentes. Para la elaboración de los submodelos se usan diferentes herramientas y metodologías existentes como CAPRA, GPCS, IBER, etc. y se diseñan otros específicos. Además, es fundamental el uso de tecnología SIG y sensores remotos que sirven de un lado para la toma de decisiones y la aplicación de las herramientas necesarias y del otro, para ilustrar los resultados en mapas.

Finalmente, aunque en el texto se presenta una metodología general, la misma se aplica con diferentes modificaciones en función de la información disponible, escala y alcance, entre otras.

ESTUDIO BASE

CIUDADES EMERGENTES Y SOSTENIBLES

RELACIÓN ENTRE ESTUDIOS

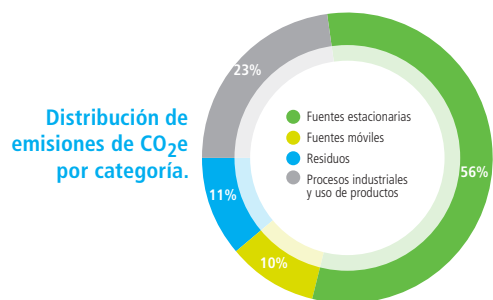


Metodología específica para el componente

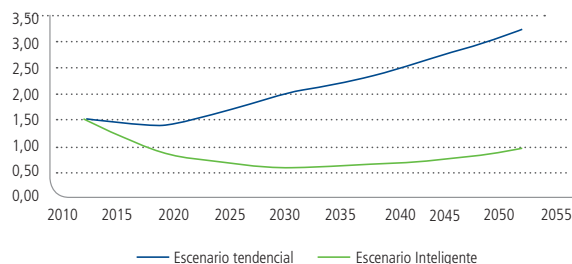


1. Mitigación del cambio climático

La metodología consta de tres fases: diagnóstico, escenarios y la propuesta u hoja de ruta de mitigación, que se desagregan en tareas, tal y como presenta en la siguiente figura.



Emisiones per cápita en los escenarios



El diagnóstico presenta tres tareas: un diagnóstico cuantitativo en forma de inventario de gases efecto invernadero (GEI), un diagnóstico cualitativo desarrollado a partir de estudios previos y de los aportes de los principales agentes en entrevistas y talleres y el desarrollo de un escenario tendencial a nivel de (GEI).

El inventario de (GEI) es uno de los principales productos asociados a este estudio. Se realiza en el marco del Protocolo Global para Inventarios de Emisiones de Gases Efecto Invernadero a Escala de Comunidad. Se trata de un inventario para la ciudad, con una importante labor de desarrollo de una herramienta informática de cálculo, realizada específicamente para cada urbe. El diseño de la herramienta, busca el equilibrio entre la facilidad de uso y la obtención de resultados fiables. Así, utilizando dicha herramienta, se calculan las emisiones de GEI, de un año reciente y de un año histórico.

Gracias a una labor de capacitación con funcionarios locales y universidades de las ciudades y como parte del proceso de apropiación y de retroalimentación en un futuro del inventario de gases, se proyecta que dicha herramienta pueda ser utilizada después por la ciudad para realizar nuevos inventarios.

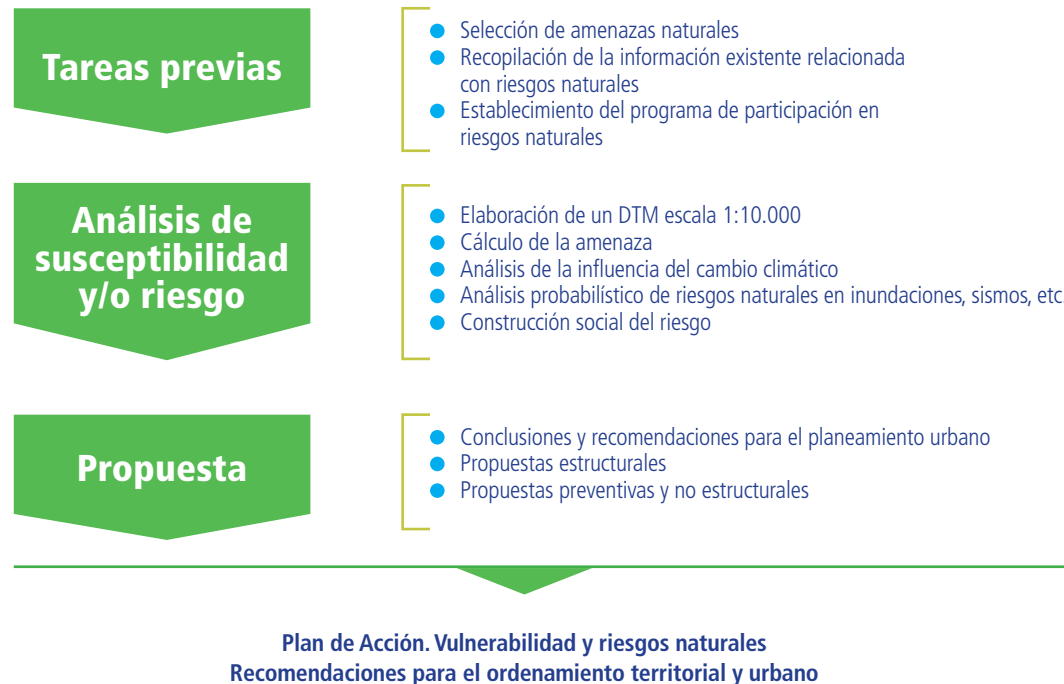
El diagnóstico sirve como base para el desarrollo de la hoja de ruta de mitigación, normalmente con horizonte temporal a 2050. La hoja de ruta de mitigación establece un marco estratégico que incluye una visión y un objetivo de reducción de emisiones recomendado. Posteriormente, se desarrollan líneas de actuación, que se despliegan en acciones específicas hasta alcanzar el objetivo estratégico recomendado, configurándose así el escenario propuesto o viable ("feasible"). Este escenario viable o de consenso está alineado con el de crecimiento urbano. Para cada acción del escenario se desarrolla una ficha específica que recoge directrices y claves para su implantación.

Metodología específica para el componente

2. Riesgos naturales



La metodología de riesgos naturales se estructura en tres fases: 1) Tareas previas para recopilar y analizar la información existente e identificar a los actores clave. 2) Selección de los principales peligros naturales de la ciudad y análisis de los riesgos asociados a esos peligros. 3) La propuesta con acciones preventivas y correctoras.



Tras la realización de las tareas previas, se seleccionan aquellos peligros naturales a estudiar, considerando un análisis multicriterio; esto con el objeto de analizar las principales amenazas en términos de frecuencia, impacto y aquellas que supongan un mayor aporte a la ciudad al estar menos estudiadas. De este modo, se define si son importantes en términos de riesgo y/o son un limitante para el desarrollo urbano al poseer un riesgo futuro. La selección de los riesgos es participativa con el gobierno y los agentes sociales locales.

- **Amenazas de inicio rápido:** inundación costera, marejada ciclónica y diferentes niveles de aumentos del nivel del mar (puede considerar de inicio lento también); inundación tierra adentro; huracanes y vientos con fuerza de tormenta tropical; actividad sísmica y sus efectos (movimiento de la tierra, licuefacción, tsunamis, etc.); actividad volcánica; deslizamientos de tierra; incendios forestales.
- **Amenazas de inicio lento:** olas de calor o frío; retroceso de los glaciares y sus efectos; erosión costera (teniendo en cuenta también el aumento del nivel del mar); pérdida de arrecifes de coral; salinización de acuíferos; sequía. Además otros efectos o cambios en las temperaturas mínimas o máximas, precipitación, insolación, y en los patrones de los comportamientos estacionales de la región (por ejemplo, escasez de alimentos y racionamiento de agua).

El análisis del riesgo pretende obtener una estimación de las pérdidas como consecuencia de las dinámicas naturales que amenazan a la ciudad; de este modo, se pueden establecer estrategias de protección financiera, análisis costo/beneficio de las medidas de mitigación propuestas y la realización de planes de gestión del riesgo. Por otro lado, se establece una zonificación de la amenaza para la implementación de planes de ordenamiento territorial.

Para el cálculo del riesgo se considera la aplicación de una metodología integral que determina el cálculo probabilístico del riesgo y se basa en los siguientes conceptos básicos:



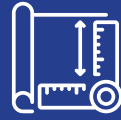
- **Amenaza o peligro:** es un peligro latente asociado a eventos, que pueden manifestarse en un sitio específico y en un tiempo determinado, produciendo efectos adversos en las personas, la infraestructura y la biodiversidad.
- **Vulnerabilidad:** es el factor de riesgo interno de un sistema expuesto, correspondiente a su predisposición intrínseca a ser afectado o de ser susceptible a sufrir un daño. Corresponde a la predisposición o susceptibilidad física, económica, política o social que tiene una comunidad de ser afectada o de sufrir daños.

Además de la vulnerabilidad física de los elementos expuestos, tiene expresiones en términos de niveles económicos y población. Para los fines, la vulnerabilidad se representa como el porcentaje (%), características y valor de la población, infraestructura (de servicios, productiva), instalaciones críticas y recursos naturales, dentro de las zonas de peligro.

- **Riesgo:** es la valorización de las consecuencias económicas, sociales y ambientales en un sitio particular y durante un tiempo de exposición determinado. Se obtiene de relacionar la amenaza con la vulnerabilidad de los elementos expuestos. Al igual que en el caso de la vulnerabilidad, el riesgo será relacionado a la población, la infraestructura (de servicios, productiva), las instalaciones críticas y los recursos naturales, expresándolos en términos de vidas (en el caso de población) y económicos en el resto de los casos. El riesgo es el resultado de la relación dinámica y dependiente entre amenazas y vulnerabilidades.

Metodología específica para el componente

3. Crecimiento urbano



Para el desarrollo de este componente se consideran las siguientes fases: diagnóstico, prospectiva, donde se plantean diferentes escenarios de crecimiento urbano y propuesta a incorporar en el plan de acción de la ciudad.

Diagnóstico histórico y actual

- Diseño de las huellas o perímetros urbanos a partir de imágenes satelitales
- Análisis de usos del suelo, crecimiento urbano, densidades y suelos vacantes
- Análisis del planeamiento existente y las infraestructuras planificadas
- Identificación y análisis de los factores limitantes o condicionantes al desarrollo urbano

Diseño de escenarios

- Criterios y herramientas para el planteamiento de escenarios de crecimiento urbano
- Diseño de escenarios de crecimiento urbano a 2030 y 2050

Propuesta

- Conclusiones y recomendaciones para el planeamiento urbano
- Propuestas suelos vacantes, áreas verdes, perímetro urbano, etc.
- Identificación de operaciones urbanas transformadoras

Plan de Acción. Ordenamiento Territorial y Uso del Suelo
Recomendaciones integradas para agua, saneamiento, movilidad, etc.
Recomendaciones para el estudio de crecimiento urbano

En el diagnóstico del crecimiento urbano se establecen las siguientes tareas:

Diagnósticos sectoriales de crecimiento urbano.

- Análisis multitemporal de la huella urbana y clases de análisis para el crecimiento urbano a partir de imágenes satelitales de muy alta resolución (escala 1:10.000).
- Análisis del planeamiento existente y las infraestructuras planificadas.
- Análisis del crecimiento de la población.
- Identificación y análisis de los factores limitantes o condicionantes al desarrollo urbano (componente de riesgos naturales).
- Análisis económico del valor y precio del suelo urbano.
- Análisis de la tendencia de crecimiento urbano y algunos cambios históricos que inciden en el crecimiento.

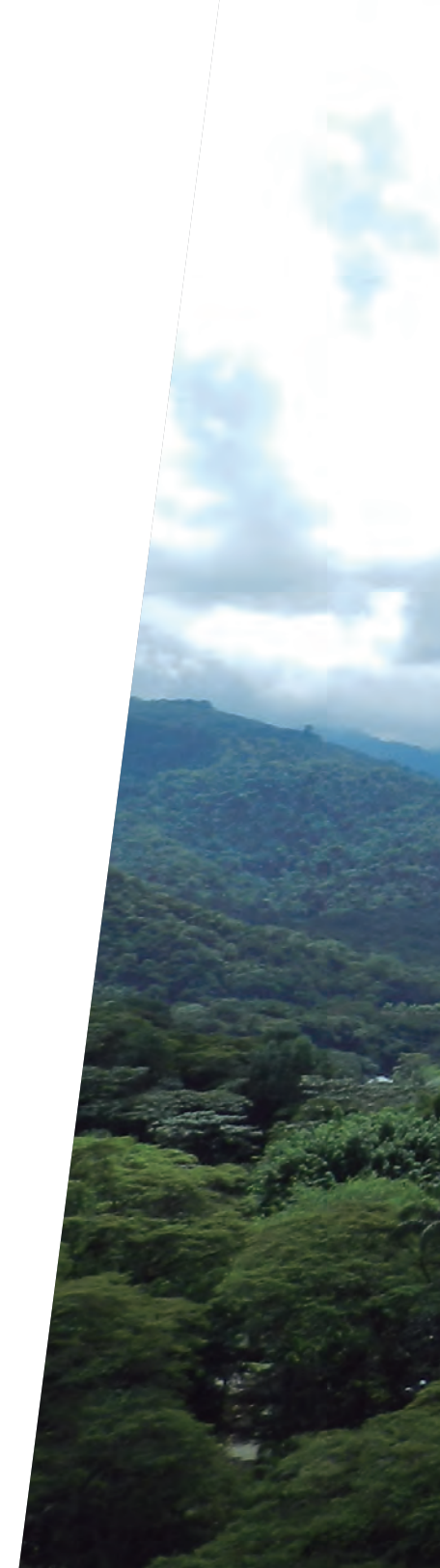
Diagnóstico integrado: identificación, descripción y valoración de debilidades y fortalezas para el crecimiento urbano.

- Identificación, descripción y valoración de problemas o debilidades para el crecimiento urbano.
- Identificación, descripción y valoración de fortalezas para el crecimiento urbano.
- Análisis FODA.

En cuanto a la prospectiva, se diseñan los siguientes escenarios de referencia:

- Escenario de crecimiento tendencial o imagen a la que tiende la ciudad si las condiciones actuales se mantienen. Se trata de no introducir un programa que modifique la evolución de la huella urbana actual. Las bases de este escenario son la proyección demográfica, una evolución tendencial de inversiones, infraestructuras y equipamientos y una proyección de los comportamientos sociales y parámetros de crecimiento de la ciudad. Según esta imagen, las áreas desfavorecidas agudizarían su situación y en aquellas áreas favorables se seguiría mejorando.
- Escenario de crecimiento óptimo o imagen deseable del crecimiento urbano de la ciudad, que permite fijar el límite superior del desarrollo futuro según una perspectiva de desarrollo sostenible. Es una imagen difícil de reproducir, teniendo en cuenta las importantes inversiones necesarias para controlar la dinámica de crecimiento. Los criterios básicos para definirlo están orientados a la mejora de la calidad de vida de la población mediante una gestión óptima de los recursos naturales en la que están presentes como elemento inspirador la sostenibilidad y el ecodesarrollo. Es, en definitiva, un escenario utópico para el que se considera una disponibilidad absoluta de recursos financieros, humanos y tecnológicos, así como la perfecta adecuación de los usos del suelo urbano en el entorno.
- Escenario de crecimiento propuesto, viable o de consenso ("*feasible*"), en el que se propone una imagen realizable o viable del crecimiento urbano mejorando la tendencia, pero sin alcanzar los niveles óptimos. Esta imagen constituye una situación intermedia entre los anteriores; hacia esta imagen, convergería la mayoría de las voluntades de instituciones políticas y de ciudadanos. Se realiza un análisis comparativo de la evolución de las variables del sistema territorial según los escenarios óptimo y tendencial.

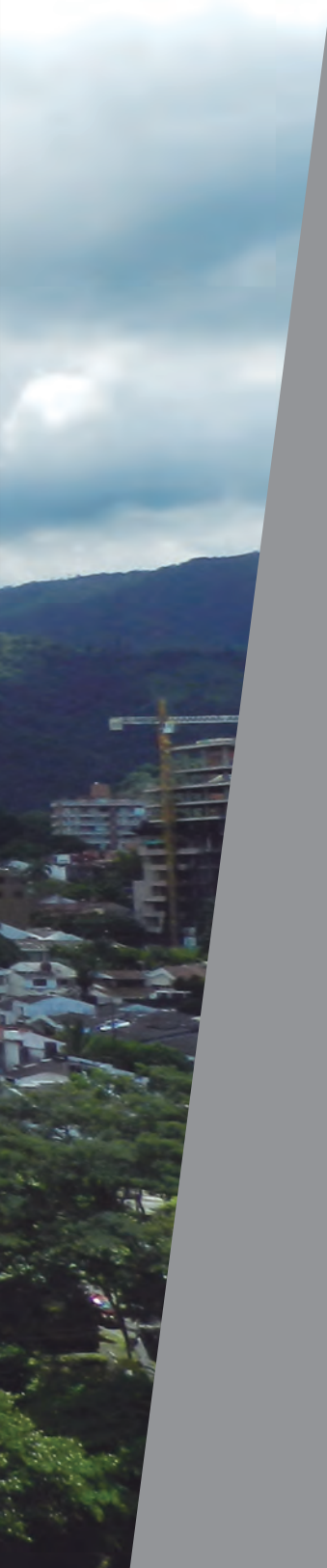
Finalmente, se considera una propuesta con la identificación y desarrollo de acciones de puesta en valor de vacíos, áreas verdes, áreas de expansión urbana, movilidad, operaciones urbanas y transformadoras, entre otros, que se incorporan en el plan de acción, así como recomendaciones para el planeamiento urbano existente.





1





CIUDADES ESTUDIADAS

Las ciudades objeto de estudio fueron Barranquilla, Montería, Pasto, Valledupar, Villavicencio y Santa Marta. En la actualidad, se trabaja en Ibagué, Neiva, Cartagena, Riohacha, Rionegro, Popayán y Sincelejo, lo cual representa una buena parte de la variada y rica biogeografía nacional. Además en la actualidad, se puede efectuar la comparación con más de treinta ciudades de América Latina y el Caribe.

En la elaboración de los estudios base han estado involucradas dos firmas consultoras, GEOADPTIVE e IDOM.

Barranquilla* y Montería fueron las primeras ciudades en donde se adelantaron los estudios; en estos intervino la firma GEOADPTIVE. Posteriormente se realizaron los estudios en las ciudades de Pasto, Valledupar, Villavicencio y Santa Marta*, donde actuó la firma IDOM.

Cabe resaltar que los alcances de los estudios en las ciudades han sido los mismos. Sin embargo, existen algunas diferencias entre ellos, producto de la experiencia, información disponible y particularidades de las ciudades.



BARRANQUILLA

MONTERÍA

*Estudios financiados por el BID



PASTO

VALLEDUPAR

VILLAVICENCIO

SANTA MARTA

Ciudades colombianas en las cuales se han desarrollado estudios base

1.1

CRECIMIENTO URBANO Y SUS IMPLICACIONES

Teniendo en cuenta lo expuesto anteriormente, en términos generales, el origen de las localidades en las ciudades colombianas es colonial. Las villas se organizaban en torno a una plaza o parque central donde se ubicaban los principales edificios institucionales y se estructuraban en un damero o retícula. Tiempo después, las localidades crecen lentamente y de una manera relativamente ordenada. Es a partir de la mitad del siglo pasado y en especial en la época de la explosión demográfica, cuando se presenta un ensanchamiento desordenado debido a fenómenos como la pobreza, la violencia y la emigración del campo a la ciudad. Ante estos fenómenos, en pocas décadas, los pueblos se transformaron en ciudades complicadas y desorganizadas.

En la actualidad, existen algunas ciudades donde sucede una transición compleja, desde lo urbano hacia lo rural, hallándose un desarrollo “urbano” difuso e impreciso. La zona urbana difusa corresponde a un suelo periurbano o áreas exteriores con características poco definidas. Este, pone de manifiesto la falta de control urbanístico y repercute en la expansión innecesaria de la huella urbana, lo que implica un aumento de los costos de servicios, falta de acción de los mismos e invasión de áreas productivas y naturales.

En las urbes estudiadas, en promedio una de cada tres ha de suelo es difuso alojando un 14% de la población. Se destaca Valledupar como una localidad compacta con su límite urbano bien definido. En el caso extremo están Villavicencio y Pasto, ciudades dispersas, con casi dos de cada tres ha de suelo difuso (ver Figura 1.1). Aunque no se posee un dato exacto, a este respecto en Barranquilla y Montería, el comportamiento es similar: alrededor del 8% del área municipio como en el caso de Barranquilla, algo que se da hoy día cuando se identifican vacíos en suelos urbanos que no están siendo utilizados y que hacen que la ciudad no cuente con el más eficiente modelo de crecimiento.

La densidad bruta de las ciudades colombianas es alta, en promedio encima de los 100 hab/ha; Pasto (165), Santa Marta (121), Valledupar (99) y Villavicencio (96); (Ver Figura 1.2) lo que está muy por encima del promedio de las ciudades intermedias de ALC, con apenas 46 hab/ha. Aun así, las urbes están caracterizadas por la presencia de vacíos o lotes de engorde y la predominancia de tipologías unifamiliares. Existe tendencia de los segmentos más altos hacia condominios multifamiliares cerrados, debido a la creciente inseguridad. En cuanto a los vacíos urbanos, destaca Villavicencio con un 23% y Santa Marta con un 7% de la superficie urbana.

Al respecto, las ciudades de Barranquilla y Montería presentan densidades medias que igualmente se encuentran entre 101 y 173 hab/ha respectivamente, manteniéndolas dentro de los promedios considerados altos en ciudades latinoamericanas

En general, en las ciudades emergentes colombianas, se observa una fuerte segregación social en el espacio; la clase social alta se sitúa próxima al centro y en zonas más privilegiadas en entornos naturales y/o en torno a las avenidas principales; la clase baja, ocupa la periferia y áreas vulnerables. Santa Marta y Villavicencio tienen más del 40% de la superficie urbana ocupada por estratos sociales bajos en hábitats urbanos menos cualificados; Valledupar y Pasto están en torno al 25%; además, se calcula que existe un promedio del 4% de viviendas en asentamientos precarios, generalmente en áreas vulnerables, por la invasión del espacio urbano. Por otra parte, en Barranquilla dado el tamaño de la ciudad los estratos altos se han venido desplazado hacia la periferia alejándose del centro histórico, caso diferente ocurre en Montería en donde se mantienen patrones similares a los descritos para Valledupar y Pasto.

Figura 1.1
Representación del crecimiento de suelo difuso para Valledupar, Santa Marta, Villavicencio y Pasto



Fuente: IDOM

Figura 1.2
Representación de la densidad bruta para Valledupar, Santa Marta, Villavicencio y Pasto

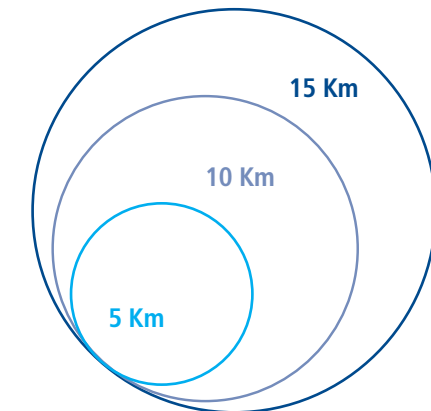


Fuente: IDOM

Del mismo modo, se ha identificado que las áreas comerciales y de actividad económica se localizan en el centro y sobre unas pocas avenidas, dejando grandes áreas residenciales mono funcionales. El espacio tiende a una especialización funcional y el contacto, el intercambio y la comunicación entre personas, actividades e instituciones se empobrece.

Existen importantes áreas verdes, pero generalmente no cualificadas; se trata de áreas no urbanizables por sus condiciones naturales, como humedales, cerros, barrancos, y taludes, entre otros. El promedio de áreas verdes cualificadas, es decir, aptas para el esparcimiento y recreación es baja, menos de 3 m²/hab, muy por debajo de los 10-15 m²/hab recomendados por la OMS.

Adicional al déficit cuantitativo, hay un importante déficit cualitativo en el espacio público existente y una desequilibrada distribución socio-espacial, lo que es un indicador de segregación e injusticia social.



Menor densidad urbana

1.2

RESULTADOS A RESALTAR

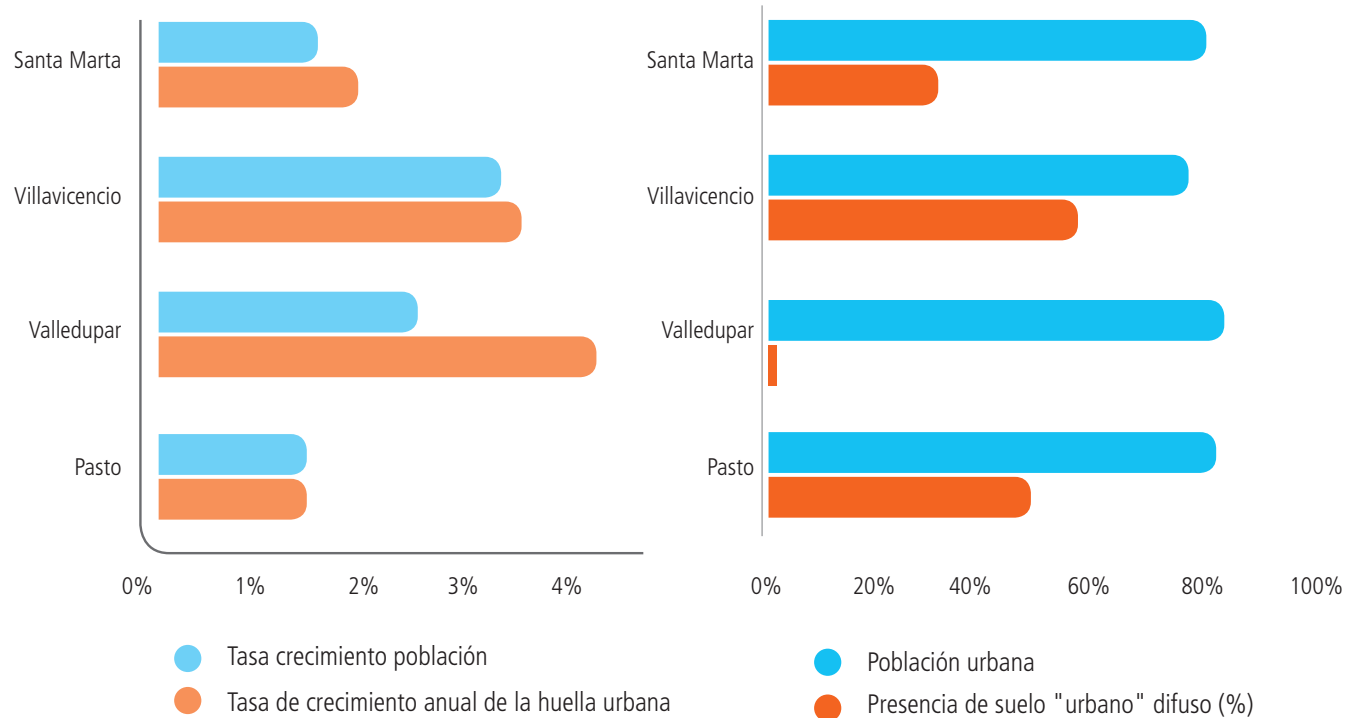
A lo largo de la elaboración de los estudios se trabaja con una batería de indicadores que permite evaluar los temas de interés de manera individual y con visión conjunta, teniendo en cuenta la función de la ciudad como un todo, sin perder el detalle de la distribución espacial.

A continuación y a modo de conclusión, se presentan algunos de los resultados obtenidos en las ciudades de Barranquilla (2013), Montería (2014), Pasto (2015), Valledupar (2016), Villavicencio (2016) y Santa Marta (2016).

1.2.1 Tasas de crecimiento poblacional y de huella urbana (límites y desarrollo urbano difuso)

En la Figura 1.3 se puede observar a modo de comparación la población urbana y su tasa de crecimiento frente a las tasas de crecimiento de la huella urbana y porcentaje de suelo urbano difuso.

Figura 1.3
Crecimiento poblacional y huella urbana



Fuente: IDOM

En cuanto a la ciudad de Barranquilla, los resultados presentan un crecimiento de la huella urbana más compacta, conduciendo a una expansión de solamente el 22% (2.779 ha). Este patrón refleja un desarrollo más eficiente y sostenible y favorece el crecimiento más denso y compacto, lo cual permite aprovechar las redes existentes de infraestructura física y social y reducir así el costo de la expansión de la ciudad. Los resultados para Montería muestran un crecimiento predominantemente proyectado mediante la renovación o la ocupación de espacios vacantes en el tejido urbano existente, a lo largo de las vías principales y hacia la mitad norte y el centro geográfico de la ciudad.

A modo de aclaración, se considera suelo urbano difuso al área urbana, de menor densidad, que existe como transición entre la ciudad compacta y consolidada y el ámbito rural. Además del análisis de superficie de huella difusa con respecto a la total, se considera el porcentaje de población urbana, ya que en ocasiones se constituye con diferente gradación en la intensidad edificatoria.

La Figura 1.4 presenta la ciudad de Santa Marta (izquierda) como ejemplo de un desarrollo urbano difuso, en donde predominan muchos espacios vacíos en el área de la ciudad. Por lo contrario, Valledupar (derecha), es un ejemplo de una ciudad con límites bien definidos.

1.2.2 Densidad

En la Figura 1.5 se puede observar, a modo de comparación, la densidad poblacional neta, bruta y construida en cuatro ciudades. La densidad poblacional se refiere al número de habitantes por superficie y la densidad construida, se calcula respecto al número de viviendas. La densidad construida representa mejor el modelo construido y urbano que la poblacional; es muy interesante el análisis comparado de las dos.

Se considera la densidad bruta como el número de habitantes o viviendas entre el área total ocupada por la ciudad. Para el cálculo de la densidad neta solamente se tiene en cuenta la superficie residencial.

Figura 1.4

Ejemplo de desarrollo urbano difuso y con límites bien definidos



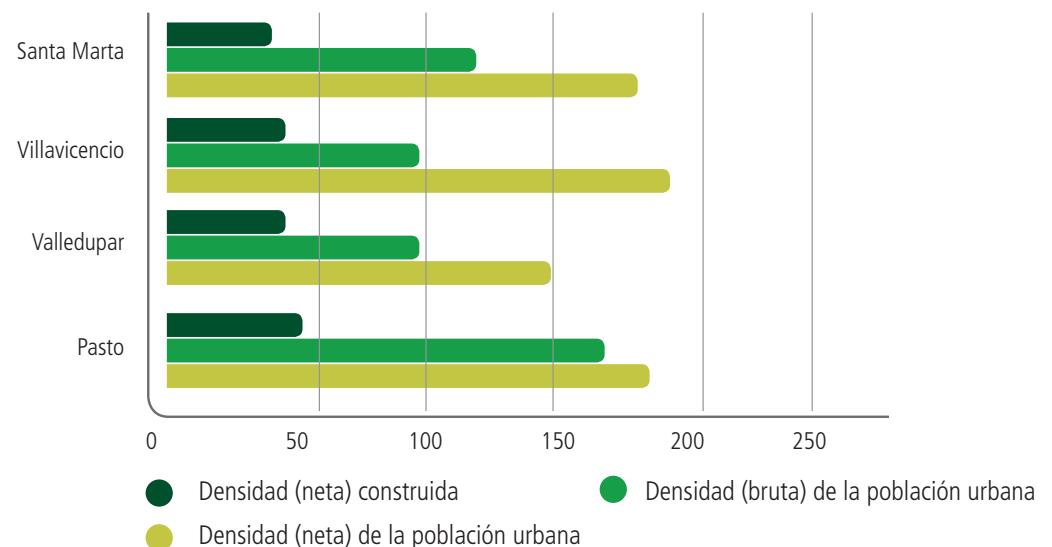
Desarrollo urbano difuso en Santa Marta

Fuente: IDOM

Límite urbano bien definido en Valledupar

Figura 1.5

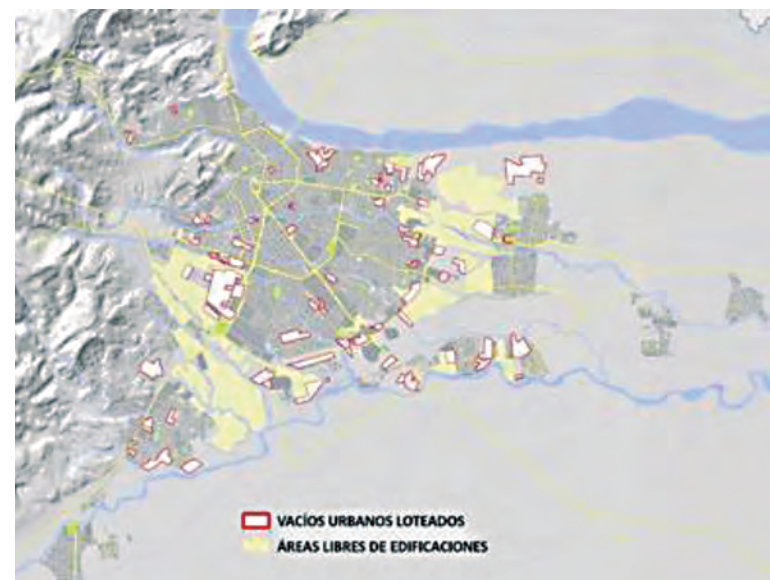
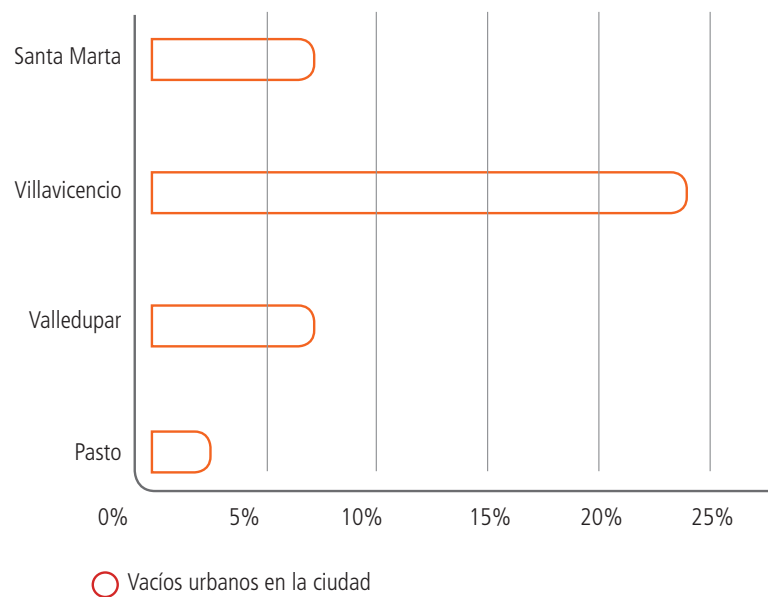
Densidades



Fuente: IDOM

En la Figura 1.6 (izquierda) se puede observar la comparación entre ciudades de los vacíos urbanos. Como modo de ejemplo (derecha), se encuentra una imagen de Villavicencio en la cual se puede observar los importantes vacíos existentes. Es de resaltar que los espacios vacíos en la ciudad se asocian con un menor aprovechamiento urbano del espacio y una menor densidad.

Figura 1.6
Vacíos urbanos



Vacíos urbanos en Villavicencio

Fuente: IDOM

Como se dijo anteriormente, en la ciudad de Barranquilla se cuenta con áreas desocupadas dentro de la huella urbana actual, ajustando un total de 433 ha que representan un 8% del territorio. Es de anotar que para la ciudad de Montería no se obtuvo, para el estudio, el dato de vacíos urbanos.

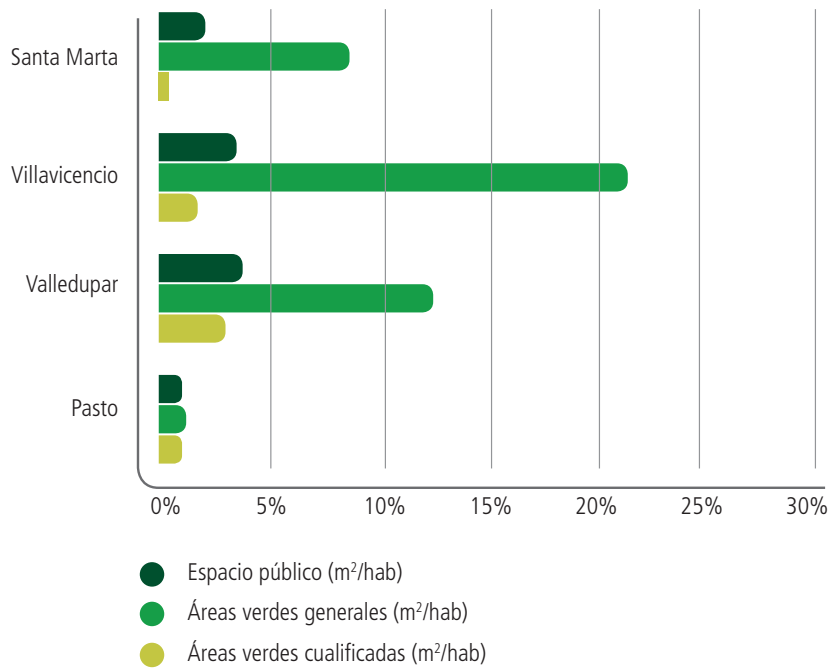
1.2.3 Áreas verdes y espacio público

Existen varias definiciones de áreas verdes generales con gran cantidad de tipologías: plazas, rotondas, parques o áreas verdes

naturales; que en su mayoría incluyen los conceptos de presencia de arbolado o plantas. En un análisis más profundo se pueden distinguir áreas verdes calificadas como aquellas preparadas para el uso por parte de los ciudadanos, es decir, espacios destinados al esparcimiento y recreación de personas (Figura 1.7).

El espacio público está definido por la suma de áreas verdes calificadas y otros espacios de convivencia ciudadana, aunque no esté necesariamente vegetado, tal como los equipamientos deportivos o las playas.

Figura 1.7
Vacíos urbanos



Fuente: IDOM

Para la ciudad de Barranquilla, como se aprecia en la Tabla 1.1, se cuenta con un total de 289 ha que se distribuyen entre parques, plazas y plazoletas, zonas verdes y deportivas. Por otra parte, para Montería, la proporción de espacio abierto en relación a la población actual de 330.285 habitantes (proyección 2013, DANE) es de 1,98 m² de espacio público (verde y abierto) por habitante, lo cual no alcanza el estándar mínimo de áreas verdes recomendado por la OMS.

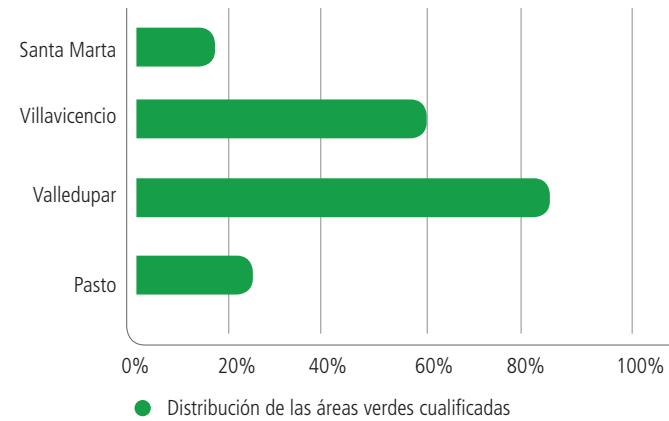
Para el estudio de la distribución de las áreas verdes se analizó el porcentaje de población a una distancia menor a diez minutos caminando, que equivale a unos 150-500 metros de radio de influencia. La Figura 1.8 presenta a modo de comparación, la distribución de las áreas verdes cualificadas en diferentes ciudades (arriba) y como ejemplo, se presenta la ciudad de Villavicencio (abajo).

Tabla 1.1
Parques y espacios públicos en la ciudad de Barranquilla

Espacio público	Cantidad	Área total (ha)
Parques	179	77.23 ha
Plazas y plazoletas	37	7.13 ha
Zonas verdes	62	16.33 ha
Zonas deportivas	966	188.61 ha

Fuente: IDOM

Figura 1.8
Distribución de áreas verdes



Distribución de áreas verdes cualificadas en Villavicencio

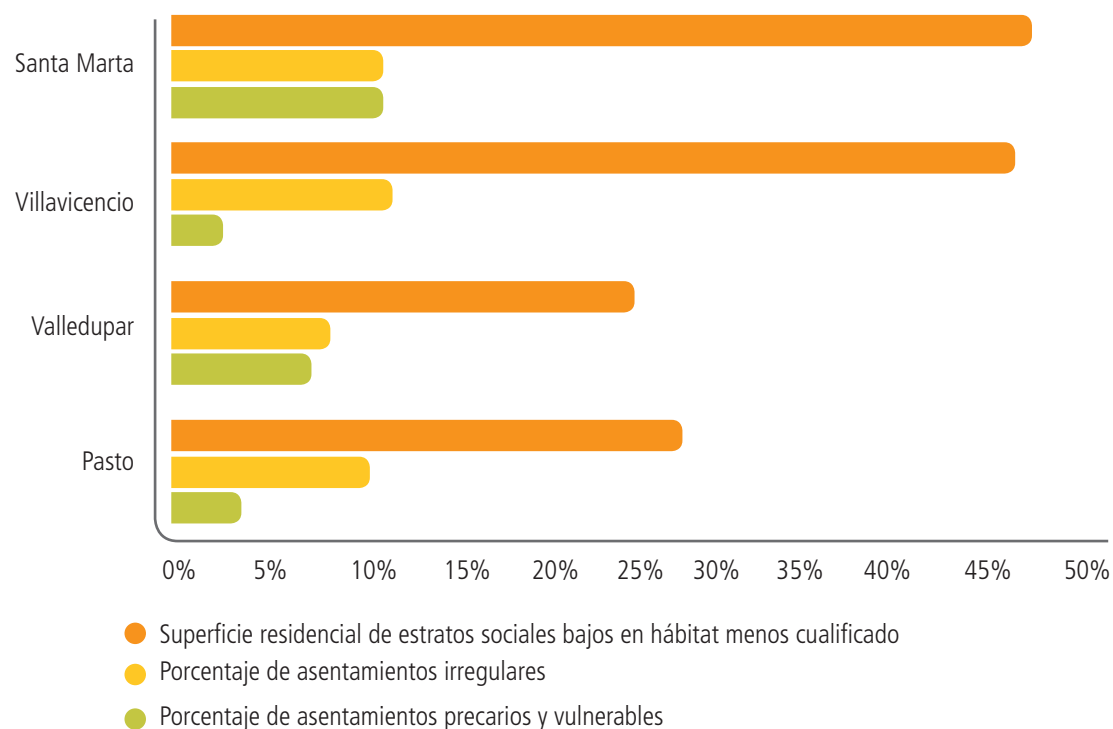
Fuente: IDOM

1.2.4 Lectura socio-espacial del territorio

La lectura socio-espacial del territorio está basada en las unidades homogéneas definidas en cada ciudad. Según esta lectura, se observa una preferencia mayoritaria de los estratos altos por las zonas cercanas al centro, mientras que los estratos bajos quedan relegados a los terrenos de exteriores de menor costo o forzados a invadir áreas no aptas para el desarrollo, como lo son las zonas protegidas y las áreas vulnerables y de riesgo. Las Figuras 1.9 y 1.10 presentan la superficie residencial de estratos sociales bajos y el tipo de asentamiento de su ubicación.



Figura 1.9
Superficie y ubicación de estratos sociales bajos



Fuente: IDOM

Figura 1.10

Asentamientos precarios y de alto riesgo

Asentamientos precarios en Santa Marta

Fuente: IDOM



Asentamientos precarios y vulnerables en Pasto

Desde el punto de vista del análisis de los riesgos naturales, se ha logrado determinar que en general estos se dan principalmente por una falta de control en el desarrollo urbano, con la implantación de usos residenciales en zonas de amenaza. Las invasiones o asentamientos ilegales han sido, en la mayoría de los casos, la principal causa de la construcción histórica del riesgo en las ciudades colombianas, al igual que en el resto de países latinoamericanos.

Esta construcción del riesgo, al exponer elementos vulnerables a las amenazas naturales, se da en muchos casos por desconocimiento de la población, como es el caso de las invasiones de la margen derecha del río Guatapurí en Valledupar, donde las precipitaciones más frecuentes o recurrentes en la cuenca no producen daños de consideración, son las lluvias asociadas a periodos de retorno mayores las que producen esos daños y es en ese momento cuando el riesgo se hace visible, es decir, cuando se produce el llamado desastre natural. En otros casos, como el río Guatiquía en Villavicencio, más estudiado, en el que se han construido diques longitudinales que de alguna forma marcan visualmente la zona

inundable de las márgenes, la causa no es el desconocimiento sino intereses de otra índole, como cercanía al centro urbano o sentido de pertenencia a comunidades ya asentadas.

El riesgo, que es la convivencia no armónica entre el medio urbano y el natural, se da en distintas medidas en todas las ciudades estudiadas. Caso claro es el de Pasto, donde todos los ríos que atraviesan el municipio, a excepción del río Pasto y el Miraflores, se encuentran canalizados, pasando a formar parte de la red de drenaje urbano de la ciudad. De esta forma, la amenaza natural se hace "invisible", motivando el aumento de la exposición a la amenaza, incrementándose el riesgo.

Principalmente son las comunidades pertenecientes a estratos más bajos las que suelen estar expuestas a las amenazas, especialmente a la de remoción en masa, asociada a altas pendientes y a la de inundación fluvial, en los cauces, al ocupar esta población más vulnerable el suelo vacante a una distancia del centro que no requiera de tanta movilidad como vivir en los corregimientos.

Sin embargo, esto no siempre se da de esta forma, ejemplo de ello es la margen izquierda del río Guatiquía en Villavicencio, con casas campestres de estratos medios y altos. Dicha zona está afectada de forma recurrente por las crecidas del río, cada 3 o 4 años. En este caso, como ejemplo de adaptación, las viviendas se han construido teniendo en cuenta la amenaza de inundación, construyéndose elevadas (40-50 cm), lo que las hace menos vulnerables a la amenaza, disminuyéndose el riesgo en estas áreas.

Colombia es un país sísmico, notándose especialmente en las ciudades más próximas a la cordillera de los Andes. Dentro del programa de Ciudades Sostenible y Competitivas, se tiene el ejemplo claro de Villavicencio, al pie de los Andes, indicando el comienzo de los Llanos Orientales. El sistema de fallas al oeste de la ciudad es el principal foco sísmico que la afecta. La normativa colombiana ha ido adaptándose gradualmente a este fenómeno para limitar la vulnerabilidad de sus construcciones con la publicación de normativas cada vez más restrictivas: ATC 1978, AIS 100-83, AIS 100-97, NSR-98 y NSR-10. Sin embargo, más allá del seguimiento de estas normativas, que zonifican todo el país, es muy recomendable, previo a la realización de un POT, un análisis del riesgo sísmico y de microzonificación, ya que el efecto local, en la amplificación del sismo es de enorme importancia, debiéndose evitar determinadas tipologías constructivas en ciertos suelos, disminuyendo de esta forma los costes constructivos y el riesgo de desastre.

Al igual que otros países, Colombia ha reflejado históricamente en su legislación la necesidad de tener en cuenta los riesgos naturales a la hora de ordenar el territorio. Ejemplo de ello es la Ley 388 de 1997, pero no siempre de forma concreta, no indicando de manera exacta cómo se han de tener en cuenta las amenazas naturales. Sin embargo, en los últimos años se ha avanzado en este sentido con el Decreto 1807 de 2014 y su modificación en el Decreto 1077 de 2015, en el que ya se indica dónde y a qué escalas se deben estudiar estas amenazas, concretamente la de inundación y la de remoción en masa, al ser estas las más recurrentes, indicando además que estos estudios deben tener la aprobación de la autoridad ambiental antes de ser incluidos en un POT, haciendo partícipe de esta forma a más organismos, como son las corporaciones y las alcaldías.

1.2.5 Comparativa de las ciudades colombianas desde el punto de vista del cambio climático

Las emisiones per cápita de las ciudades colombianas estudiadas son inferiores a la media de Colombia y a la media de los países latinoamericanos con los que limita. Además, son significativamente inferiores a los países más industrializados, tal y como se puede observar en la Figura 1.11

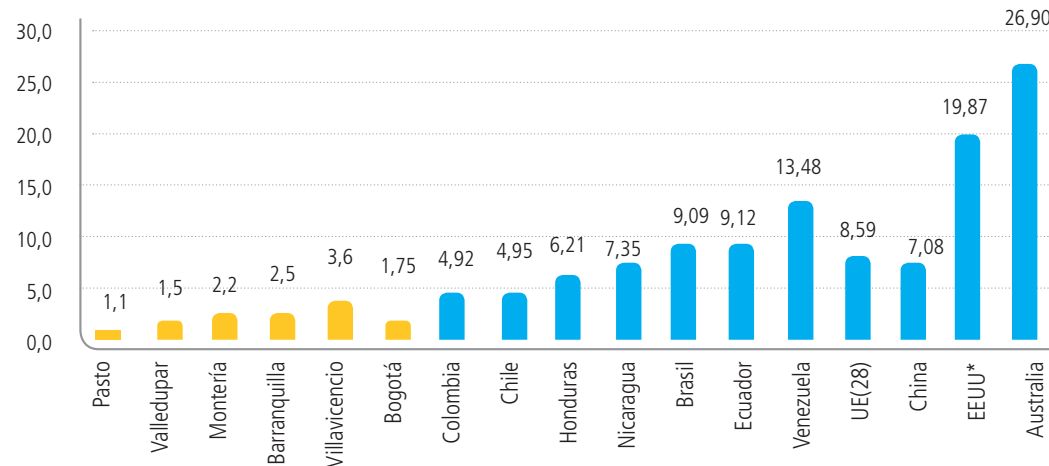
Dentro de las ciudades analizadas destacan las emisiones de Villavicencio, que como se verá, se debe principalmente a las emisiones fugitivas procedentes de la producción de petróleo, que suponen un 38% del total.

El dato de Bogotá se ha obtenido del Plan Regional Integral de Cambio Climático Región Capital Bogotá – Cundinamarca, mientras que el dato de Colombia se ha conseguido de la Tercera Comunicación Nacional sobre Cambio Climático de Colombia. El resto de datos per cápita nacionales se han obtenido a partir de la herramienta Climate Data Explorer (CAIT).

El balance de emisiones de gases efecto invernadero (GEI) per cápita de las ciudades colombianas estudiadas se sitúa entre 0,8 toneladas CO_{2e} (caso de Pasto) y 3,7 toneladas CO_{2e} (caso de Villavicencio). Este valor es relativamente bajo en comparación con territorios más desarrollados como Estados Unidos, Europa o Japón; sin embargo, las ciudades estudiadas presentan un denominador común, y es un escenario tendencial en el que las emisiones aumentan rápidamente, principalmente por el incremento del uso de combustible en el sector del transporte y por el aumento de la generación de residuos per cápita.

El principal sector emisor urbano es la movilidad. Las emisiones de transporte dependen de factores asociados a la morfología urbana, pues una ciudad compacta y diversa presenta menos emisiones; también, al sistema vial, a la calidad del transporte público y a otros, como utilizar el auto como símbolo de estatus. No obstante lo anterior, en el ámbito municipal la situación es diferente y las principales emisiones las constituyen las zonas

Figura 1.11

Comparativa de balance de emisiones per cápita para el año 2010 (Ton CO₂e)

Fuente: IDOM

rurales, siendo el principal foco emisor del municipio el sector de agricultura, silvicultura y usos del suelo (AFOLU), con emisiones asociadas mayormente a la ganadería y al cambio de uso del suelo que no solamente presenta emisiones significativas sino también las mayores oportunidades de reducción de emisiones de GEI. Caso especial es el municipio de Villavicencio, donde la actividad de extracción de petróleo representa una fuente significativa de emisiones que no se encuentra en el resto de ciudades.

Tal y como se ha mencionado anteriormente, las mayores oportunidades de mitigación se encuentran en el sector de agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra (AFOLU, por sus siglas en inglés), que es el único sector con capacidad de sumidero de CO₂. Estas acciones de mitigación deberían ir encaminadas a proteger la cobertura forestal existente, a desarrollar nuevos sumideros de CO₂ a través de forestaciones, sistemas silvopastoriles o cultivos perennes y a modificar el modelo ganadero extensivo actual.

Otro sector que presenta grandes oportunidades es el de residuos dado que la mayor parte de sus emisiones se concentran en los rellenos sanitarios. Es técnicamente sencillo conseguir reducciones significativas actuando sobre las emisiones de biogás. Asimismo,

teniendo en cuenta los altos porcentajes de residuos orgánicos, a largo plazo, se sugiere analizar la viabilidad de sistemas de compostaje de gran escala.

En el sector movilidad se recomienda apostar por utilizar el urbanismo para reducir las necesidades de desplazamientos, planificando una ciudad densa, compacta y con varias centralidades. Esta medida podría llegar a reducir hasta un 25% de las emisiones de GEI por carretera. De igual manera, debería ser combinada con acciones que favorezcan el uso del transporte no motorizado como la mejora de las condiciones de caminabilidad, la creación de ciclo-vías o la implantación de sistemas de bicicletas públicas.

A nivel general en Colombia, el sector de la energía estacionaria es el que presenta mayores barreras para actuar sobre él. Se trata de un sector con fuentes de emisión atomizadas, especialmente en el sector residencial y prácticamente sin necesidades de calefacción, que suele ser una de las grandes oportunidades de mitigación del sector en otras ciudades como las europeas. En zonas calientes se recomienda estudiar en el largo plazo la viabilidad de aplicar sistemas de refrigeración de distrito, que podría ser una de las acciones de mayor impacto en el sector. También cabe destacar

el rol ejemplarizante que deben jugar las administraciones públicas, para las que se recomiendan medidas como la rehabilitación energética de edificios representativos o la sustitución del alumbrado público actual a lámparas tipo led.

En cualquier caso, ninguna de estas medidas será exitosa si no se implementa un potente programa de educación ambiental, por lo que esto es una propuesta común en todas las ciudades estudiadas.

A través de este tipo de medidas se podría reducir el balance de emisiones del escenario tendencial en el año 2050 entre 26% (caso de Villavicencio) y 72% (caso de Valledupar). La reducción puede ser mayor si se consideran las políticas nacionales orientadas a cambiar la matriz energética, que reducirían las emisiones asociadas al uso de la electricidad.

Además de la reducción de emisiones de GEI, necesaria en el marco del Acuerdo de París, estas acciones de mitigación llevan asociados cobeneficios como la mejora de la calidad del aire, la protección de la biodiversidad o el ahorro energético.

Aunque las emisiones de GEI en las ciudades colombianas están en consonancia con la media latinoamericana y por debajo de la mundial, la tendencia es a su incremento tanto en valores absolutos debido al fuerte crecimiento demográfico como per cápita, considerando el aumento del parque vehicular per cápita, el incipiente desarrollo industrial y la destrucción de bosques y ecosistemas.

Finalmente, es de resaltar que las ciudades emergentes colombianas, aunque no son importantes generadoras de GEI, sí reciben un fuerte impacto como consecuencia del cambio climático, lo que se ve potenciado dado que se encuentran en entornos vulnerables y en muchos casos existen gran cantidad de áreas y viviendas expuestas a peligros naturales dentro de los cuales se destacan las inundaciones, la sequía y los deslizamientos.





2



A collage of images featuring bird of paradise flowers and a building, set against a green background. The collage is positioned on the left side of the page, with a diagonal split. The top-left portion shows a close-up of a bird of paradise flower with its characteristic red and blue colors. The bottom-left portion shows a blurred view of a building with a red roof, possibly a church or a historical structure, surrounded by greenery. The right side of the page is a solid, light green background.

BARRANQUILLA

2.1

ESTUDIO DE CAMBIO CLIMÁTICO

El estudio se desarrolló dentro del contexto de la plataforma de Ciudades Emergentes y Sostenibles del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) como parte del rubro Sostenibilidad Ambiental y Cambio Climático. Se estimaron las emisiones anuales de GEI de fuentes estacionarias, fuentes móviles, residuos sólidos urbanos, procesos industriales y uso de productos de la ciudad de Barranquilla. Adicionalmente, se elaboró un manual de estimación con el objetivo de contribuir al desarrollo de capacidades técnicas locales y facilitar las futuras actualizaciones del inventario por parte de funcionarios locales (GeoAdaptive LLC, 2013).

El inventario de emisiones de gases de efecto invernadero de la ciudad de Barranquilla se realizó para el año base 2010. Se evaluaron las emisiones directas generadas dentro de la ciudad, y las indirectas asociadas a actividades que se desarrollan dentro de la ciudad para las categorías de fuentes estacionarias, fuentes móviles, residuos, procesos industriales y uso de productos. Este estudio no realizó una proyección de las emisiones producidas en el sector de agricultura, silvicultura y uso de suelo (AFOLU, por sus siglas en inglés), debido a que se consideró que no eran significativas para el caso de la ciudad de Barranquilla.

Dentro de este trabajo se determina la línea base del Inventario de Emisiones de GEI hacia 2020 y 2030. Aunado a esto se desarrollan y establecen escenarios que consideran algunas medidas de mitigación y su proyección a 2020 y 2030.

Este estudio de emisiones GEI tiene como objetivos:

1. Establecer con base al Inventario de Emisiones de GEI con año base 2010 para la ciudad de Barranquilla, la línea base hacia 2020 y 2030.
2. Establecer escenarios de desarrollo humano, tendencial y sostenible para 2020 y 2030.
3. Establecer medidas de mitigación en los diferentes sectores.
4. Proyectar el escenario con las medidas de mitigación incorporadas al escenario sostenible de desarrollo urbano.

La hoja de ruta tiene por horizonte temporal 2020 y 2030; y por alcance, los siguientes sectores:

- Uso de la energía: residencial, comercial, público, agropecuario, industrial y transporte.
- Desechos: residuos sólidos y aguas residuales.
- Procesos industriales y uso de productos.

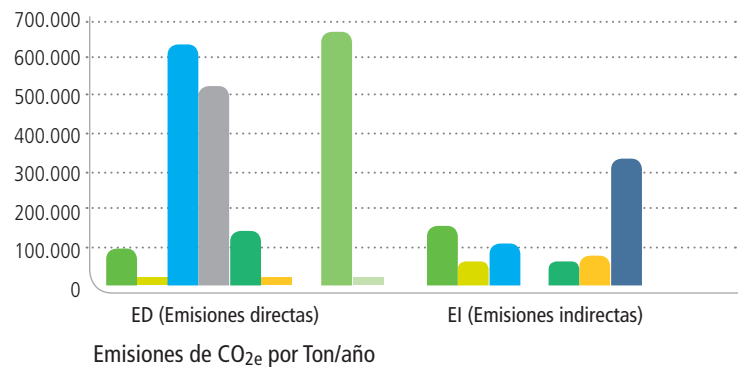
2.1.1 Diagnóstico

La hoja de ruta se basa en un diagnóstico cualitativo y cuantitativo que incluye un inventario de emisiones de GEI de la ciudad de Barranquilla. Se evaluaron las emisiones de GEI (CO₂, CH₄ y N₂O) utilizando la metodología GPC Basic+, partiendo de la información proporcionada por las autoridades y agencias locales, considerando los conceptos de reproducibilidad, rastreabilidad y transparencia que indica la metodología seleccionada. La cuantificación se realizó en forma anual, para la ciudad de Barranquilla exclusivamente, sin considerar la zona metropolitana.

Se definió como año base 2010 y como zona de estudio el área de la ciudad sin considerar los municipios conurbados ni la zona de transición rural. En total, durante el año 2010, en la ciudad de Barranquilla se emitieron a la atmósfera 3.023.608 toneladas/año de CO₂e, que corresponde a 2.546.579 toneladas/año de CO₂, 16.309 toneladas/año de CH₄ y 434 toneladas/año de N₂O. De estas, la contribución principal de CO₂ es de la generación eléctrica con 650.063 toneladas/año de CO₂; en tanto que de CH₄ la categoría que genera las mayores emisiones es la descomposición microbiana de la fracción orgánica de los residuos sólidos municipales en los dos rellenos sanitarios existentes, la cual en total es de 16.085 toneladas/año.

Es decir, las principales fuentes de emisión directa (ED) son los procesos industriales con el 31% y la generación eléctrica con el 30% del total emitido a la atmósfera. En tanto que de las emisiones indirectas (EI), la disposición de residuos sólidos urbanos y el consumo habitacional de energía eléctrica son las principales fuentes de emisión con el 40% y 19%, respectivamente (Figura 2.1).

Figura 2.1
Emisiones en Ton de CO₂e por categoría



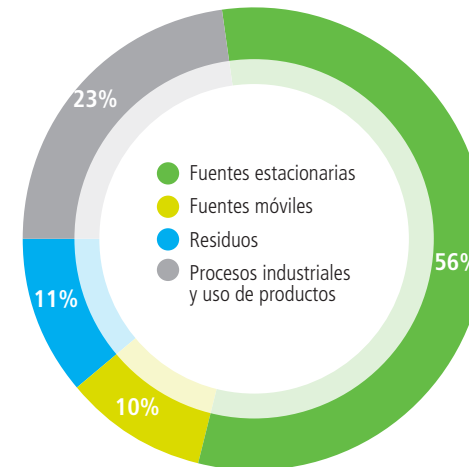
● Habitacional	101.035	162.621
● Comercial/Institucional	31.898	70.479
● Generación de energía	650.063	121.011
● Uso industrial de la energía	539.393	7.398
● Transporte On - Road	153.958	67.884
● Embarcaciones	13.299	79.175
● Disposición de residuos sólidos		337.790
● Procesos Industriales	677.508	
● Uso de productos	10.050	

Fuente: GeoAdaptive LLC (2013)

En cuanto a la distribución de las emisiones totales de CO₂e generadas a la atmósfera, la mayor parte es proveniente de la categoría de fuentes estacionarias con el 56%, seguido de los procesos industriales y uso de productos con el 23% de las emisiones, como se muestra en la Figura 2.2.

Para la realización del estudio se proponen dos escenarios de crecimiento urbano, uno donde se sigue la tendencia de crecimiento actual (tendencial) y otro, donde la principal premisa es favorecer la redensificación de la ciudad, aprovechando la infraestructura desarrollada actualmente (sostenible o inteligente).

Figura 2.2
Distribución de emisiones de CO₂e por categoría



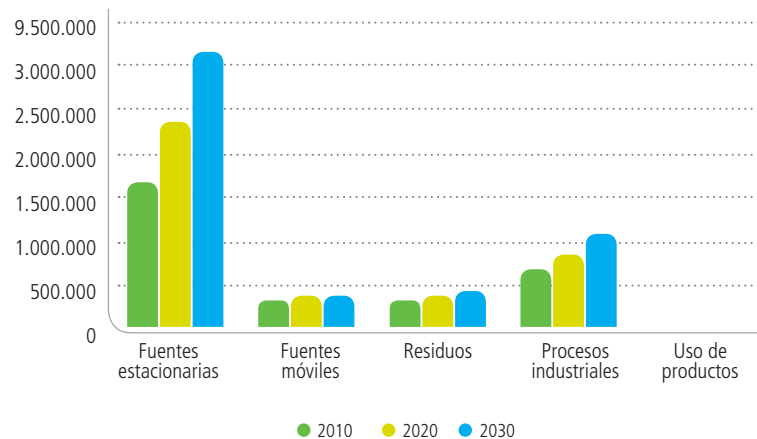
Fuente: GeoAdaptive LLC (2013)

2.1.2 Escenario tendencial

Se plantea un escenario tendencial considerando el crecimiento poblacional y el producto interno bruto (PIB) hacia 2020 y 2030, mediante la obtención de la tasa anual de crecimiento de ambos parámetros.

En este escenario, se contempla un incremento en las emisiones de CO₂e en un mayor porcentaje en el sector de fuentes estacionarias, llegando a unas emisiones en el año 2030 de alrededor de 3.100.000 toneladas de CO₂e, un 89% de incremento en las emisiones; seguido del sector de procesos industriales que inicia en 2010 en 677.508 toneladas de CO₂e y se proyecta a 2030 en 1.140.132 toneladas de CO₂e; que representan una variación del 68% (Figura 2.3).

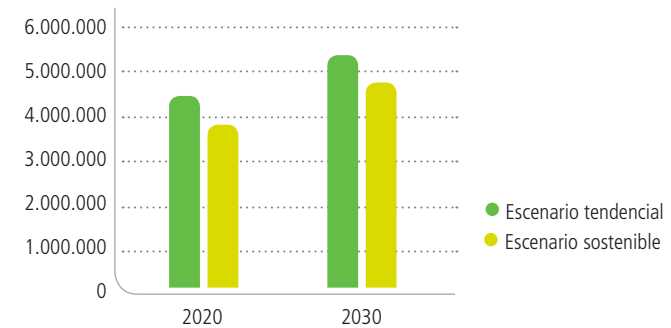
Figura 2.3
Línea base 2010 - 2030 por sector para la ciudad de Barranquilla (Ton CO₂e)



Fuente: GeoAdaptive LLC (2013)

Se desarrolló una nueva línea base en función del desarrollo de los escenarios de la huella urbana, con lo cual se obtuvieron dos posibilidades para la línea base o de referencia, un escenario tendencial y otro sostenible. En la Figura 2.4 se muestran de forma gráfica las reducciones de 608.081 toneladas/CO₂e en 2020 y 455.561 toneladas de CO₂e en 2030, al comparar los dos escenarios en mención.

Figura 2.4
Línea base 2010 - 2030 en función del desarrollo de huella urbana para la ciudad de Barranquilla (Ton CO₂e)



Fuente: GeoAdaptive LLC (2013)

2.1.3 Hoja de ruta de mitigación

Para la definición de acciones en la hoja de ruta de mitigación se han priorizado los siguientes sectores:

- Desechos sólidos: por ser el sector de más emisiones indirectas.
- Procesos industriales: por ser el sector que más emisiones directas aporta a la ciudad.
- Fuentes estacionarias, en edificios habitacionales y uso industrial de energía.

Las medidas de mitigación consideradas se presentan en la Tabla 2.1:

Tabla 2.1
Medidas de mitigación para la ciudad de Barranquilla

Sector afectado	Medidas
Desechos - residuos sólidos urbanos	Separación de residuos inorgánicos para su reciclaje.
Desechos - residuos sólidos urbanos	Separación de la materia orgánica para compostaje.
Desechos - residuos sólidos urbanos	Recuperación y destrucción de metano generado en los rellenos sanitarios mediante quemado de biogás.
Procesos industriales	Aprovechamiento de energía en la industria cementera.
Fuentes estacionarias - habitacional	Sustitución de electrodomésticos, neveras.
Fuentes estacionarias - habitacional	Iluminación, sustitución de focos por unos más eficientes.
Fuentes estacionarias - uso industrial de la energía	Aprovechamiento de energía en la industria.

Fuente: GeoAdaptive LLC (2013)

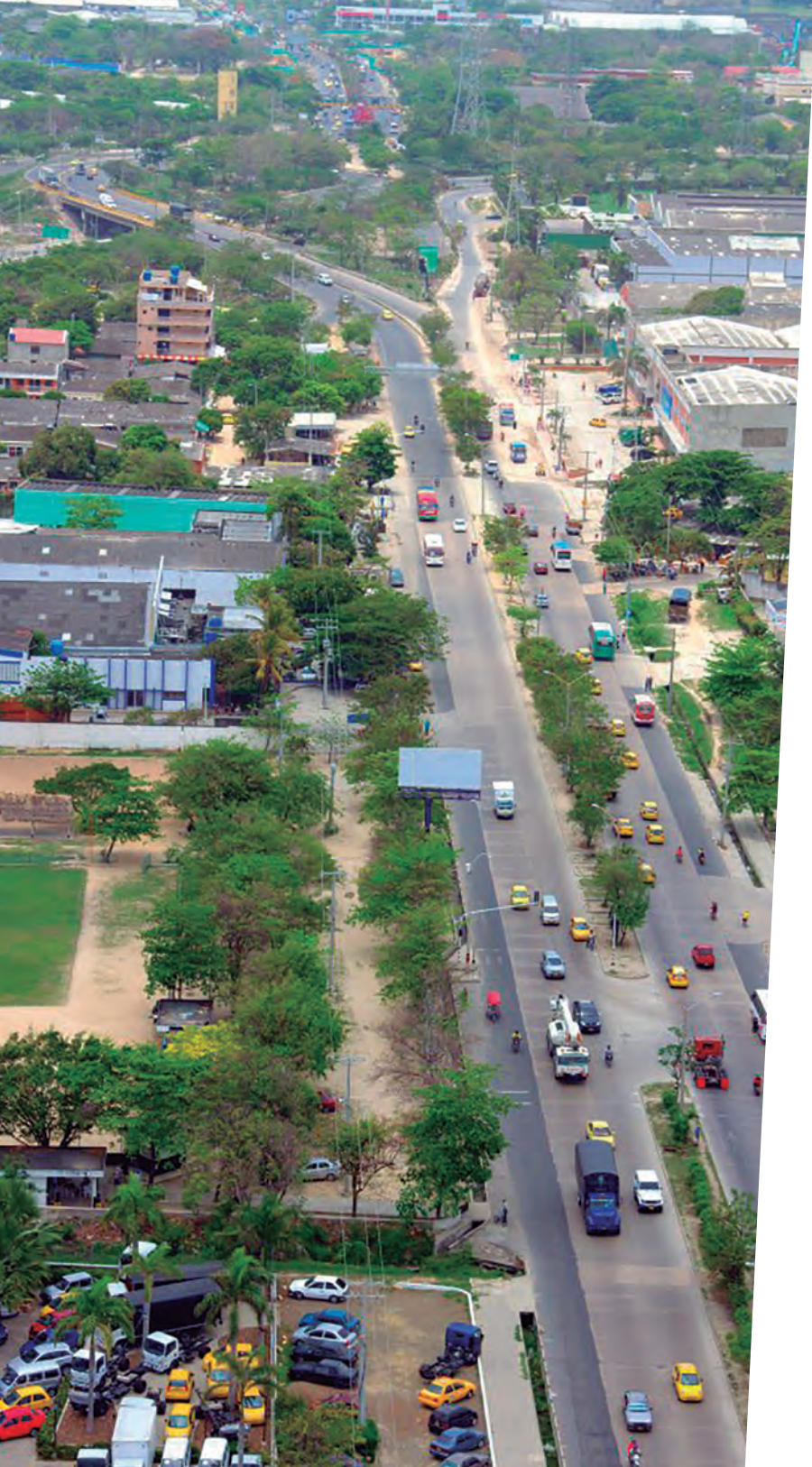
Las medidas de mitigación de ambos escenarios inician en el año 2013 y fueron evaluadas al igual que la línea base hacia 2020 y 2030, partiendo del escenario sostenible de desarrollo de la huella urbana 2020 y 2030. Los resultados obtenidos son los que se presentan a continuación en la Tabla 2.2.

Tabla 2.2
Resultados de emisiones en Ton CO₂e, 2010, 2020 y 2030 considerando siete medidas de mitigación en el escenario sostenible de desarrollo de la huella urbana para la ciudad de Barranquilla

Fuente*			Escenario de huella urbana		
			2010	2020	2030
Fuentes estacionarias	Edificios habitacionales - combustión habitacional	ED	101.035	109.386	147.914
		EI	162.621	164.638	223.935
	Edificios comercial/ institucional	ED	31.898	42.325	57.233
		EI	70.479	93.519	126.458
	Generación de energía	ED	650.063	703.796	951.689
		EI	121.011	131.013	177.160
	Uso industria de la energía	ED	539.383	586.249	792.740
		EI	7.398	10.501	13.591
Fuentes móviles	Transporte On-Road	ED	153.958	171.273	188.097
		EI	67.884	75.518	82.936
	Embarcaciones	ED	13.299	17.035	18.915
		EI	79.175	98.537	109.165
Residuos	Disposición de residuos sólidos	EI	337.791	39.177	34.368
Procesos industriales	Procesos industriales	ED	677.508	758.838	1.026.118
Uso de productos	Uso de productos	ED	10.050	12.960	17.525
Total			3.023.553	3.014.765	3.967.844

*ED (emisiones directas) EI (emisiones indirectas)

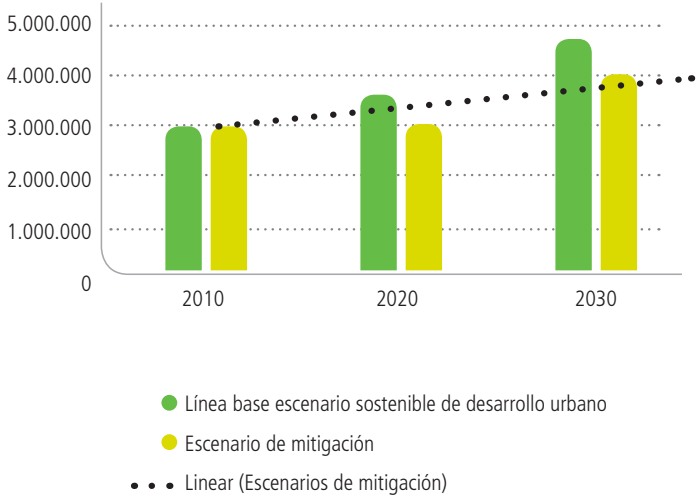
Fuente: GeoAdaptive LLC (2013)



En la Tabla 2.2 se pueden observar las emisiones obtenidas después de aplicar la medida en los sectores habitacional, disposición de residuos sólidos, procesos industriales (cementera) y uso industrial de la energía para los años 2020 y 2030 respectivamente. También se puede ver que el sector de disposición de residuos sólidos disminuye sus emisiones considerablemente. Se debe aclarar, que se encuentran tres medidas conjuntas en esta reducción de 347.144 y 381.185 toneladas/CO_{2e} en 2020 y 2030 respectivamente, tal como se observa en la figura 2.5.

La Tabla 2.3 muestra las reducciones a 2020 y 2030 por medida del CO_{2e}, se puede observar que en el sector de desechos con separación de la materia orgánica para compostaje, se tiene el máximo de toneladas de CO_{2e} reducidas con 335.698 para 2020 y 361.099 para 2030.

Figura 2.5
Emisiones en Ton CO_{2e} para la línea base y los escenarios de mitigación sobre el escenario sostenible de la huella urbana para la ciudad de Barranquilla de 2010, 2020 a 2030



Fuente: GeoAdaptive LLC (2013)

Tabla 2.3

Emisiones en toneladas reducidas anuales de CO₂e, en los años 2020 y 2030 para cada medida para la ciudad de Barranquilla

Sector Afectado	ID	Medidas	2020	2030
Desechos - residuos sólidos urbanos	1	Separación de residuos inorgánicos para su reciclaje.	8.064	16.053
Desechos - residuos sólidos urbanos	2	Separación de la materia orgánica para compostaje.	335.698	361.099
Desechos - residuos sólidos urbanos	3	Recuperación y destrucción de metano generado en los rellenos sanitarios mediante quemado de biogás.	80.193	138.362
Procesos industriales	4	Aprovechamiento de energía en la industria cementera.	84.315	114.013
Fuentes estacionarias - uso industrial de la energía	5	Aprovechamiento de energía en la industria.	146.562	198.185
Fuentes estacionarias - habitacional	6	Sustitución de electrodomésticos, neveras.	10.504	13.130
Fuentes estacionarias - habitacional	7	Iluminación, sustitución de focos por unos más eficientes.	920	1.010

Fuente: GeoAdaptive LLC (2013)

De acuerdo con el estudio, se ha reconocido que el abordar los problemas de contaminación del aire y cambio climático conlleva a un mejor resultado en los beneficios comunes obtenidos, en donde una disminución del 20% en las emisiones de CO₂ podría llevar a una caída de alrededor del 15% en la mortalidad inducida por la contaminación del aire local, con ahorros considerables en los costos asociados.

Expuesto lo anterior, se estima que para el año 2030 el área de estudio en el escenario sostenible, con la adopción de las siete medidas planteadas en torno a los ejes de separación de residuos, tratamiento del biogás en rellenos sanitarios, eficiencia energética y uso de energías renovables que se muestran en la Tabla 2.1, se lograría una reducción de 754,054 toneladas/año de CO₂e promedio, lo que representaría un beneficio para la salud pública de aproximadamente USD 502.7 millones al año¹.

1. Esta valoración económica del beneficio está reflejada en rubros como son: 1. Reducción de camas de hospitales 2. Menor dosis de medicamento por enfermedad 3. Reducción de ausencias en el trabajo por problemas de salud 4. Menor cantidad de consultas médicas.

2.2

ESTUDIO DE RIESGOS NATURALES

La ciudad de Barranquilla es la capital del departamento del Atlántico y se encuentra al norte de la República de Colombia, bordeado en parte por el mar Caribe y la desembocadura del río Magdalena, lo cual implica potenciales impactos por inundaciones de carácter paulatino, ya sea por aumento del nivel del mar o por desbordamiento del río. Dentro del ámbito urbano, la red hídrica de los arroyos y los patrones de escorrentía son tales que se producen inundaciones, la mayoría de ellos con cauces temporales —las calles (vía canales) — cuando ocurren eventos de precipitación moderados o intensos.

Adicionalmente, existen problemas por deslizamientos -remoción en masa- en las zonas con mayor elevación. Se prevé que las consecuencias de las inundaciones no solamente afectarán a la población y la infraestructura municipal que sostiene a la ciudad sino también tendrán un impacto directo en la zona portuaria y en la zona industrial al borde del río, dos de los sectores más importantes para la economía de Barranquilla.

Para este estudio se utilizó un área que incluye el área metropolitana de Barranquilla (Soledad, Malambo, Barranquilla y Puerto Colombia), la zona circundante a la misma, el cauce y ambos bordes del río Magdalena, las cuencas hidrográficas que abarcan la región, la desembocadura del río y la zona costera (GeoAdaptive LLC, 2013).

Basados en la selección de amenazas prioritarias para Barranquilla, se han desarrollado análisis de amenazas para cuatro fenómenos:

- Inundación pluvial (arroyos): inundación temporal causada por precipitaciones moderadas a altas. Es corta y de alta velocidad que se ve exacerbada por las superficies impermeables.
- Inundación y desbordamiento del río Magdalena: se caracteriza por ser una inundación lenta y puede provocar la erosión en las riberas del río.

- Inundación costera: se identifica por ser una inundación lenta y de larga duración. Es causada por un aumento del nivel del mar y la marejada.
- Remoción en masa (deslizamientos): causada a consecuencia de las características geológicas y geotécnicas del suelo barranquillero. El problema es exacerbado por precipitaciones intensas en donde se satura el suelo y pierde resistencia. Los deslizamientos pueden ser un proceso lento o un evento rápido y pueden dañar las infraestructuras críticas.

2.2.1 Análisis probabilista del riesgo de inundación

2.2.1.1 Inundaciones pluviales

Los arroyos tienen características diferentes a lo largo de la longitud del río Magdalena. En una porción grande de la longitud, los arroyos son la red de carreteras de Barranquilla. Otras porciones son canales. Estos segmentos de carretera de arroyos son particularmente peligrosos para la población y las estructuras adyacentes. Elementos grandes e inseguros como los buses o los basureros pueden volverse escombros peligrosos durante una inundación repentina.

La inundación de arroyos afecta gravemente al área comercial en Barranquilla y puede restringir el acceso a servicios vitales como hospitales y escuelas. La infraestructura crítica y los negocios no pueden operar sobre las calles, que se convierten en arroyos durante la inundación.

Este reporte contiene los resultados del estudio indicativo del impacto de los arroyos en la ciudad. Un estudio unidimensional se completó para los tres arroyos más críticos en la ciudad (Tabla 2.4): arroyo del Country, el cual corre a través de una de las áreas más densamente pobladas de la ciudad; arroyo de Rebolo y arroyo Calle 84.

Tabla 2.4
Características hidrológicas de los arroyos seleccionados

Características de los arroyos											
Arroyo	Área (ha)	% Impermeabilidad	Intensidad de precipitación (mm/hr)			Caudal estimado (m ³ /s)			Caudal ajustado 56(m ³ /s)		
			25 Años de retorno	50 Años de retorno	100 Años de retorno	25 Años de retorno	50 Años de retorno	100 Años de retorno	25 Años de retorno	50 Años de retorno	100 Años de retorno
El Country	560 ha	92%	115	127	140	170	188	207	156	173	190
Rebolo	720 ha	94%	105	116	127	200	220	241	188	207	227
Calle 84	218 ha	96%	130	143	156	75	83	91	72	80	87

Fuente: GeoAdaptive LLC (2013)

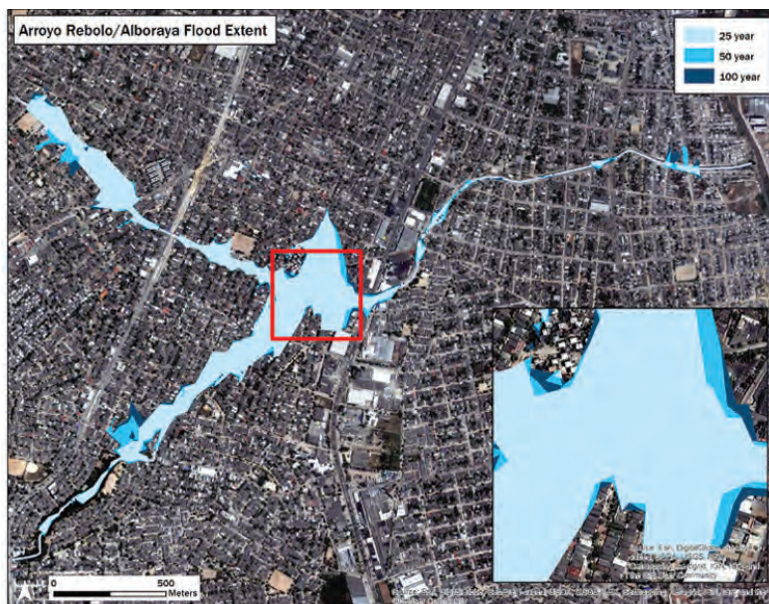
Figura 2.6
Ejemplo del análisis de inundación para cada periodo de retorno para el caso del arroyo El Country



Fuente: GeoAdaptive LLC (2013)

Figura 2.7 y 2.8

Mapas de inundación para los tres periodos de los arroyos de Rebolo y Calle 84, respectivamente



Fuente: GeoAdaptive LLC (2013)



Fuente: GeoAdaptive LLC (2013)

En general, los resultados de los modelos de inundación reflejan que las extensiones de inundación para cada uno de los tres periodos de retorno son esencialmente idénticas.

Los arroyos objeto de estudio muestran una alta exposición de los sistemas productivos (suelo industrial y comercial) y las carreteras. Ambos tipos de infraestructura son importantes para la economía de la ciudad: los sistemas productivos para los ingresos y medios de subsistencia, los caminos para las operaciones comerciales, servicios públicos y de emergencia, y la funcionalidad diaria de la ciudad.



2.2.1.2 Inundaciones fluviales y desbordamiento del río Magdalena

La inundación fluvial en Barranquilla es influenciada por el aumento en el nivel del mar y la precipitación. Grandes volúmenes de escorrentía de las áreas urbanas también impactan el volumen y calidad del agua de río.

Se consideraron cinco escenarios diferentes para la inundación del río Magdalena para un periodo de retorno de 25 años. En la Tabla 2.5 se muestra la población expuesta a esta amenaza en cuatro de estos escenarios.

Tabla 2.5
Población expuesta a la inundación del Río Magdalena

Población Expuesta - Inundación del Río Magdalena											
Modelación de condiciones actuales			Escenario A1			Escenario A2			Escenario A3		
Hab	%	Prioridad	Hab	%	Prioridad	Hab	%	Prioridad	Hab	%	Prioridad
103	0,01%		9.860	0,98%		7.035	0,70%		606	0,06%	

Fuente: GeoAdaptive LLC (2013)

Aproximadamente 103 personas están expuestas actualmente a inundaciones fluviales en Barranquilla. No obstante, la población que ocupa estas áreas puede ser mayor, especialmente durante horas hábiles, ya que gran parte de la industria se ubica a lo largo del río.

La mayor cantidad de población estaría expuesta en el escenario A1 en el año 2030, aproximadamente 9.860 personas, lo que equivaldría al 0.98% de la población de Barranquilla.

Por su parte, unos \$100 mil millones de pesos colombianos, están en riesgo actualmente por inundación de ríos. Este riesgo es para los estratos 1, 2 y 3. El escenario A1 tiene la mayor pérdida estimada con un total de \$2.18 billones de pesos colombianos en riesgo, para 2030. Este estimado incluye pérdidas en los estratos 1, 2, 3 y 4. (Figura 2.9)

La infraestructura también está en riesgo de inundación fluvial. En lo que se refiere a la de centros educativos, se calcula en riesgo una pérdida probable máxima de \$1.76 billones de pesos colombianos, tanto en un escenario tendencial como en el escenario sostenible (Tabla 2.6).

Tabla 2.6

Valores expuestos: económico y riesgo de la infraestructura - bienes (COP)
por la amenaza de la inundación del río Magdalena

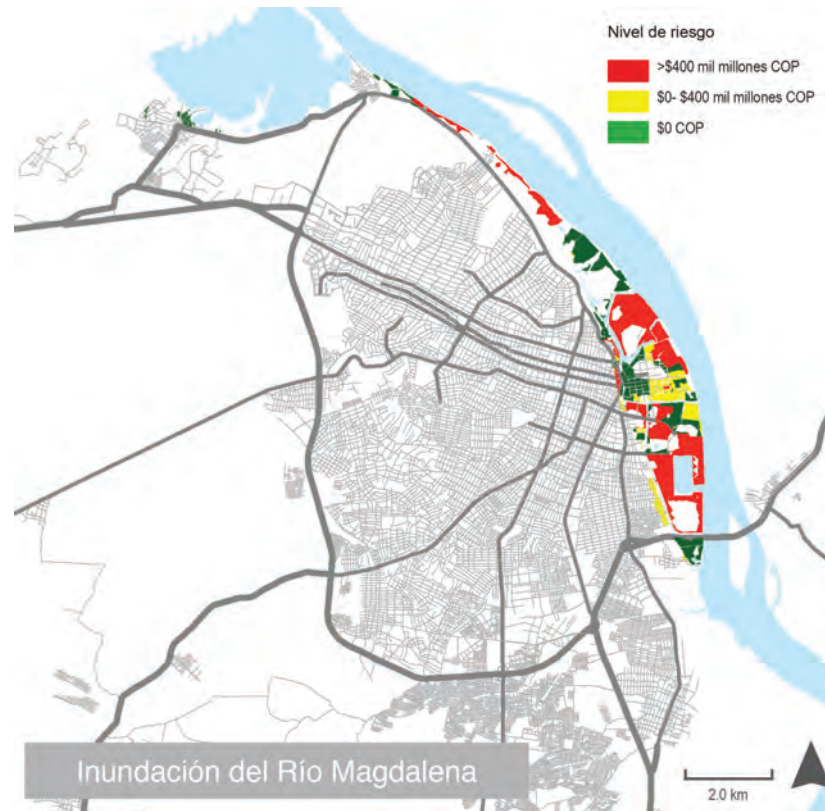
Riesgo económico - inundación del Río Magdalena				
Estrato	Modelación de condiciones actuales	Escenario B1 T25	Escenario A2 T25	Escenario A1 T25
1	\$6 mil millones	\$60 mil millones	\$300 mil millones	\$350 mil millones
2	\$40 mil millones	\$400 mil millones	\$790 mil millones	\$1,000 mil millones
3	\$40 mil millones	\$490 mil millones	\$660 mil millones	\$800 mil millones
4	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$5 mil millones
5	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
6	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
Pérdida máxima calculada de valores expuestos (COP)	\$100 mil millones	\$950 mil millones	\$1,760 mil millones	\$2,180 mil millones
Pérdida promedio anualizada considerando variabilidad climática 25 años (COP)	\$5 mil millones	\$50 mil millones	\$90 mil millones	\$100 mil millones

Riesgo de la infraestructura - inundación del Río Magdalena I Escenario Tendencial 2030 - A2 T25			Pérdida probable máxima (COP)	Pérdida promedio analizada considerando variabilidad climática 25 años (COP) Escenario Tendencial
Infraestructura	Profundidad 1.3-4.5 M (COP)	Profundidad <1.3 M (COP)		
Centro Educativos	\$280.948.700	\$2.721.472.100	\$1.762.73 mil millones	\$90 mil millones
Centros Médicos	\$13.155.800	\$ 8.870.400		
Riesgo de la infraestructura - inundación del Río Magdalena I Escenario Sostenible 2030 - A2			Pérdida probable máxima (COP)	Pérdida promedio analizada considerando variabilidad climática 25 años (COP) Escenario Tendencial
Infraestructura	Profundidad 1.3-4.5 M (COP)	Profundidad <1.3 M (COP)		
Centro Educativos	\$0	\$2.532.040.300	\$1.762.53 mil millones	\$90 mil millones
Centros Médicos	\$0	\$ 0		

Fuente: GeoAdaptive LLC (2013)

Figura 2.9

Cuantificación del nivel de riesgo al que está expuesta la ciudad frente a la amenaza de inundación fluvial



Fuente: GeoAdaptive LLC (2013)

Las áreas industriales y los espacios abiertos (áreas de prevención y áreas verdes) son las más afectadas por la inundación de ríos.

Las políticas que desmotiven el desarrollo a lo largo del río o políticas que fomenten la adaptación pueden disminuir el riesgo debido a la inundación fluvial. Las estrategias de adaptación pueden incluir el acondicionamiento de edificios o elevar la infraestructura para minimizar los efectos negativos de la inundación en estas estructuras.

2.2.1.3 Inundación costera

La inundación costera es consecuencia de factores como el aumento del nivel del mar (que es influenciado a su vez por el aumento de temperatura), marejadas de tormenta y el nivel de las mareas.

Un mínimo de la población está expuesto a la inundación costera. Aproximadamente 2.140 personas (0.21% de la población) están expuestas a inundaciones costeras frente a un eventual aumento del nivel del mar de 1,5 m y se estima que ante un aumento de 2,5 m el número de personas expuestas a este riesgo sería cercano a 12.116, es decir el 1.2% del total de la población.

Sin embargo, estos números no reflejan la población de espacios públicos o comerciales durante el día, y el riesgo puede ser mayor o menor dependiendo del momento del día y del año en que ocurra la amenaza.

En la Tabla 2.7 se puede observar que el estrato 2 de la ciudad de Barranquilla es el más expuesto a esta amenaza. Un aumento de 1.5 m en el nivel del mar le supondría unas pérdidas de \$100 mil millones (COP) aproximadamente, mientras que si el aumento fuera de 2.5 m equivaldría a pérdidas de \$990 mil millones (COP).

Tabla 2.7
Riesgo económico y riesgo de la infraestructura por la amenaza de la inundación costera

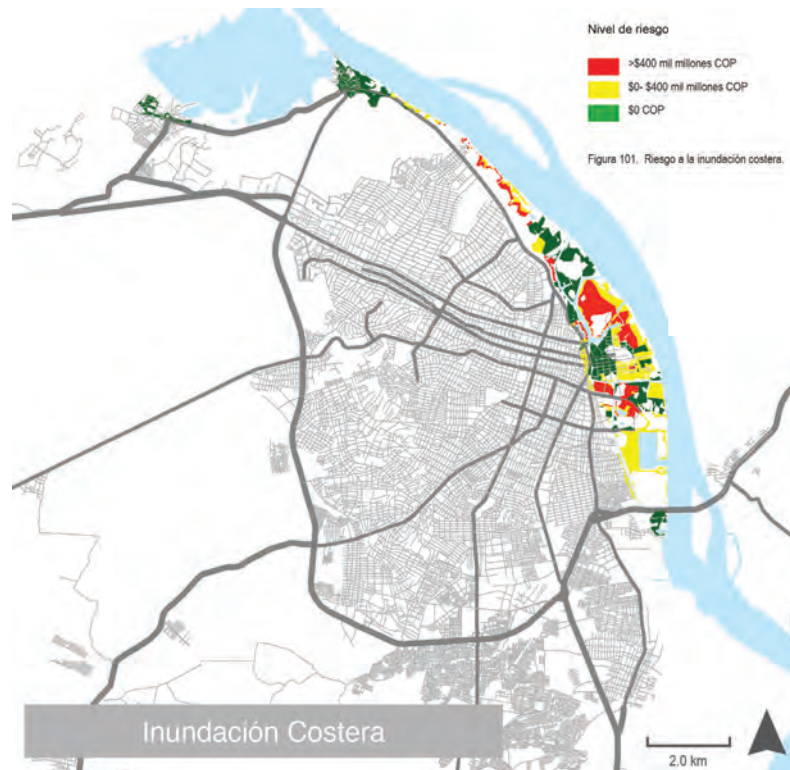
Riesgo económico - inundación costera (Amenaza 2030 con desarrollo 2013)			Pérdida Probable máxima (COP)	Pérdida promedio anualizada considerando variabilidad climática 20 años (COP) aumento de 1,5M	Pérdida promedio anualizada considerando variabilidad climática 20 años (COP) aumento de 1,5M
Estrato	Aumento 1.5 M (COP)	Aumento 2.5 M (COP)			
1	\$5 mil millones	\$290 mil millones	\$1.810 mil millones	\$6 mil millones	\$90,10 mil millones
2	\$100 mil millones	\$990 mil millones			
3	\$8 mil millones	\$420 mil millones			
4	\$ 0	\$60 mil millones			
5	\$ 0	\$ 0			
6	\$ 0	\$ 0			
Total (COP)	\$110 mil millones	\$1.770 mil millones			
Riesgo de la infraestructura - inundación costera (Amenaza 2030 con desarrollo 2013)			\$1.810 mil millones	\$6 mil millones	\$90,10 mil millones
Infraestructura	Aumento 1.5 M (COP)	Aumento 2.5 M (COP)			
Centro educativos	\$ 2.600.000.000	\$ 35.100.000.000			
Centros médicos	0\$	\$ 4.966.650.000	\$1.810 mil millones	\$6 mil millones	\$90,10 mil millones
Riesgo de la infraestructura - inundación costera I (Amenaza 2030 con desarrollo escenario tendencial 2013)					
Infraestructura	Aumento 1.5 M (COP)	Aumento 2.5 M (COP)			
Centro educativos	\$ 2.875.188.500	\$ 37.643.634.600	\$1.813 mil millones	\$6 mil millones	\$90,11 mil millones
Centros médicos	\$ 4.912.900	\$ 5.012.061.000			
Riesgo de la infraestructura - inundación costera I (Amenaza 2030 con desarrollo escenario sostenible 2013)			\$1.811 mil millones	\$6 mil millones	\$90,10 mil millones
Infraestructura	Aumento 1.5 M (COP)	Aumento 2.5 M (COP)			
Centro educativos	\$ 2.795.529.300	\$ 36.859.763.800			
Centros médicos	\$ 929.100	\$ 4.975.012.100	\$1.811 mil millones	\$6 mil millones	\$90,10 mil millones

Fuente: GeoAdaptive LLC (2013)



La inundación costera en Barranquilla afecta principalmente las áreas industriales y espacios abiertos (Figura 2.10). Sin embargo, si no se toman medidas para restringir el desarrollo a lo largo de la costa, la infraestructura futura del desarrollo residencial puede ponerse en riesgo.

Figura 2.10
Riesgo a la inundación costera



Fuente: GeoAdaptive LLC (2013)

El desarrollo costero existente debería elevar sobre el nivel del suelo la infraestructura vital para los servicios de los edificios, tales como las acometidas eléctricas y generadores, en caso de que el edificio experimente inundaciones. Además, cualquier material peligroso que se pueda guardar en edificios industriales debería ser elevado o guardado fuera del sitio para así prevenir la contaminación del agua y el riesgo de afectar la salud pública.

La entrada de agua salada puede ser corrosiva para la infraestructura, los edificios y la agricultura. Las operaciones agrícolas a lo largo de la costa deben considerar cómo las inundaciones costeras futuras pueden impactar la producción agrícola.

2.2.2 Remoción en masa (deslizamientos)

La remoción en masa afecta una porción grande de los barrios marginales y los estratos 1 y 2 (Tabla 2.8 y Figura 2.11). Estos barrios son los más vulnerables, y por ende, el riesgo ante la remoción en masa es alto. Aproximadamente 9.305 personas están expuestas a un nivel muy alto de riesgo de esta amenaza; es decir, tienen más probabilidad de experimentar daños catastróficos.

La remoción en masa puede afectar estructuras socavando los cimientos o golpeando el edificio con el volumen de la masa del suelo. Ambos efectos pueden ser altamente destructivos en edificios, infraestructura y personas.

La remoción en masa puede provocarse debido a fuertes lluvias (I.E suelos saturados) y/o actividad sísmica.

Tabla 2.8

Riesgo económico y riesgo de la infraestructura por la amenaza de remoción en masa

Riesgo económico - remoción en masa (2013)			Pérdida máxima (COP)
Estrato	Nivel de susceptibilidad		
	Alta (COP)	Muy alta (COP)	
1	\$320 - \$340 mil millones	\$270 mil millones	\$998,5 mil millones
2	\$30 mil millones	\$30 mil millones	
3	\$ 0	\$3 mil millones	
4	\$70 mil millones	\$60 mil millones	
5	\$90 - 100 mil millones	\$60 mil millones	
6	\$ 0	\$ 0	
Total (COP)	\$500 - \$530 mil millones	\$430 mil millones	
Riesgo de la infraestructura - remoción en masa (2013)			
Infraestructura	Nivel de susceptibilidad		
	Alta (COP)	Muy alta (COP)	
Centro Educativos	\$17 - \$18,5 mil millones	\$20 mil millones	
Centros Médicos	\$ 0	\$ 0	

Riesgo de la infraestructura - remoción en masa I Escenario tendencial (2030)			Pérdida máxima (COP)
Infraestructura	Nivel de susceptibilidad		
	Alta (COP)	Muy alta (COP)	
Centro Educativos	\$18.433.300.000 - \$20.059.800.000	\$ 23.063.600.000	\$1.003 mil millones
Centros Médicos	\$25.600.000 - \$27.800.000	\$ 54.700.000	

Riesgo de la infraestructura - remoción en masa I Escenario sostenible (2030)			Pérdida máxima (COP)
Infraestructura	Nivel de susceptibilidad		
	Alta (COP)	Muy alta (COP)	
Centro Educativos	\$17.000.000.000 - \$18.500.000.000	\$ 20.000.000.000	\$998,5 mil millones
Centros Médicos	\$ 0	\$ 0	

Fuente: GeoAdaptive LLC (2013)

2.3

ESTUDIO DE CRECIMIENTO URBANO

Este documento presenta los resultados del estudio del Análisis Histórico del Uso del Suelo y Futura Huella Urbana del proyecto "Urban Development and Climate Change" en la ciudad de Barranquilla, Colombia (GeoAdaptive LLC, 2013).

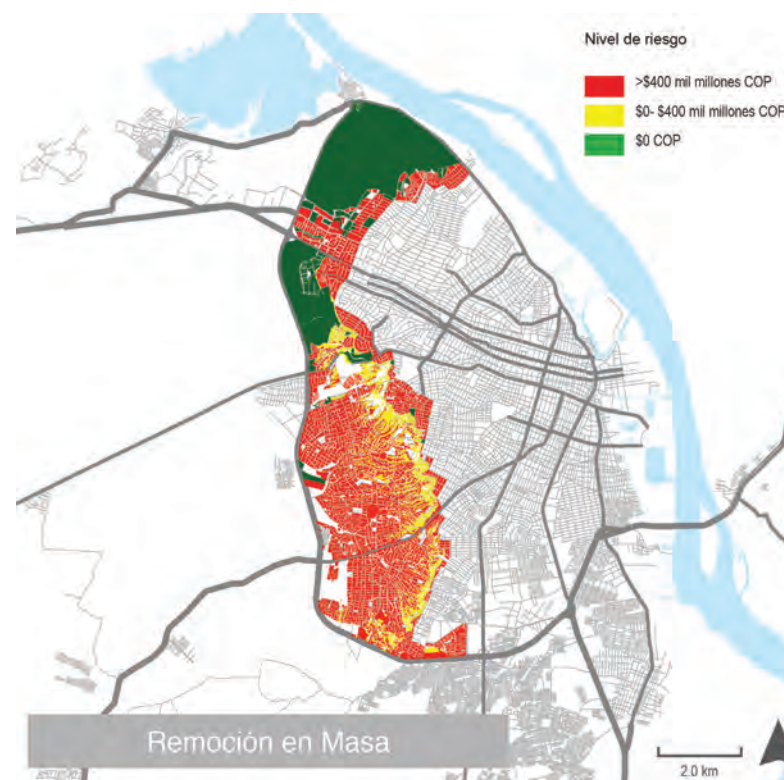
Este reporte cuenta con cuatro componentes principales: primero, una interpretación de la cobertura del suelo para los años 1985, 2001 y 2011, la cual se desarrolló mediante interpretación de imágenes satelitales. A través de esta interpretación se logró identificar el cambio de la huella urbana histórica de la ciudad en dichos periodos. Segundo, el desarrollo de un inventario rápido e identificación de la posible red de infraestructura verde en la ciudad y las posibles funciones futuras que podría desempeñar en el contexto urbano, tales como la adaptación al cambio climático y la mitigación de la escorrentía urbana. Tercero, el desarrollo de un modelo de crecimiento urbano futuro, mediante el cual se simuló la transformación de la huella urbana para el año 2030. Dicha simulación se realizó para dos escenarios: tendencial y sostenible/inteligente. Además, se elaboró un análisis rápido de los sistemas naturales y urbanos que forman parte de la infraestructura crítica de la ciudad basado en los datos recolectados. El cuarto componente del reporte cubre la comparación entre escenarios y el cálculo del costo de infraestructura para cada uno.

2.3.1 Diagnóstico

La cobertura del suelo y su uso representan los elementos integrantes de los recursos básicos de una ciudad-región. Los cambios en la cobertura y uso del suelo afectan los sistemas globales, por ejemplo: atmósfera, clima y nivel

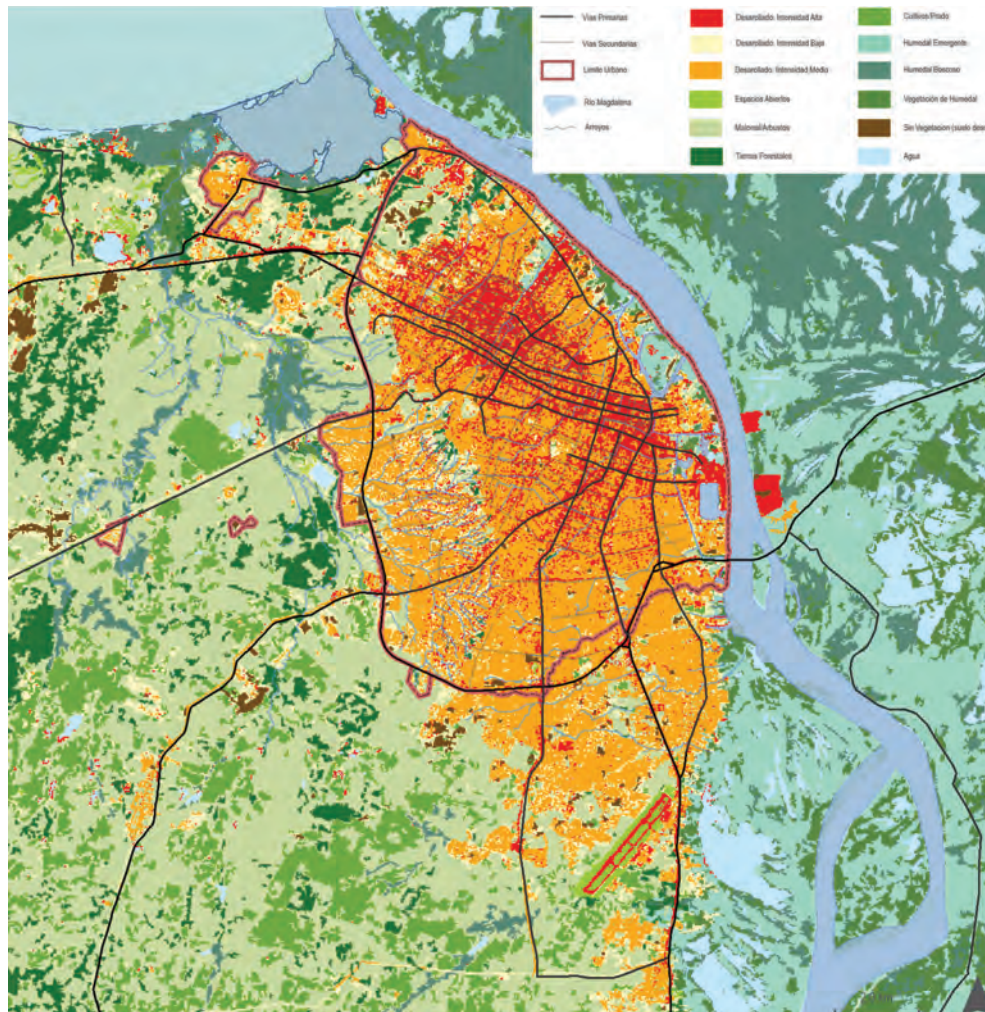
del mar. Dichos cambios, ocurren en un modo localizado que en su conjunto llegan a sumar un total significativo y se reflejan en buena medida en la cobertura vegetal, razón por la cual se toman como referencia para algunas aplicaciones que van desde el monitoreo ambiental y

Figura 2.11
Mapa de riesgo por la amenaza de remoción en masa



Fuente: GeoAdaptive LLC (2013)

Figura 2.12

Inventario: cobertura del suelo en 2011

Fuente: GeoAdaptive LLC (2013)

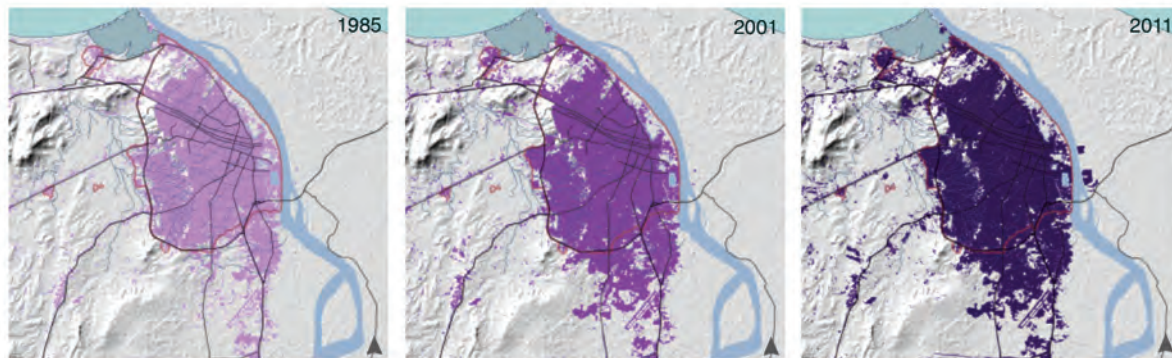
urbano, así como el apoyo a la planeación, evaluación y manejo del crecimiento urbano y el cambio climático. En la Figura 2.12 se muestra la cobertura y uso del suelo actual de la ciudad de Barranquilla.

El análisis histórico y actual del cambio de ocupación del suelo demuestra que entre los años 1985 y 2011, la cantidad de cobertura agrícola/campo aumentó 807 ha y el humedal boscoso 274 ha. Por su parte, las coberturas afectadas por estos cambios fueron las coberturas de matorral/arbusto con una pérdida de 2111 ha, las tierras forestales con una pérdida de 819 ha y los humedales emergentes con una pérdida de 389 ha.

La huella urbana se refiere al área construida que ocupa la población en una ciudad. Representa y contabiliza la extensión urbana de la ciudad, permitiendo medir los cambios y proporciones entre el incremento demográfico, las demandas habitacionales y los niveles de densidad. La huella urbana refleja las políticas del uso del suelo y la aproximación de la gestión hacia el territorio, ofreciendo un instrumento estratégico que permite mejorar el proceso de toma de decisión respecto a los cambios en la política de ocupación territorial.

Para el caso de este estudio, se analizó la huella urbana mediante la comparación de las fotografías aéreas e interpretación de imágenes satelitales para tres décadas diferentes (1985-2001-2011), como se ilustra en la Figura 2.13. El análisis histórico y actual demuestra que entre los años 1985 y 2011 la cantidad de suelo urbano aumentó en 2.417 ha.

Figura 2.13
Cambios en la huella urbana de la ciudad de Barranquilla



Fuente: GeoAdaptive LLC (2013)

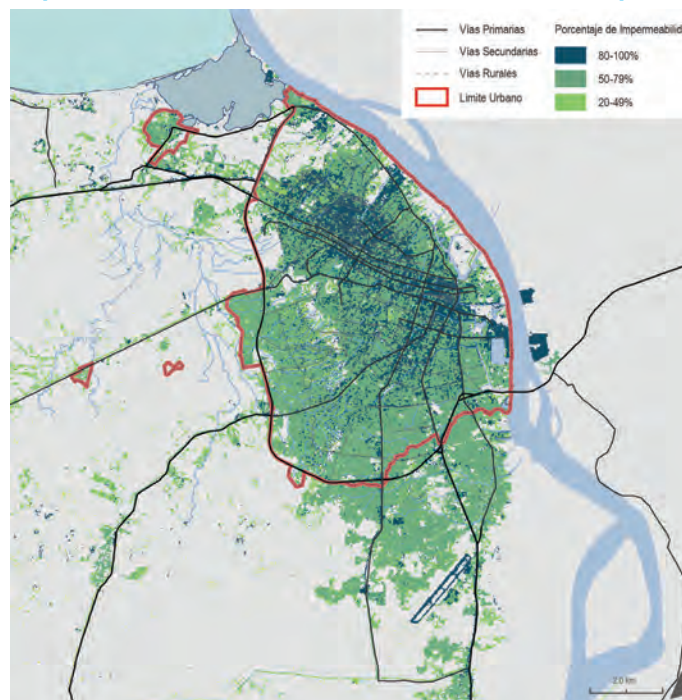
El análisis del cambio de ocupación del suelo demuestra que la mayor parte del crecimiento de la ciudad ha ocurrido hacia el sur y alrededor de los espacios urbanos existentes a través de la zona metropolitana. La mayor parte del crecimiento de la ciudad se ha concentrado hacia el municipio de Soledad, también con una expansión notable hacia Puerto Colombia y alrededor del perímetro urbano.

La expansión de la ciudad desde su Centro Histórico y la gradiente urbana refleja la historia de crecimiento de la ciudad y sus patrones de desarrollo. A medida que se aleja del Centro Histórico, se nota un incremento de las superficies permeables y una disminución de los niveles de densidad urbana (Figura 2.14).

En la ciudad se nota un aumento de las superficies permeables a medida que se aleja del Centro, pasando de una cobertura del 96% de superficies pavimentadas a una cobertura del 16% en el barrio Riomar.

Este enfoque en la cantidad de espacios permeables en el ámbito urbano es de importancia por su conexión a las inundaciones urbanas, particularmente en aquellos sectores de la ciudad que están en un nivel más bajo y más susceptible a recolectar aguas durante eventos de precipitación. Cantidades elevadas de escurrimiento pueden ser peligrosas porque a medida que el agua se acumula en la superficie crea condiciones aptas para inundaciones. La impermeabilidad se

Figura 2.14
Impermeabilidad en el ámbito urbano de Barranquilla



Fuente: GeoAdaptive LLC (2013)

relaciona directamente con inundaciones, tanto en términos de profundidad de agua de la inundación como en la tasa de flujo de agua y la duración de las inundaciones.

A pesar de que la ciudad tiene una red hídrica bastante extensa, compuesta por el río Magdalena, los siete arroyos principales, arroyos secundarios y la ciénaga, estos no forman parte de los espacios utilizados por los residentes de la ciudad.

La ciudad de Barranquilla actualmente tiene un total de 372,2 ha de espacios abiertos compuestos por espacios recreativos, deportivos y zonas verdes. La proporción de espacio abierto en relación al número de habitantes en la ciudad es de 3.34 m²/habitante. La Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda que las ciudades tengan de 10 a 15 m² de áreas verdes por habitante, distribuidos proporcionalmente en la ciudad por la densidad urbana.

Los espacios verdes dentro de la ciudad aportan más que su valor estético; contribuyen al bienestar de los habitantes, su sentido de comunidad y un valor económico cuando se usan para turismo o recreación. Estos espacios también pueden ayudar a reducir la vulnerabilidad de la población a los riesgos como son las inundaciones y otros eventos hidrometeorológicos que amenazan a la ciudad.

2.3.2 Escenarios de crecimiento urbano

Luego de realizar los distintos análisis multisectoriales y obtener un diagnóstico claro de la situación actual, se procede al diseño de los escenarios de crecimiento. Dos escenarios fueron modelados para Barranquilla, uno tendencial y otro sostenible o inteligente (*smart growth*). Las diferencias más importantes entre el escenario tendencial y el sostenible/inteligente son basadas en un conjunto de políticas públicas urbanas asociadas con los siguientes factores:

- Niveles de densidad urbana para desarrollos nuevos.
- Restricciones de políticas que protegen los procesos ecológicos y áreas bajo amenaza.
- Mejoras, adiciones e inversiones en infraestructura de carreteras y servicios municipales.
- Restricciones de zonificación e incentivos urbanos.

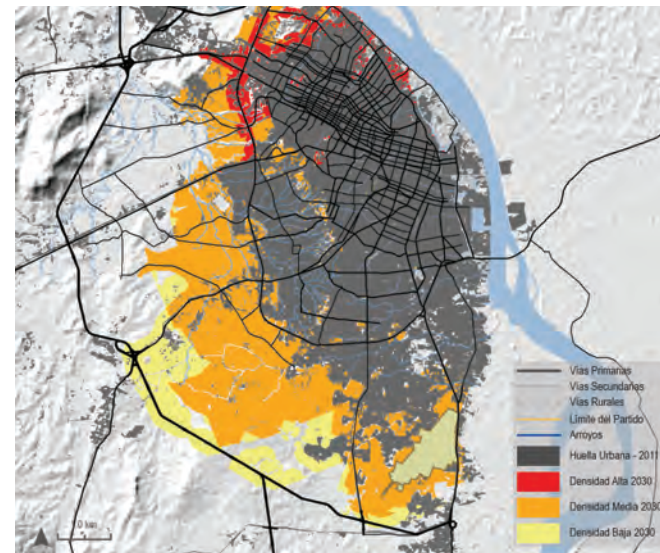
En primera medida se calcula cuánta población ocuparía las zonas dentro del perímetro urbano actual, luego cuánta población entraría en las zonas de expansión y de desarrollo propuestas por el POT y finalmente, se estima cuánta población requeriría aún más suelo nuevo en estos horizontes temporales.

2.3.2.1 Escenario tendencial

Este escenario proyecta condiciones actuales, no contempla cambios en la política pública, no restringe áreas de riesgo o áreas de conservación, considera condiciones históricas, disminuye la densidad urbana y supone un crecimiento según las tendencias actuales. Los resultados del modelo de simulación de crecimiento urbano para el escenario tendencial indican que la ciudad de Barranquilla tendrá una expansión urbana hacia las zonas periurbanas y rurales al continuar con los patrones de desarrollo actuales, como se muestra en la Figura 2.15.

Figura 2.15

Asignación del crecimiento urbano bajo el escenario tendencial



Fuente: GeoAdaptive LLC (2013)



La siguiente tabla resume los datos obtenidos frente a la densidad y demanda proyectada para el crecimiento urbano y las coberturas desarrolladas bajo el escenario tendencial.

Tabla 2.9

La densidad y demanda proyectada para el crecimiento urbano y las coberturas

Escenario tendencial								
Crecimiento urbano				Cobertura del suelo				
Densidad	Población	Demanda	Asignación	Espacios abiertos	Suelo desnudo	Tierras forestales	Matorral/ arbustos	Agricultura/ prado
Densidad Alta	254.300	405 ha	433 ha	2,07 ha	173,61 ha	370,89 ha	3.990,69 ha	773,28 ha
Densidad Media	885.008	4.205 ha	3.725 ha	21,51 ha	122,04 ha	250,56 ha	2.783,7 ha	456,21 ha
Densidad Baja	87.668	1.322 ha	1.288 ha	0 ha	26,19 ha	48,06 ha	898,2 ha	313,02 ha
TOTAL	1.226.976	5.932 ha	5.446 ha	23,58 ha	321,84 ha	669,51 ha	7.672,59 ha	1.542,51 ha

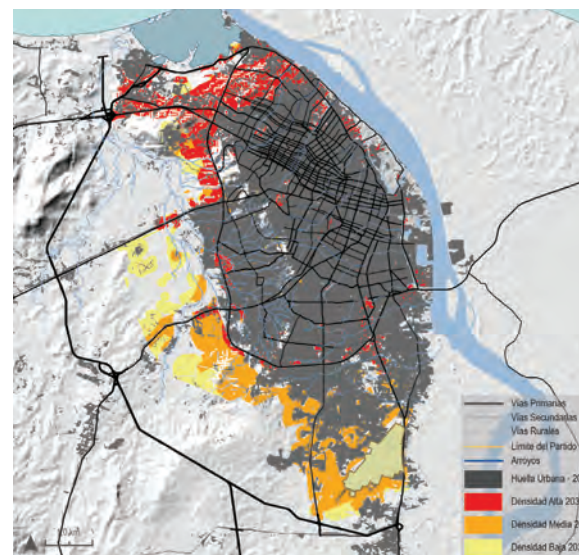
Fuente: GeoAdaptive LLC (2013)

2.3.2.2 Escenario sostenible o inteligente

Este escenario considera estrategias de sostenibilidad urbana, protege la red de infraestructura verde, tiene en cuenta políticas de "crecimiento inteligente" (*smart growth*), aumenta la densidad urbana y supone un crecimiento urbano compacto.

Los resultados del modelo de simulación de crecimiento urbano para el escenario sostenible/ inteligente resultan en un crecimiento más compacto para la ciudad de Barranquilla, bajo una serie de políticas territoriales más proactivas y sostenibles. La Figura 2.16 muestra este modelo de crecimiento.

Figura 2.16
Asignación del crecimiento urbano bajo el escenario sostenible e inteligente



Fuente: GeoAdaptive LLC (2013)

La siguiente tabla consigna los valores empleados de densidad y demanda proyectada para el crecimiento urbano y las coberturas en el escenario sostenible/inteligente.

Tabla 2.10

La densidad y demanda proyectada para el crecimiento urbano y las coberturas

Escenario sostenible/inteligente								
Crecimiento urbano				Cobertura del suelo				
Densidad	Población (hab)	Demanda	Asignación	Espacios abiertos	Suelo desnudo	Tierras forestales	Matorral/ arbustos	Agricultura/prado
Densidad Alta	354.899	901 ha	911 ha	3,78 ha	68,76 ha	153,72 ha	665 ha	19,26 ha
Densidad Media	784.410	1.210 ha	1.171 ha	2,52 ha	44,37 ha	89,37 ha	919,71 ha	115,38 ha
Densidad Baja	87.668	801 ha	697 ha	0 ha	3,15 ha	117,36 ha	434,34 ha	142,56 ha
TOTAL	1.226.977	2.912 ha	2.779 ha	6,3 ha	116,28 ha	360,45 ha	2.019,05 ha	277,21 ha

Fuente: GeoAdaptive LLC (2013)

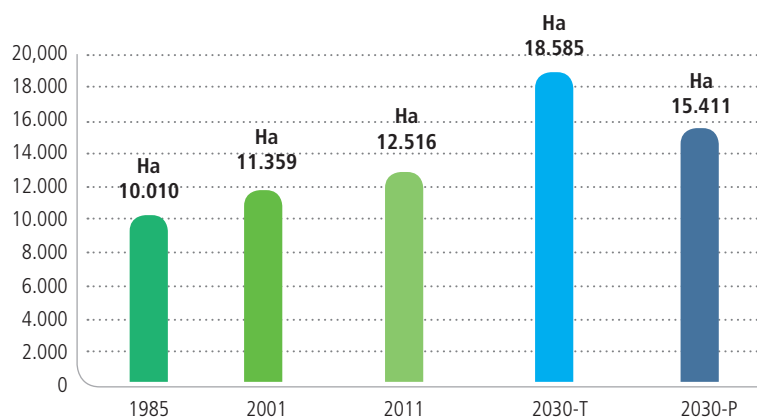
2.3.2.3 Comparación de los escenarios

Los resultados presentan una ciudad que comienza a crecer en la periferia de la huella urbana, extendiéndose hasta la segunda vía circunvalar propuesta de la ciudad bajo el escenario tendencial. En contraste, el escenario sostenible describe un crecimiento de una ciudad más compacta y eficiente, que crece dentro del ámbito urbano y hacia el norte y sur de la huella urbana actual.

El escenario sostenible modela las políticas territoriales que reflejan prácticas hacia un crecimiento más compacto, reflejando un aumento de la huella urbana de 2.895 ha como se representa gráficamente en la Figura 2.17. El modelo de crecimiento del escenario sostenible/inteligente es un crecimiento que utiliza menos de la mitad del territorio que se consume bajo el escenario tendencial.

Figura 2.17

Crecimiento urbano: cambio en el tamaño de la huella urbana desde 1985-2030.



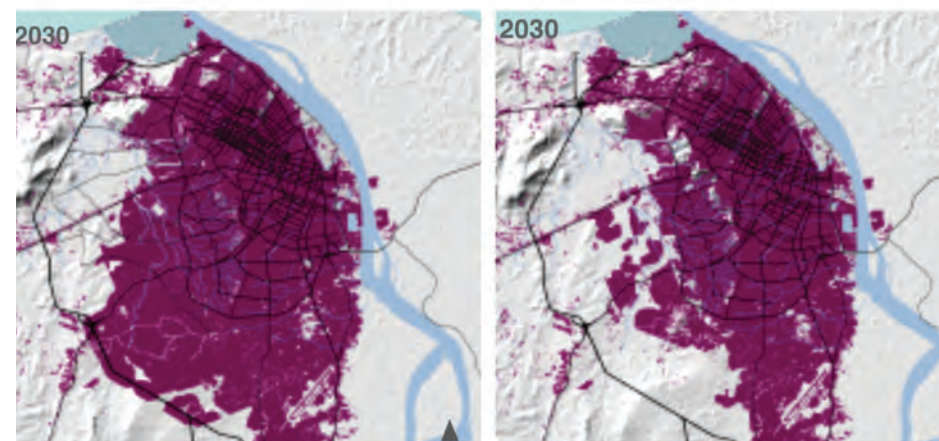
Fuente: GeoAdaptive LLC (2013)

Desde la perspectiva natural, una expansión urbana descontrolada como la identificada en el escenario tendencial (Figura 2.18), incrementará las emisiones de gases de efecto invernadero debido a que se requerirá más energía y combustible para movilizarse hacia distintos sitios de la ciudad, así como traerá una mayor ineficiencia en el consumo y distribución de energía eléctrica. Por otra parte, al disminuir los suelos con cobertura vegetal, también se disminuye el potencial de captación de gases contaminantes.

Los resultados de la simulación del crecimiento urbano indican que la ciudad incrementará en 13% su huella urbana en los próximos 20 años, de 13.257 ha a 15.213 ha bajo el escenario tendencial y un aumento de 7% bajo el escenario sostenible/inteligente.

Figura 2.18

Crecimiento urbano de la ciudad de Barranquilla 1985-2001-2011-2030



Fuente: GeoAdaptive LLC (2013)

Tabla 2.11

Extensión de la infraestructura crítica y el costo por escenario de crecimiento urbano

Infraestructura crítica	Escenario tendencial	Escenario sostenible
Red vial	USD \$777.556.205	USD \$459.892.613
Red de acueducto	USD \$1.461.357.795	USD \$1.374.122.256
Red de alcantarillado (sin estaciones de bombeo o planta de tratamiento)	USD \$80.663.113	USD \$53.359.505
Centros educativos	USD \$599.449.030	USD \$2.253.100.023
Sub-total (sin centros educativos)	USD \$2.319.577.113 COP \$4.394.670.000.000	USD \$1.887.374.374 COP \$3.575.820.000.000
Total	USD \$2.919.026.143 COP \$5.530.390.000.000	USD \$4.140.474.397 COP \$7.844.540.000.000

Fuente: GeoAdaptive LLC (2013)

Dentro de la comparación entre los escenarios de crecimiento urbano se desarrolla una evaluación rápida de los costos de infraestructura, concentrada principalmente en los componentes más costosos, así como los financiados localmente (Tabla 2.11). La infraestructura gris representa, generalmente, componentes construidos que involucran recursos compartidos o redes. Estos incluyen las redes viales y los equipamientos urbanos

2.3.3 Hoja de ruta para el crecimiento urbano sostenible

2.3.3.1 Recomendaciones generales

Un patrón de desarrollo más sostenible para la ciudad de Barranquilla debe de tomar en cuenta aquellas acciones para evitar que la ciudad continúe hacia un patrón de crecimiento disperso, el cual es un escenario que exige muchos recursos naturales y es un crecimiento insostenible a largo plazo. El recurso suelo es escaso y se debe de tratar de esta manera para asegurar un futuro más sostenible.

Para llegar a un crecimiento más sostenible se deben implementar medidas más progresivas de ordenamiento territorial como son los incentivos hacia un crecimiento más denso o compacto, la utilización de desarrollos de usos mixtos y las nuevas prácticas de zonificación en donde se reducen los precios de los terrenos dentro de los centros urbanos para atraer el desarrollo nuevamente al núcleo urbano.

Una estrategia para integrar el desarrollo sostenible/inteligente dentro de la infraestructura existente de la ciudad es por medio de una red de infraestructura verde. Al tener espacios verdes multifuncionales se aumenta la cantidad de espacio verde por habitante y mientras proporciona un servicio secundario se ocupa de un problema ambiental en el medio urbano. Por ejemplo, se pueden aplicar diseños a los arroyos que incorporan la mitigación de la escorrentía urbana y que introduzcan espacios para los árboles, vegetación y otra infraestructura que puede servir como control pasivo de la erosión. Estos paisajes a su vez pueden proveer el espacio verde y abierto que hace falta en muchos de los barrios de Barranquilla.

La expansión de la huella urbana es muy costosa. El costo aproximado de la expansión de la red de infraestructura crítica o de servicios básicos municipales y gubernamentales, compuesta por la red vial, red de acueducto, red de alcantarillado, centros de salud y centros educativos, es significativamente distinta al comparar los escenarios de desarrollo. Como se puede ver en la Tabla 2.11, el costo de la expansión de la provisión de servicios bajo el escenario sostenible/inteligente es menor que bajo el escenario tendencial, excluyendo el costo de escuelas: el costo de los centros educativos es mayor bajo el escenario sostenible porque se utilizó una cifra menor de estudiantes por escuela en comparación con la cifra utilizada bajo el escenario tendencial; es decir, se supuso un aumento sustancial en la calidad del sistema educativo.

2.3.3.2 Recomendaciones específicas

- Fomentar el desarrollo urbano compacto con densidades más altas.
- Hacer uso eficiente de los recursos y establecer leyes de ordenamiento que promuevan las ideas de la sostenibilidad (gestión urbana).
- Promover la conservación de recursos dentro de la ciudad: energía, agua, uso del suelo, materiales (construcción/desechos) y la protección de áreas naturales.
- Identificar áreas impactadas por las amenazas naturales influenciadas por el cambio climático (inundaciones pluviales, desborde del río Magdalena, aumento del nivel del mar, remoción en masa) para prevenir el desarrollo de estas en dichas áreas e incorporar medidas de mitigación y adaptación donde es apropiado.
- Reforzar y dirigir el desarrollo e infraestructura existentes hacia las comunidades.
- Incorporar usos y tipologías mixtas del suelo.
- Recuperar suelos urbanizados con usos obsoletos.
- Crear urbanizaciones mixtas donde la proximidad a las áreas comerciales, oficinas, escuelas y áreas de recreo permitan caminar entre ellos y minimizar la movilidad motorizada entre los mismos (modelos de proximidad), favoreciendo aquellos modos de transporte para reducir emisiones de GEI.
- Disminuir la dependencia de vehículos de motor e incrementar el uso de opciones alternativas para el transporte multimodal, sea este peatonal, bicicleta o transporte público.
- Preservar y crear red de espacios abiertos, espacios públicos, paisajes culturales y zonas ambientales cruciales (corredores verdes).
- Proteger los suelos agrícolas y terrenos de alto rendimiento. Definir el borde de la ciudad y los límites de crecimiento para limitar la expansión descontrolada de la huella urbana.
- Establecer una distribución de los equipamientos y servicios urbanos de forma más equitativa.
- Implementar medidas para el manejo del agua en el contexto urbano: prioridad a la creación de superficies permeables, recolección y reutilización de aguas pluviales, criterios de diseño para jardines urbanos, protección de humedales dentro y alrededor de la ciudad, manejo de escorrentía urbana con intervenciones en el paisaje o por medio de un sistema de acueducto.
- Instaurar una red de infraestructura verde en donde los espacios cumplan múltiples funciones para el bienestar urbano, ecológico y de los habitantes en general.



3



A photograph of a paved path in a park, showing trees and a trash bin. The image is overlaid on a green background.

MONTERÍA

3.1

INVENTARIO DE EMISIONES DE GASES EFECTO INVERNADERO

El objetivo principal del estudio consistió en estimar las emisiones generadas de GEI por actividades antropogénicas para el municipio de Montería, departamento de Córdoba, Colombia, para el año base 2012. Para el inventario se empleó la metodología GPC Basic+ (Global Protocol for Community-Scale GHG Emissions) desarrollada por ICLEI - Gobiernos Locales por la Sostenibilidad.

Este estudio tiene como objetivos específicos:

- Identificar las fuentes de emisión de GEI dentro del municipio de Montería y del área de estudio.
- Contabilizar las emisiones directas e indirectas de gases de efecto invernadero que se generan dentro del municipio y el área de estudio, basado en la metodología GPC Basic+.
- Elaborar un manual de cálculo de emisiones basado en la metodología GPC Basic+.
- Comparar las emisiones de los inventarios de GEI, años base 2012 y 2009, del municipio de Montería.

En el presente estudio se estimaron las emisiones anuales de Gases de Efecto Invernadero (GEI) de fuentes estacionarias, fuentes móviles, residuos, actividad industrial y uso de productos, agricultura, silvicultura y cambio de uso de suelo de la ciudad de Montería, departamento de Córdoba, Colombia. Los resultados del escenario base también consideran el cambio en la mancha urbana para dos escenarios diferentes: el escenario tendencial, donde el desarrollo sigue patrones actuales de crecimiento y el escenario de un crecimiento inteligente, que considera los patrones más sostenibles de desarrollo. Ambos escenarios se proyectan para el año 2030.

El escenario base se definió teniendo en cuenta el PIB del departamento de Córdoba. Para fuentes estacionarias se utilizó el PIB de los sectores electricidad, gas y agua, considerando la actividad energética constante y el comportamiento o estructura de su crecimiento. Para fuentes móviles, aunado a la utilización de PIB, se consideró la proyección de otras variables exógenas: (1) la proyección del número de vehículos se realizó por medio de un ajuste de mínimos cuadrados para proyectar linealmente las cifras hasta el año 2030, en cada una de las clasificaciones de vehículos que se tienen en el inventario. (2) Para la aviación, se utilizó la proyección de operaciones de vuelo de la Aeronáutica Civil; para

la categoría de AFOLU se obtuvo el TPA del PIB de agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca. Para la categoría de residuos se utilizó el método de descomposición de primer orden (FOD, del inglés, First Order Decay); para las emisiones del relleno sanitario, mientras que para incineración de residuos y tratamiento de aguas residuales, se utilizó el TPA de la población.

Posterior a la obtención del escenario de la línea base, se consiguieron los escenarios tendencial y sostenible o inteligente, que considera el desarrollo de la huella urbana mediante la TC obtenida para cada parámetro estimado en el desarrollo de los escenarios: la huella urbana para la ciudad de Montería y su área circundante. El escenario tendencial fue considerado dentro de la línea base ya que dentro del crecimiento de las viviendas y población fueron consideradas las características e información del estudio de huella urbana, así como el número de kilómetros viales para 2030. Finalmente se realizó un análisis de costo-efectividad usando una tasa de descuento del 10% para el cálculo de la inversión anual. Los costos de mitigación se han establecido para cada escenario evaluado e incluyen la reducción de emisiones y el costo anual de cada medida de mitigación.

3.1.1 Inventario de emisiones o línea de base

3.1.1.1 Emisiones totales

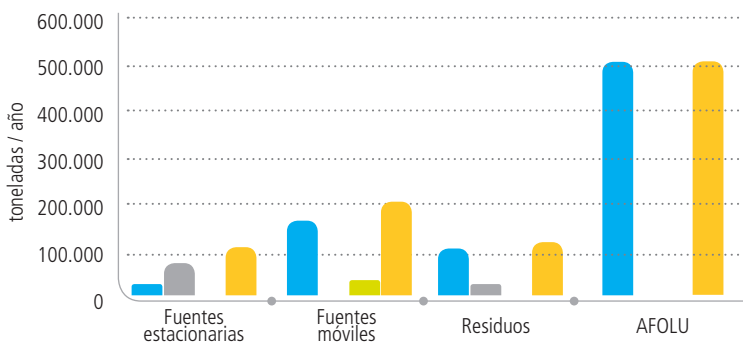
Entre el inventario de Emisiones de GEI con año base 2012 tanto para el municipio de Montería y el área de estudio definida, la cual comprende la cabecera municipal y el área circundante de la ciudad, se encuentran en primer lugar las emisiones directas de la agricultura de 497.422 toneladas/año de CO₂e y emisiones indirectas de 1.685 toneladas/año de CO₂e respectivamente. En segundo lugar, están las emisiones estacionarias que reducen la emisión directa e indirecta del municipio al área de estudio de 32.849 a 25.265 toneladas/año de CO₂e de emisiones directas y de 70.838 a 54.483 toneladas/año de CO₂e para el área de estudio.

Por último, para el transporte en la vía (*on-road*) en el municipio del Montería no se cuenta con emisiones transfronterizas y para el área de estudio se tienen definidas estas emisiones con 13.690 ton/año de CO₂e.

Los sectores y subsectores con mayor generación de emisiones de CO₂e varían dependiendo de la región, sea esta un municipio u otra área de estudio.

Para el municipio de Montería, el sector con mayores emisiones generadas es agricultura, silvicultura y uso del suelo (AFOLU – por sus siglas en inglés) con una emisión de 499.162 toneladas/año y un aporte del 53% de las emisiones totales, dentro de las cuales la ganadería aporta 99.6% del total de todo el sector, seguido de fuentes móviles con 210,761 toneladas/año y 22% del total de las emisiones. La categoría de residuos, emitió 124,733 toneladas/año contribuyendo con el 13%, dentro del cual el subsector de disposición de residuos aporta 67% del total analizado (Figura 3.1). Por último, las fuentes estacionarias contribuyen con 108,811 toneladas/año y 12% del total emitido, como se muestra en las Figuras 3.1 y 3.2.

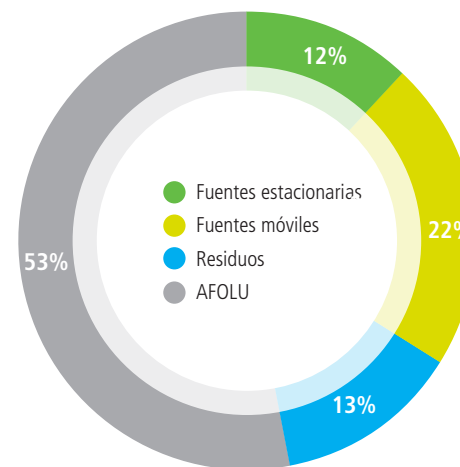
Figura 3.1
Emisiones por categoría de CO₂e para el municipio de Montería, 2012



● ED	32.928	171.130	102.147	499.162
● EI	75.883		22.587	
● ET		39.631		
● Totales	108.811	210.761	124.733	499.162

Fuente: GeoAdaptive LLC (2013)

Figura 3.2
Contribución de las emisiones de CO₂e por categoría para el municipio de Montería, 2012



Fuente: GeoAdaptive LLC (2014)

3.1.1.2 Comparación del inventario de emisiones de GEI para el municipio de Montería, 2012 y 2009

Anteriormente se realizó el inventario de emisiones de gases efecto invernadero para el municipio de Montería, Colombia (PROACTIVA, 2011), el cual tuvo como año base 2009 y está realizado con metodología IPCC-2006. Una comparación de los resultados obtenidos en el presente estudio (Inventario año base 2012), con metodología GPC Basic +, se presenta por categorías calculadas.

En la Tabla 3.1 se observa un crecimiento mayor del 40% para la electricidad y los residuos sólidos de 2009 a 2012, algo que es congruente ya que se considera un desarrollo en el área urbana y un incremento en la población. En este sentido, también las aguas residuales tienen un aumento en la cantidad de emisiones generadas con un 24% y las fuentes estacionarias por el uso del gas natural con el 31%.

En el caso del transporte, el crecimiento es solamente del 3% debido a la forma de obtener los resultados. Para 2009 se calcularon las emisiones con base en los galones vendidos en el municipio y para el 2012 se utilizaron los galones de combustible que se necesitan para usar 58,436 vehículos registrados en el municipio de Montería en 2012.

Tabla 3.1

Comparación del inventario de emisiones para GEI 2009 y 2012 (ton/año de CO₂e) y porcentaje de cambio 2009 – 2012. Municipio de Montería, Colombia

Subsector	2009 PROACTIVA	2012 CINPRO	Porcentaje de cambio
Electricidad	45.608	75.963	40%
Gas natural (estacionario)	22.603	32.849	31%
Transporte terrestre	166.066	171.13	3%
Tierra de cultivo	2.338	1.685	-39%
Ganado	549.493	497.422	-10%
Residuos sólidos	49.11	87.45	44%
Aguas residuales	27.909	36.627	24%
Total	863.127	903.125	4%

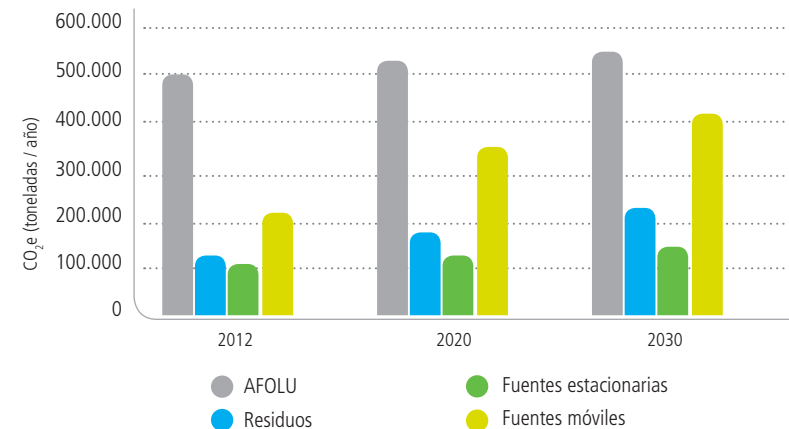
Para las subcategorías de tierra de cultivo y ganado, las emisiones son menores debido a que, por ejemplo, para el ganado no se calcularon las emisiones generadas para caballos, ovejas, cabras, asnos y búfalos, por no contar con la información para 2012.

3.1.1.3 Escenarios futuros teniendo en cuenta el crecimiento de la huella urbana

En cuanto a las proyecciones realizadas a 2020 y 2030, se obtuvo que la categoría de AFOLU, representa las mayores emisiones generadas, seguida de las fuentes móviles (transporte *on-road*) en el municipio de Montería. Aunque el crecimiento no es el mismo, el AFOLU pasa del 52.91% en 2012 a 41.12% del total de las emisiones de CO₂e y para las fuentes móviles del 22.34% al 32.73% del total, como se ve en la Figura 3.3.

Figura 3.3

Escenario de la línea base a 2030, emisiones en ton/año de CO₂e para el municipio de Montería, Córdoba, Colombia.



Fuente: GeoAdaptive LLC (2014)

3.1.2 Escenario de mitigación

Para la mitigación de las emisiones generadas en el municipio de Montería se crearon seis medidas que se muestran en la Tabla 3.2, con las cuales se proyecta una reducción de 118.223 toneladas/año al aplicar las seis medidas de mitigación sobre este escenario en 2030 como se presenta en la Figura 3.4.

Se proyecta una reducción de GEI

118.223
toneladas/año

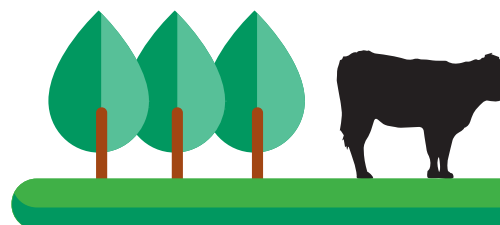
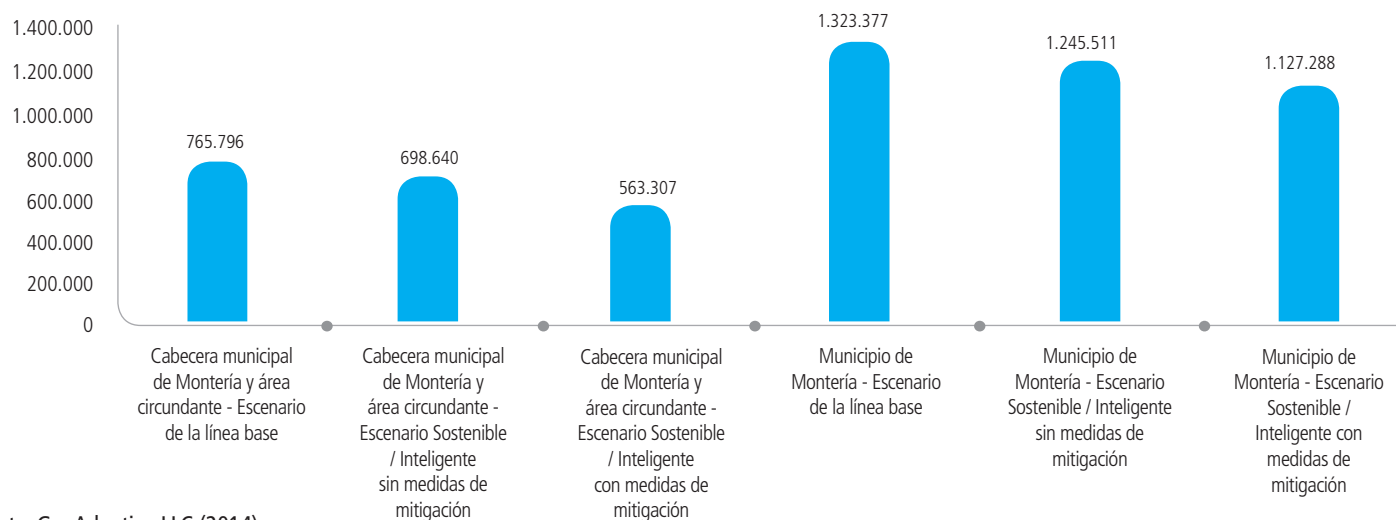


Figura 3.4
Emisiones de CO₂e en toneladas para la línea base y los escenarios de mitigación sobre el escenario sostenible de la huella urbana con y sin medidas de mitigación para el municipio de Montería y área de estudio 2030



Fuente: GeoAdaptive LLC (2014)

Tabla 3.2

Medidas consideradas en cada escenario de mitigación para el municipio de Montería

Sector afectado	Número de la medida	Nombre de la medida
Desechos - Disposición de residuos	1	Reciclaje de papel y cartón en el relleno sanitario Loma Grande, la base de reducción de emisiones son las toneladas reducidas y aprovechadas de residuos municipales.
Desechos - Disposición de residuos	2	Elaboración de compostaje a partir de los residuos orgánicos, la base de reducción de emisiones son las toneladas de residuos municipales orgánicos utilizados para el compostaje.
Fuentes móviles. Transporte <i>On Road</i>	3	Cambio de vehículos de diesel (50%) a GNC (introducción del 5% a partir del 2015 de los buses, busestas y microbuses dedicados al transporte público de diesel a GNC, la base de reducción de emisiones son los galones de NC utilizado y mayor rendimiento de combustible.
Fuentes móviles. Transporte <i>On Road</i>	4	Transporte no motorizado, Ciclovías en el municipio de Montería, la base de reducción de emisiones es la reducción de viajes de transporte motorizado.
AFOLU – Ganadería	5	Fermentación entérica: Siembra de alfalfa en los potreros en los que pasta el ganado, la base de la reducción de emisiones son las hectáreas cosechadas y las toneladas consumidas y producidas para la alimentación de los animales.
AFOLU – Ganadería	6	Manejo de estiércol y otros residuos. Aprovechamiento energético del manejo de estiércol vacuno, la base de reducción de emisiones son las toneladas de estiércol tratado.

Fuente: GeoAdaptive LLC (2014)



EDIFICIO 5

EDIFICIO 4

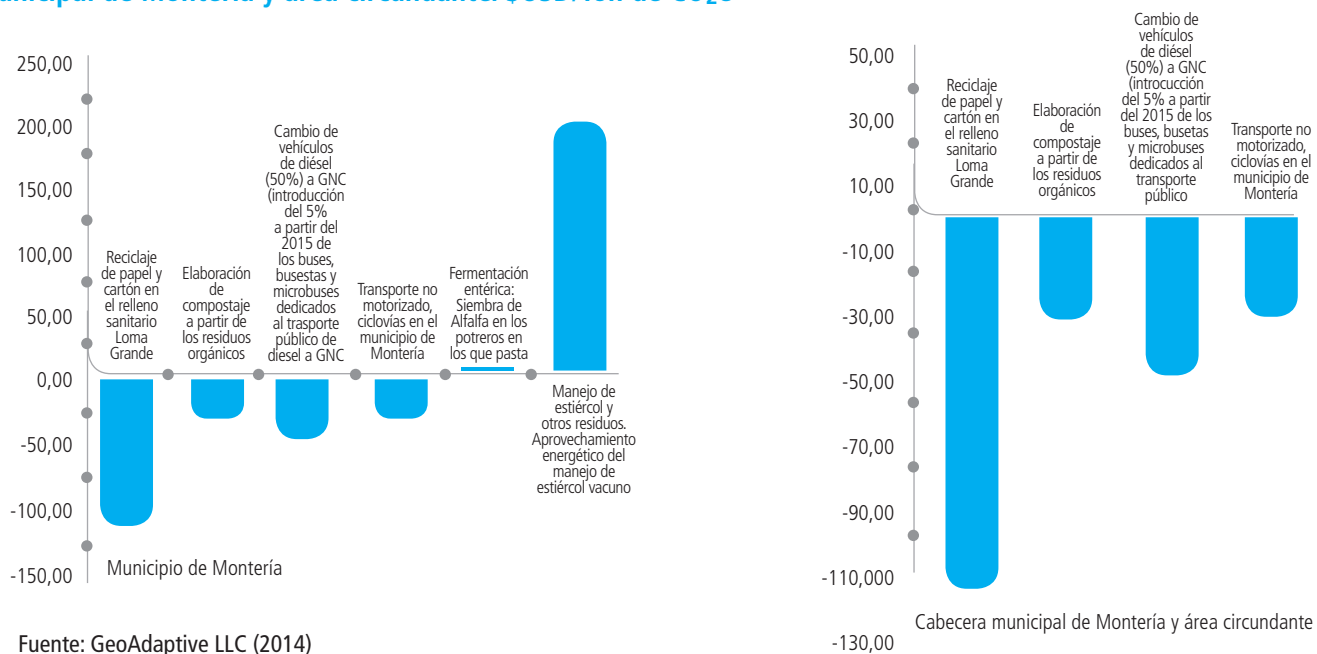
EDIFICIO 3

3.1.3 Análisis de costo-efectividad

Además de la reducción de CO_{2e} de las medidas de mitigación para cada escenario, se obtuvieron los costos analizados asociados para la implementación (inversión), mantenimiento y operación de la medida. Estos costos son anualizados a precios constantes al año 2012. Para la presente evaluación se utilizó una tasa de descuento de 6,37% (Universidad de Antioquia, 2008), considerando la referencia para proyectos ambientales en Colombia de la Universidad de Antioquia, 2008, todos los precios están dados en dólares a precios de 2012.

Se obtuvo el CCEI (beneficio neto)², para cada medida como se evidencia en la Figura 3.5 donde se presentan las diferentes acciones de mitigación y los beneficios económicos de cada una de ellas, tanto para el municipio como para el área circundante a este, siendo el reciclaje de papel y cartón en el relleno Loma Grande la actividad económicamente más eficiente para el municipio de Montería. Es de anotar, que un beneficio neto positivo indica que existe una recuperación lenta de la inversión de implementación o es necesario financiamiento ya que la inversión no se recupera. Por otra parte un beneficio neto negativo revela que la inversión es viable económicamente, ya que se recuperará la inversión realizada en un corto o mediano plazo, también implica que los costos de operación y mantenimiento son menores con la nueva tecnología que sin ella.

Figura 3.5
Beneficios netos (Ccei) por medida, para el municipio de Montería y la cabecera municipal de Montería y área circundante. \$USD/Ton de CO_{2e}



2. CCEI: Es la diferencia entre los costos asociados al inicio del estudio y los costes generados en una medida de mitigación, divididas por las emisiones evitadas por el cambio.

3.2

ESTUDIO PROBABILÍSTICO DE EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD Y RIESGOS

El estudio tiene como objetivo llevar a cabo un análisis de las principales amenazas naturales que enfrenta Montería, los riesgos que ellas representan para la población, las edificaciones y la infraestructura propia de la ciudad, así como de la vulnerabilidad de la misma; lo que contribuirá a la toma de decisiones más ajustadas por parte de las autoridades competentes.

A través del modelado de amenazas, la ciencia del clima, el SIG (Sistema de Información Geográfica) y otras tecnologías espaciales, es posible comprender dónde ocurren las amenazas naturales, qué magnitud presentarán y con cuánta frecuencia es probable que ocurran. Este reporte examina los resultados de la evaluación de riesgo a amenazas múltiples en Montería, que además integra los escenarios futuros generados como resultado de la evaluación de crecimiento urbano (módulo 3) para Montería.

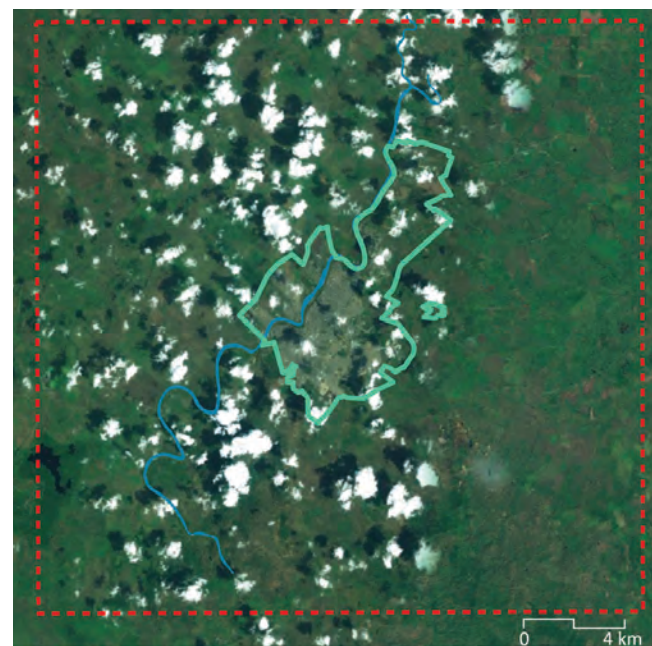
Los objetivos específicos prioritarios de este estudio son:

- Desarrollar una base de datos de sistemas de información geográfica (SIG) que sean relevantes para la ciudad, y permitan analizar las amenazas naturales y sus impactos en la ciudad.
- Analizar, cuantificar y visualizar los impactos (exposición, vulnerabilidad y riesgo) que estas amenazas puedan tener sobre el desarrollo urbano actual (2013) y sobre los futuros escenarios de crecimiento urbano que se han proyectado al 2030.
- Evaluar y comparar futuras condiciones simuladas entre ambos escenarios de crecimiento y entre múltiples amenazas.
- Estimar el riesgo físico, humano y económico para el escenario actual y los escenarios futuros.
- Determinar un conjunto final de observaciones y recomendaciones para la ciudad, basados en análisis previos, que puedan ayudar a las autoridades locales a guiar a la ciudad hacia un futuro más sostenible.

La extensión geográfica que se tomó para el presente estudio y que se muestra en la Figura 3.6 se definió específicamente también para el análisis de la huella urbana (histórica, actual y futura), así como el análisis de la simulación del futuro crecimiento urbano.

Figura 3.6

El área de estudio contiene el ámbito urbano dentro del perímetro urbano y la zona de contexto utilizado para los análisis



- Área de estudio
- Perímetro urbano
- Río Sinú

Fuente: GeoAdaptive LLC (2014)

Los datos recolectados para el proyecto se obtuvieron de múltiples fuentes. Se creó un sistema de información geográfica (SIG) de los datos georreferenciados proporcionados por la Alcaldía de Montería y a través de la digitalización de mapas

y otra información del POT (revisión 2002-2015). Los datos proporcionaron la información y la ubicación de los sistemas e infraestructura existentes, los sistemas naturales y urbanos, los servicios públicos, los límites de jurisdicción y la demografía existente, entre otros. Datos adicionales que incluyen la cobertura de suelo se adquirieron utilizando un análisis de sensores remotos por medio de los satélites Landsat 8, a una resolución de 30 metros.

Cada conjunto de datos georreferenciados se proyectaron en el sistema de coordenadas apropiado, cuando fue necesario, utilizando la proyección oficial de Montería: MAGNA - Montería, Córdoba 2006. Cada capa de datos que se creó tiene metadatos específicos embebidos en el archivo que describen los datos, la fecha de creación y cualquier otra información relacionada (cuando hubo otra información).

3.2.1 Amenazas prioritarias en Montería

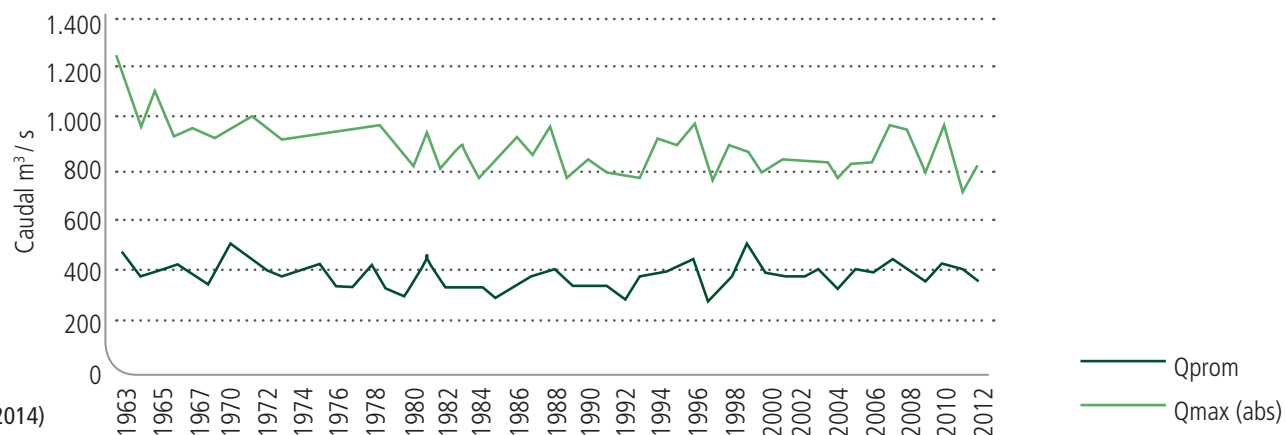
Utilizando un enfoque de amenazas múltiples, el equipo de GeoAdaptive (GA) seleccionó dos amenazas naturales principales para la ciudad de Montería: inundación fluvial y deslizamientos.

3.2.1.1 Inundación fluvial

Existen varios tipos de inundación, uno de los cuales se ha modelado para Montería: la inundación fluvial o desbordamiento del río. La inundación urbana y la inundación pluvial también afectan a la ciudad, pero en un grado menor.

Se analizaron los registros de caudales, monitoreados por el IDEAM. En la Figura 3.7 se presentan los caudales medios y máximos absolutos en m^3/s correspondientes a la estación Montería. Se debe aclarar que la estación no registró datos el año 1968. Sin embargo, para una mejor interpretación de la ubicación espacial del sistema Sinú (drenajes, embalse, ciénaga) y de las estaciones hidrológicas acá mencionadas, se presenta la Figura 3.8.

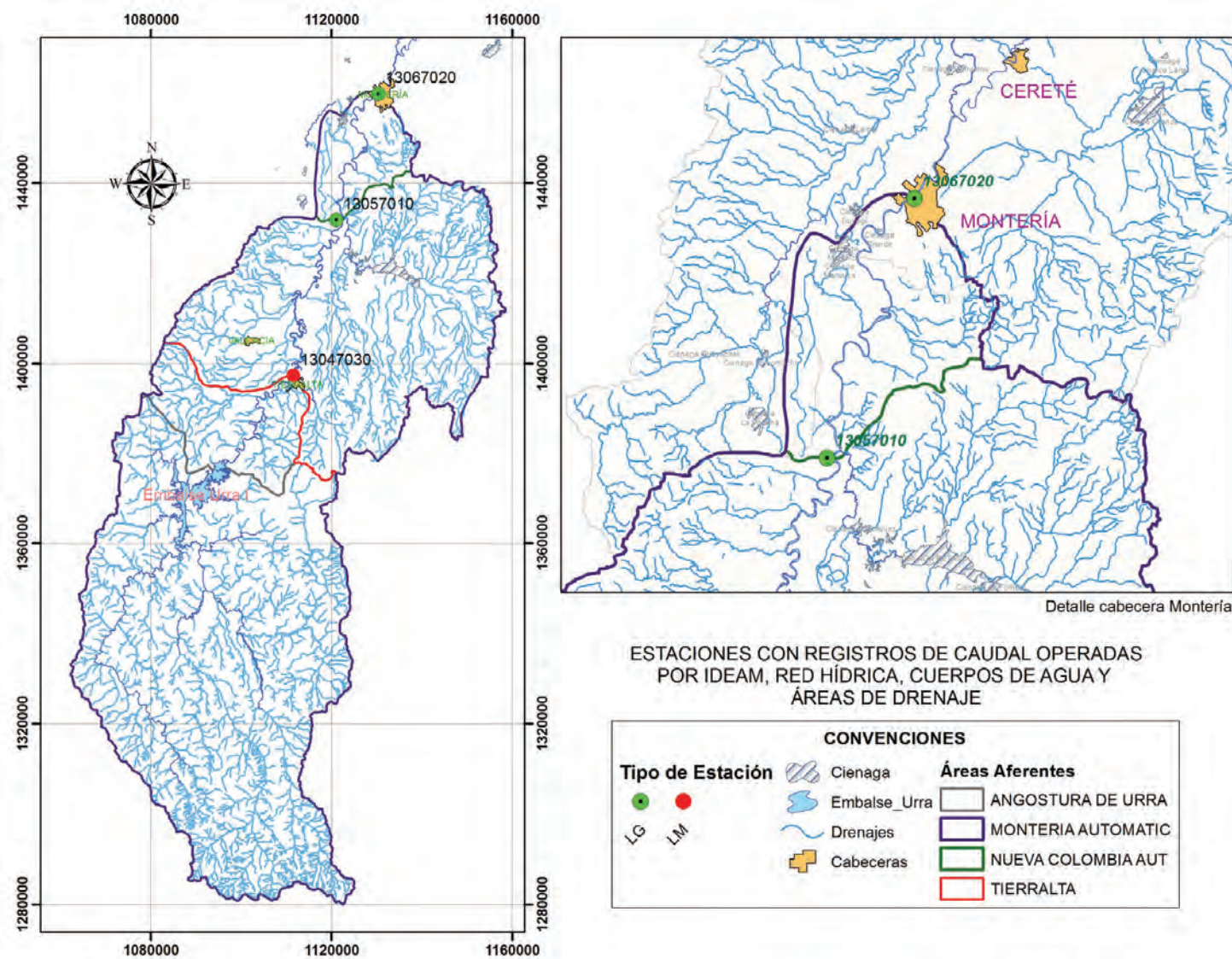
Figura 3.7
Series de caudales multianuales de la estación Montería Automática. Fuente: IDEAM



Fuente: GeoAdaptive LLC (2014)

Figura 3.8

Ubicación espacial de las estaciones hidrológicas y del sistema hídrico del Sinú. Tomado de IDEAM.
 LG = Estación hidrológica de tipo Limnigráfica; LM = Estación hidrológica de tipo Limnimétrica



Fuente: GeoAdaptive LLC (2014)

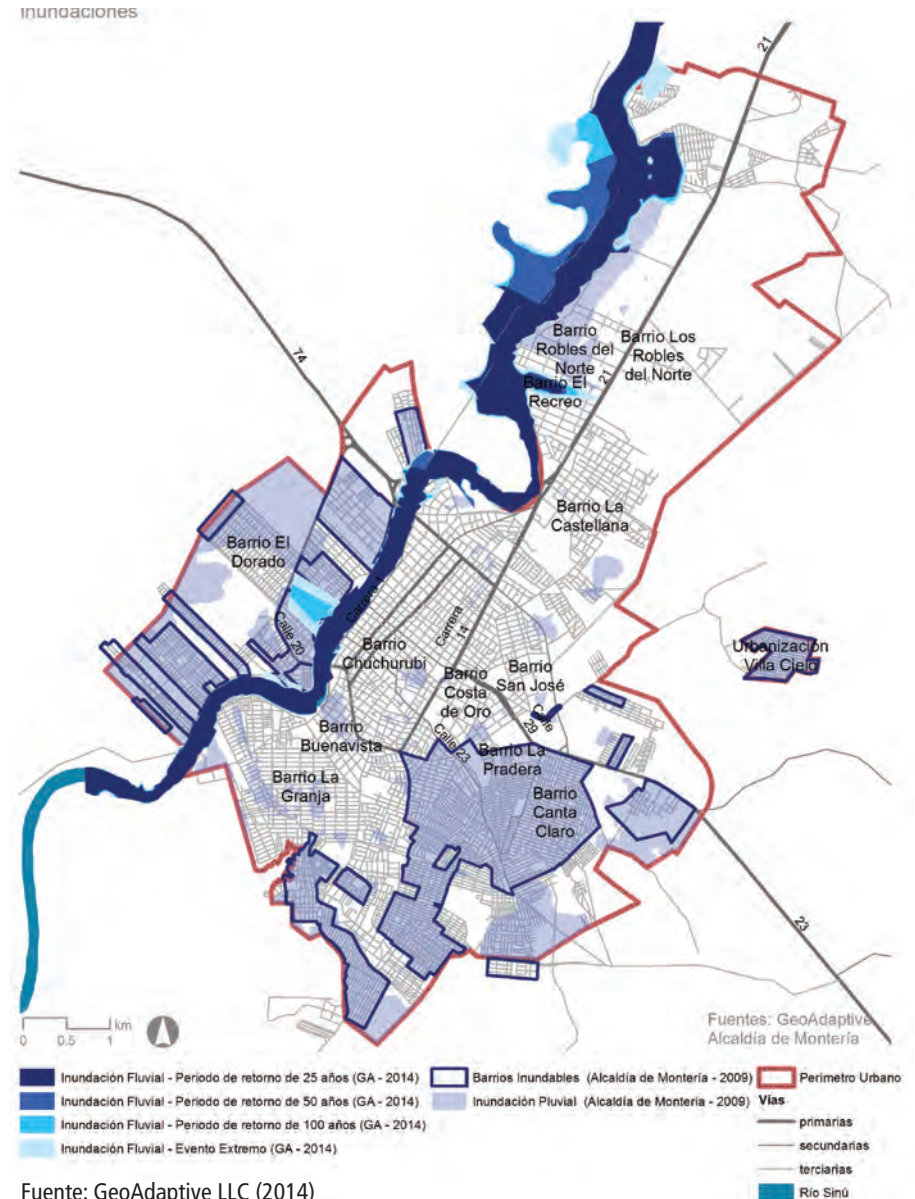
Dados los periodos presentados y conociendo el evento máximo registrado en la estación ocurrido el 16 de junio de 1963 (caudal 1.240 m³/s), se le puede asignar un período de retorno de 500 años. Por tal motivo, se recomienda emplear este periodo de diseño para el estudio de evento extremo contemplado. Se calculó la extensión y profundidad de la inundación para cada período de retorno y para el evento extremo. En general, la mayoría de la inundación se confina a las áreas dentro de los 50 a 100 m del cauce del río; sin embargo, se proyecta que varios de los barrios sufran una inundación más extensiva durante eventos de inundación intensa. En particular, las urbanizaciones Villa Nueva y Las Viñas, y los barrios Esmeralda, Villa Nueva y Minuto de Dios, se ven impactados en el banco izquierdo del río (Figura 3.9). En la Tabla 3.3 se presentan los caudales obtenidos para los diferentes periodos de retorno teniendo en cuenta la estación automática ubicada en Montería por parte del IDEAM.

Tabla 3.3
Caudales estimados para diversos periodos de retorno estación Montería automática

Caudales derivados función LogNormal		
P(Q)	TR(Años)	Q (m ³ /s)
0,002	500	1228
0,01	100	1108
0,013	75	1085
0,02	50	1052
0,04	25	994
0,1	10	909
0,2	5	836
0,429	2,33	736
0,5	2	711

Fuente: GeoAdaptive LLC (2014)

Figura 3.9
Inundaciones de génesis fluvial y pluvial en Montería
(Escala de datos: 1:11000; inundación fluvial: 1:5000)



Es importante indicar que la erosión progresiva de las riberas del río Sinú puede ser incitado por causas naturales o por impactos humanos. Sin embargo, este proceso natural puede ser exacerbado por impactos antropogénicos como la pérdida de vegetación adecuada en las orillas del río, la escorrentía urbana y la introducción de puntos de acceso informales al río. Además, al tener un suelo primordialmente aluvial, el problema de la erosión se encuentra a lo largo del curso del río. El proceso de erosión y deposición es representado en el meandro del río. La corriente de agua es más rápida en los bancos cóncavos y se presenta el proceso erosivo. En los bancos convexos la corriente es más lenta y se experimenta la deposición de la sedimentación aluvial (Fuente: Canada's Aquatic Environment, University of Guelph).

3.2.1.2 Deslizamientos

Para la ciudad de Montería, al no contar con un inventario histórico del fenómeno, GeoAdaptive propuso un método alternativo, midiendo la susceptibilidad directa e indirecta a lo largo de los bordes de El Cerro. Este cálculo es solamente una aproximación basada en la proximidad al El Cerro, ya que la información relativa a los datos edafológicos detallados y los eventos históricos no estaba disponible para el estudio, por lo tanto el volumen exacto del flujo de escombros/descarga no se pudo calcular. Dentro del ejercicio se tuvo en cuenta factores como: geomorfológicos, hidrológicos y cobertura del suelo.

En cuanto a la susceptibilidad indirecta, se consideraron las áreas más susceptibles al área de descarga y a los deslizamientos directos que rodean los bordes externos de El Cerro y se calculó el tamaño del área de descarga a lo largo de su base utilizando un multiplicador, el cual determinó el tamaño y nivel de susceptibilidad de esos bordes.

Como resultado se representan en clases de susceptibilidad a la amenaza por deslizamiento en muy alta, alta, moderada, baja y muy baja tal como se puede ver en la Figura 3.10. Todos los factores se ponderaron de igual manera y cada área de clase de susceptibilidad contiene un total de aproximadamente cinco ha. Las áreas indicadas con línea azul en el mapa anterior son

consideradas de mayor susceptibilidad (directa) a la amenaza de deslizamientos.

Las áreas más susceptibles se ubican a lo largo de espacios de alta acumulación de flujo y pendientes altas. A estos factores se les dio un mayor peso dado que la acumulación de flujos y la pendiente tienen una fuerte influencia sobre la dirección y el movimiento de materiales en un evento de lluvia.

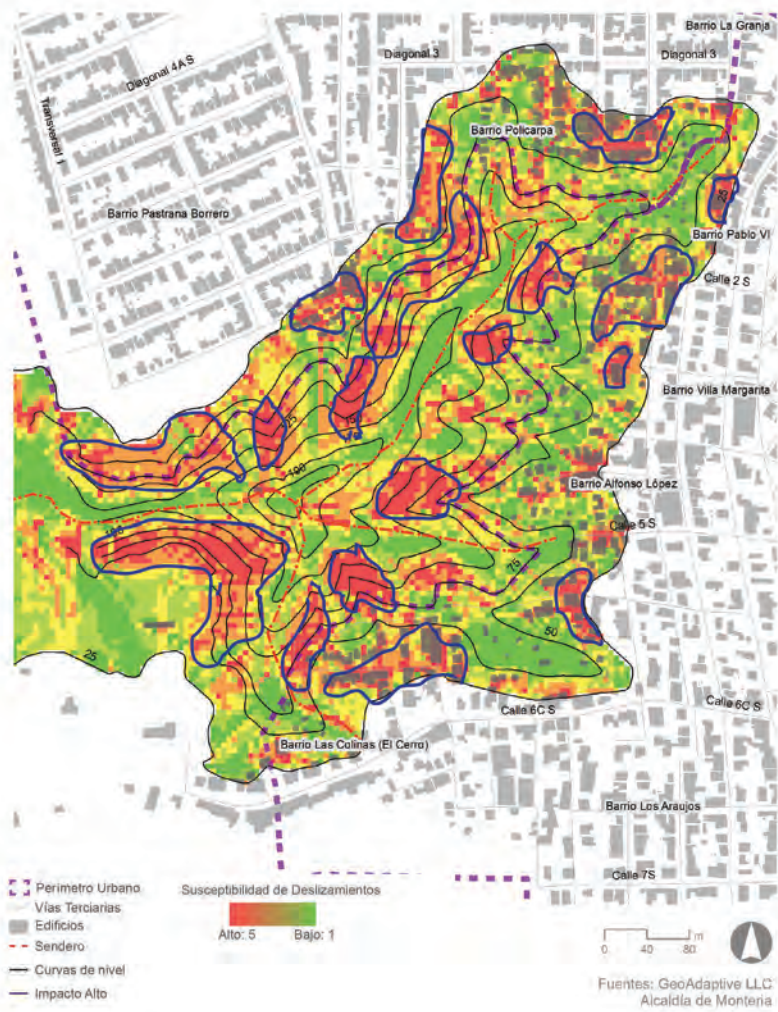
Las áreas que son menos susceptibles se ubican a lo largo de la cumbre de la colina (abarcando el pico): norte, sureste y suroeste. Estas áreas se caracterizan por una vegetación densa, una baja acumulación de flujos y una pendiente baja, factores que reducen la probabilidad de deslizamientos.

Las áreas entre el camino principal y el límite administrativo reflejan una susceptibilidad moderada a los deslizamientos. Una combinación de pendiente elevada, vegetación densa y alteración debido al camino crea un nivel intermedio de susceptibilidad a la falla de laderas.



Las áreas más susceptibles se ubican a lo largo de espacios de **alta acumulación** de flujo y pendientes altas

Figura 3.10
Principales zonas de descarga por deslizamiento, ya sea por susceptibilidad directa o indirecta



Fuente: GeoAdaptive LLC (2014)

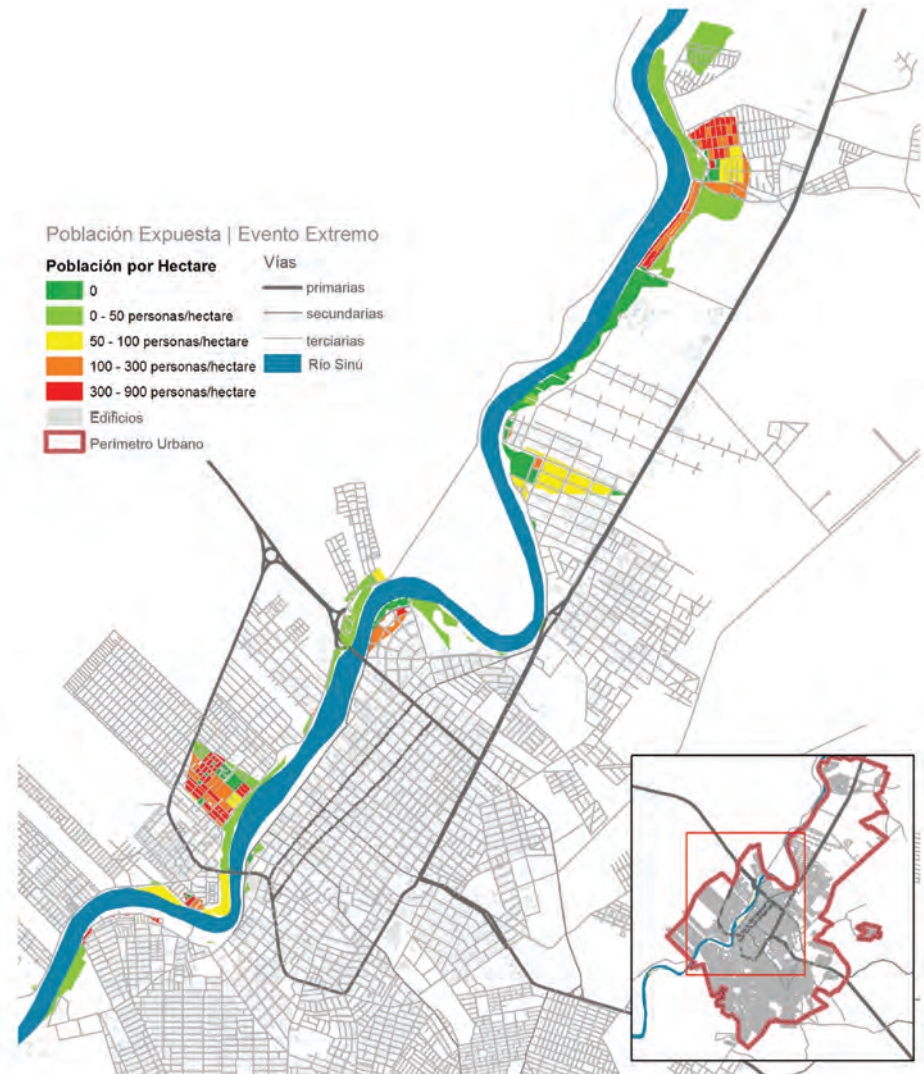


3.2.2 Análisis de exposición

Aproximadamente el 60% de las plantas de tratamiento, es decir tres, están expuestas a los períodos de retorno de 25, 50 y 100 años, así como al evento extremo. Con respecto a los servicios de agua y saneamiento, cerca del 10,49% está expuesto al evento extremo de inundación fluvial y 13,68% adicional lo está a la inundación pluvial.

Un total de 10.166 personas, o sea 3,69% de la población de Montería, están expuestas al evento extremo (Figura 3.11). Un total de 7.213 personas están expuestas a la inundación proyectada para el período de retorno de 100 años. Una población adicional de 141.173 personas está expuesta a la inundación pluvial. Unos 80.748 habitantes del estrato 1 y 38.386 del estrato 2 también están expuestos a la inundación pluvial. Esto puede llevar a un alto nivel de personas desplazadas en el estrato 1; por otro lado, el estrato 2, tiene un total de 2.029 personas expuestas al evento extremo, lo que puede incrementar la necesidad de vivienda de interés social en el futuro.

Figura 3.11
Área de población expuesta a eventos extremos de inundación fluvial (Escala de datos: 1:11000)

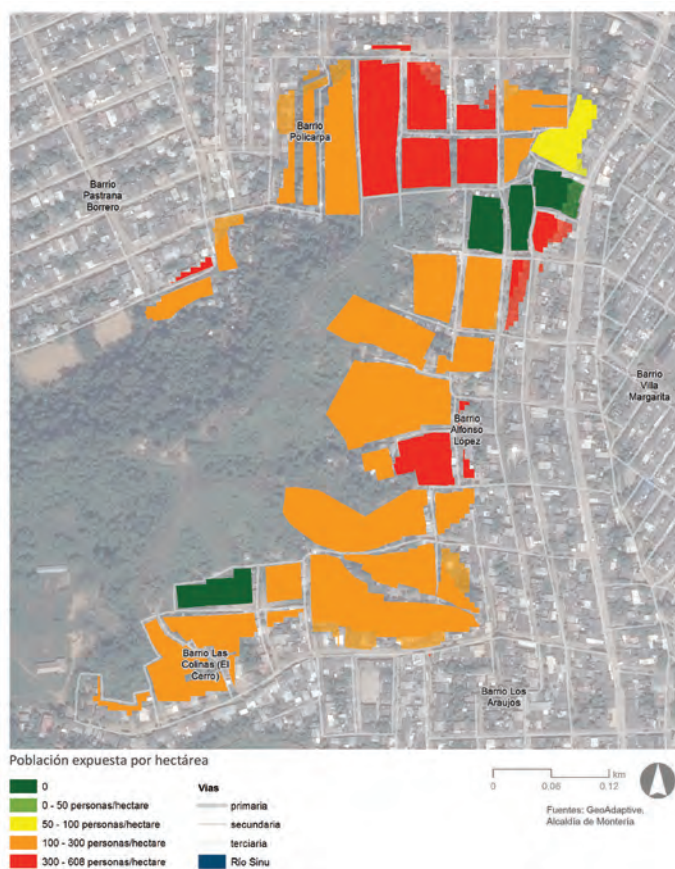


Fuente: GeoAdaptive LLC (2014)

Fuentes: GeoAdaptive,
Alcaldía de Montería

En cuanto a la exposición por deslizamientos, se calculó según el nivel de susceptibilidad directa o indirecta. Muy poca infraestructura está expuesta a los deslizamientos, solamente dos tipos de infraestructura fueron expuestos, de ellos menos del 1% es expuesto a la amenaza. El Cerro representa un área pequeña comparada con la extensión total de la ciudad. La mayoría de la exposición es residencial y de vías muchas de ellas sin pavimentar, con alguna exposición adicional de la red de

Figura 3.12
Población expuesta a susceptibilidad directa e indirecta a deslizamientos (Escala de los datos: 1:20000)



Fuente: GeoAdaptive LLC (2014)

acueducto. Aproximadamente 1.843 personas están expuestas a los deslizamientos, con un estimado de 339 y 281 personas expuestas a las áreas de susceptibilidad alta y muy alta, respectivamente, como se muestra en el mapa de la Figura 3.12. Unas 331 personas adicionales, están expuestas indirectamente a los deslizamientos. La exposición adicional está mayormente dentro de los niveles de susceptibilidad media y alta.

3.2.3 Análisis de vulnerabilidad

Dentro del tema de vulnerabilidad se analizó la física teniendo en cuenta los materiales de construcción conocidos o las condiciones y características físicas sabidas o asumidas de los ambientes construidos en cada ciudad. Los coeficientes de vulnerabilidad se asignaron a cada estructura, basados en la intensidad de la amenaza. -por ejemplo, la profundidad de la inundación a lo largo del río Sinú o el nivel de susceptibilidad en El Cerro- y el tipo de construcción -por ejemplo, mampostería o bloques reforzados- de cada estructura.

Se utilizó el ERN-CAPRA (Vulnerabilidad v2.0) para determinar los coeficientes de vulnerabilidad para cada tipo de estructura en cuanto al tema de inundaciones. De acuerdo a los resultados, los siguientes lugares son especialmente vulnerables a la inundación fluvial: Urbanización Las Viñas, Urbanización Villa Real (Figura 3.13 a), Barrio La Esmeralda (Figura 3.13 b), Barrio Sucre (invasión), Barrio 7 de Mayo, Barrio 20 de Julio (Figura 3.13 c) y Barrio El Bongo.

En el caso de los deslizamientos, las funciones de vulnerabilidad no estuvieron disponibles dentro del CAPRA. Por ende, GeoAdaptive condujo una revisión de estudios recientes sobre pérdidas estructurales, fragilidad de los edificios a los deslizamientos y clasificaciones de susceptibilidad a los deslizamientos (INGEOMINAS, 2006) en la región. De aquí, determinamos un rango de coeficientes de vulnerabilidad que aplican a tipologías de edificios como los que encontramos en Montería y cómo estos edificios son afectados por los deslizamientos.

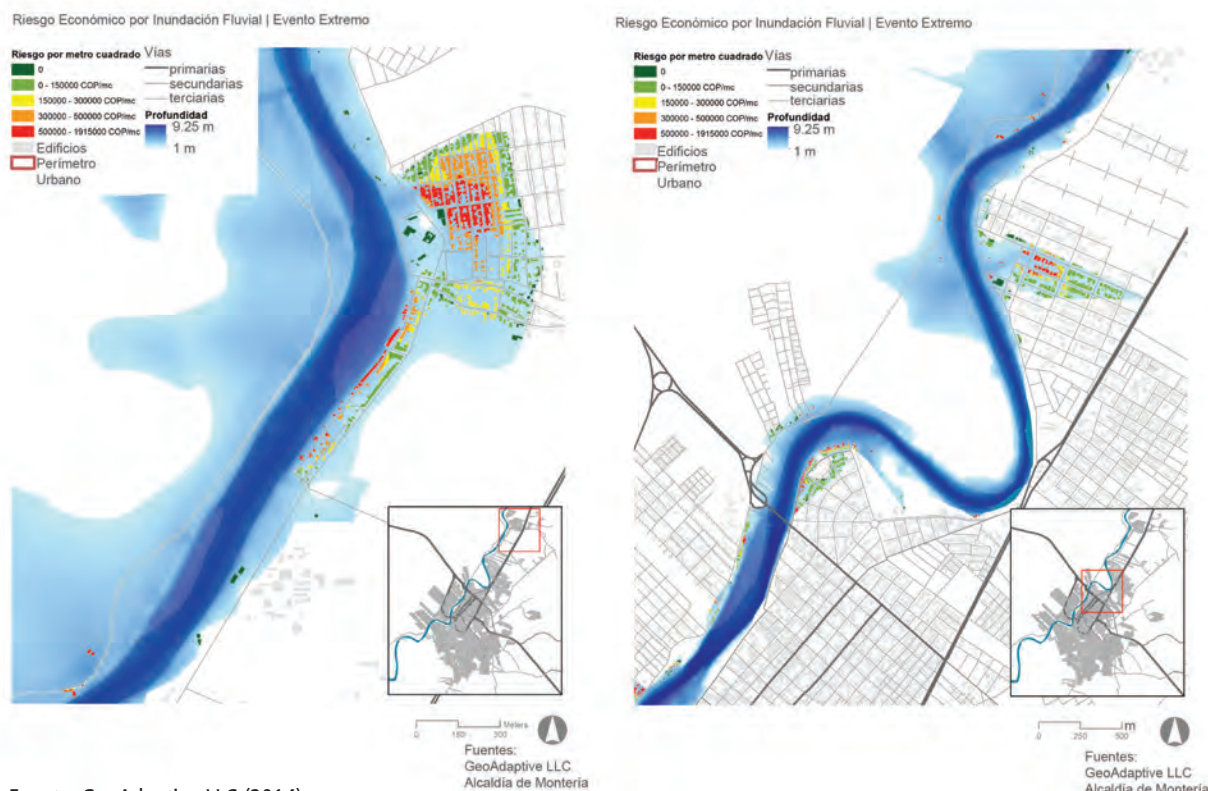
3.2.4 Análisis de riesgo

El riesgo se calculó en Montería utilizando el método estandarizado para la evaluación de exposición, vulnerabilidad y riesgo de GeoAdaptive. Este método utiliza la ecuación conceptual:

$$\text{Riesgo} = \text{Amenaza} * \text{Exposición} * \text{Vulnerabilidad}$$

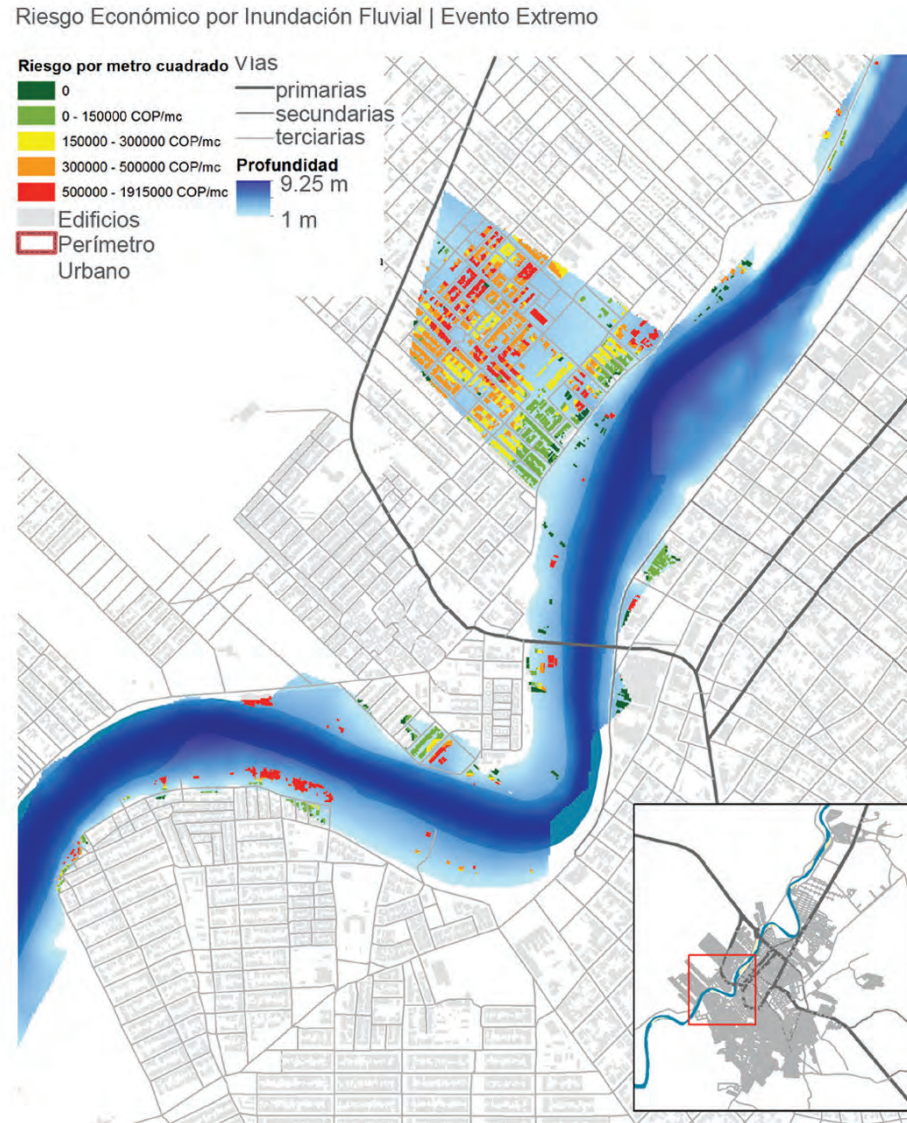
Montería se encuentra rodeada por el río Sinú y humedales. Debido a esto ha sido y sigue siendo propensa a inundaciones. Sin embargo, sus condiciones urbanas determinan su vulnerabilidad y las pérdidas potenciales debido a las inundaciones. Se calcularon las pérdidas económicas basadas en las pérdidas residenciales estimadas. El riesgo se estimó para las inundaciones de 25, 50 y 100, y para el evento extremo, aproximadamente 500 años; el riesgo también se estimó para períodos de retorno de 5 y 10 años, para poder calcular pérdidas promedio anuales estimadas. Los mapas en la Figura 3.14 y Figura 3.15 representan la inundación del evento extremo.

Figura 3.14
Riesgo económico residencial a inundación fluvial (evento extremo). (Escala de datos: 1:11000)



Fuente: GeoAdaptive LLC (2014)

Figura 3.15
Riesgo económico residencial a inundación fluvial (evento extremo). (Escala de los datos: 1:11000)



Fuente: GeoAdaptive LLC (2014)

Tabla 3.4
Riesgo humano a la inundación fluvial

Riesgo humano por inundación fluvial								
Escenario	Periodo de retorno de 25 años		Periodo de retorno de 50 años		Periodo de retorno de 100 años		Evento extremo	
	Personas a riesgo	% de población total	Personas a riesgo	% de población total	Personas a riesgo	% de población Total	Personas a riesgo	% de población total
2013	1.044	0,38%	1.273	0,46%	1.805	0,66%	3.318	1,21%
2030 - Tendencial	1.194	0,28%	1.453	0,34%	2.038	0,48%	3.926	0,93%
2030 - Sostenible	1.044	0,25%	1.273	0,30%	1.805	0,43%	3.318	0,79%

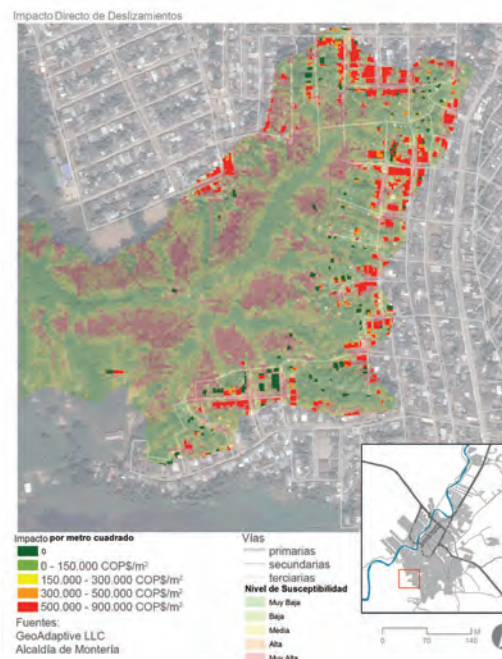
Fuente: GeoAdaptive LLC (2014)

En la tabla 3.4 se presenta el riesgo humano por inundación teniendo en cuenta los escenarios tanto tendencial como sostenible. En cuanto a los riesgos físicos y humanos dados por deslizamientos, se calcularon para cada nivel de susceptibilidad a los deslizamientos, fuera esta directa e indirecta, (Figura 3.16). Los impactos por la susceptibilidad directa indican aquellos impactos como resultado de un deslizamiento en donde el movimiento de la tierra puede socavar a los edificios y se puede convertir en parte del flujo de escombros. La susceptibilidad indirecta, indica aquellos impactos que ocurren como resultado del flujo de escombros producto del deslizamiento.

Un total de aproximadamente \$13 mil millones de pesos colombianos en bienes residenciales se ven impactados por todos los niveles de susceptibilidad directa a los deslizamientos. Esto representa aproximadamente 0,11% de los bienes residenciales actuales de Montería. Un estimado adicional de \$509 millones de pesos colombianos en bienes residenciales se ven impactados por todos los niveles de susceptibilidad indirecta a los deslizamientos. Se debe notar que solo hay impactos en las comunidades de estrato 1 y 2 por la localización de la amenaza sobre y alrededor de El Cerro.

Considerando el riesgo futuro bajo el escenario de crecimiento tendencial para el 2030, se estiman unos \$16,8 mil millones de

Figura 3.16
Impacto económico directo de susceptibilidad a deslizamientos (Escala de datos: 1:20000)



Fuente: GeoAdaptive LLC (2014)

pesos colombianos de bienes residenciales impactados por la susceptibilidad directa a los deslizamientos. Esto es un aumento de aproximadamente \$3,78 mil millones de pesos colombianos desde el año 2013. Esto incluye un total de \$6,5 mil millones de pesos colombianos impactados por la susceptibilidad directa -la cual es muy alta- a los deslizamientos; representando el área con mayor probabilidad de ser impactada por un deslizamiento. Unos \$543 millones de pesos colombianos adicionales en bienes residenciales se ven impactados por la susceptibilidad indirecta a los deslizamientos en el año 2030. Ningún bien adicional se ve impactado por la susceptibilidad indirecta muy alta.

3.2.5 Recomendaciones

Las siguientes recomendaciones se proveen basados en el análisis que condujo la empresa contratada por FINDETER para la realización de los estudios y considerando una visión más amplia para el futuro de Montería, en busca de poder avanzar hacia las condiciones que determinen un escenario que reduzca la exposición, vulnerabilidad y riesgo a las amenazas naturales, aumentando la resiliencia a las amenazas naturales y utilizando recursos y conocimiento existentes para poder crecer de manera sostenible y proactiva, capturando esta visión amplia para una ciudad ribereña sostenible y próspera.

Las estrategias resaltadas aquí son recomendaciones para la ciudad en general, considerando los retos y conclusiones mencionados anteriormente.

Como resumen, los retos principales incluyen:

- Alta exposición a las inundaciones urbanas.
- Alta vulnerabilidad a las inundaciones fluviales y deslizamientos.
- Objetivo de la ciudad de reubicar 40% de la población en zonas de "riesgo".

- Riesgo mayor para los barrios de bajos ingresos.
- Desarrollos informales en las zonas de riesgo.
- El aumento del riesgo presentado en el escenario tendencial de crecimiento para el año 2030.

Corto plazo

- Revisar el POT para decretar y fortalecer políticas relacionadas al desarrollo y al uso del suelo en las zonas de amenaza y las áreas protegidas.
- Diseñar y programar las áreas protegidas para proveer un valor público y así desincentivar el desarrollo informal en esas áreas.
- Reubicar poblaciones y estructuras, o adaptar estructuras en las áreas de mayor riesgo.

Largo plazo

- Mantener los datos y los estudios necesarios para actualizar la delimitación de las áreas de amenaza y para una gestión eficiente de las emergencias.
- Actualizar los datos y estudios del SIG para proporcionar fechas más precisas para estudios futuros, la planificación y la gestión de emergencias.


REUBICAR
40%
 de la población en
 zonas de "riesgo"

3.3

HUELLA URBANA HISTÓRICA Y ESCENARIOS FUTUROS

El estudio pretende analizar, cuantificar y visualizar la huella urbana histórica de la ciudad de Montería. Así mismo busca entregar recomendaciones para la ciudad basadas en el análisis previo, que ayudará a las autoridades locales a guiar a la ciudad hacia un futuro más sostenible.

El estudio se desarrolla en tres fases fundamentales:

1. Análisis preliminar para identificar las condiciones urbanas, naturales y sociales existentes en la ciudad, así como los sistemas urbanos y naturales, sus relaciones y sus patrones en el área de estudio.
2. Identificación de la cobertura del suelo tanto histórica como actual de la ciudad, por medio de la generación de mapas de cobertura del suelo a partir de análisis con sensores remotos, con particular atención sobre la huella urbana, es decir el área construida de la ciudad, para los años 1985, 2001 y 2012.
3. Simulación de la expansión del crecimiento urbano posible a futuro.

El área de estudio definida para este estudio incluye el perímetro urbano de la ciudad de Montería, las áreas de expansión propuestas y el paisaje circundante, incluyendo el área al norte del perímetro urbano donde se ubica el aeropuerto nacional.

La ciudad de Montería, en el departamento de Córdoba, se ubica al noreste de Colombia, en la ribera del río Sinú, por lo cual se la conoce como La Perla del Sinú. La ciudad se ha desarrollado alrededor de un núcleo urbano, rodeado de poblaciones rurales y suelos agrícolas y pastizales. Con una población urbana de 320.285, según proyección para el 2013 del DANE. Se constituye en la décima ciudad más grande de Colombia.

3.3.1 Análisis del crecimiento urbano 1985-2012

El análisis del cambio en la cobertura del suelo para Montería revela una ciudad en crecimiento desde 1985. Los cambios más prominentes se experimentaron entre 1985 y 2001, lo cual no es de extrañar, dado que el periodo de análisis es de 17 años, mayor que los 11 años del otro periodo analizado (2001-2012), donde gran parte del cambio ocurrió dentro o alrededor de la periferia del perímetro urbano (Figura 3.17a). Los cambios más extensivos que se observan entre 1985 y 2001 fueron la pérdida de la vegetación de humedal (1.790 ha) y una ganancia neta de áreas urbanizadas (724 ha) y de suelos agrícolas y pastizales (1.416 ha).

Los cambios entre 2001 y 2012 fueron menos intensivos que en años anteriores. A pesar de que los suelos agrícolas y pastizales aumentaron en general entre 1985 y 2012, y disminuyeron entre 2001 y 2012. Entre 2001 y 2012 se observó el aumento más alto en el desarrollo de intensidad baja, con un incremento de 133 ha. La mayoría de estos cambios fueron consecuencia de la expansión del desarrollo urbano y las áreas residenciales alrededor del centro histórico de la ciudad, con una alta concentración del crecimiento hacia el sureste del núcleo urbano.

El análisis estadístico para el período entre 1985 y 2012 (Tabla 3.5) refleja un aumento en las áreas urbanas (alta, media y baja intensidad)³ con un incremento total de 901 ha y una ganancia neta de suelos agrícolas y pastizales de 1.160 ha.

3. Para estudiar la dinámica de la huella urbana es importante considerar la intensidad del desarrollo, la cual identifica el porcentaje de área construida por unidad geográfica, lo que también puede ser utilizado como indicador de la densidad urbana.

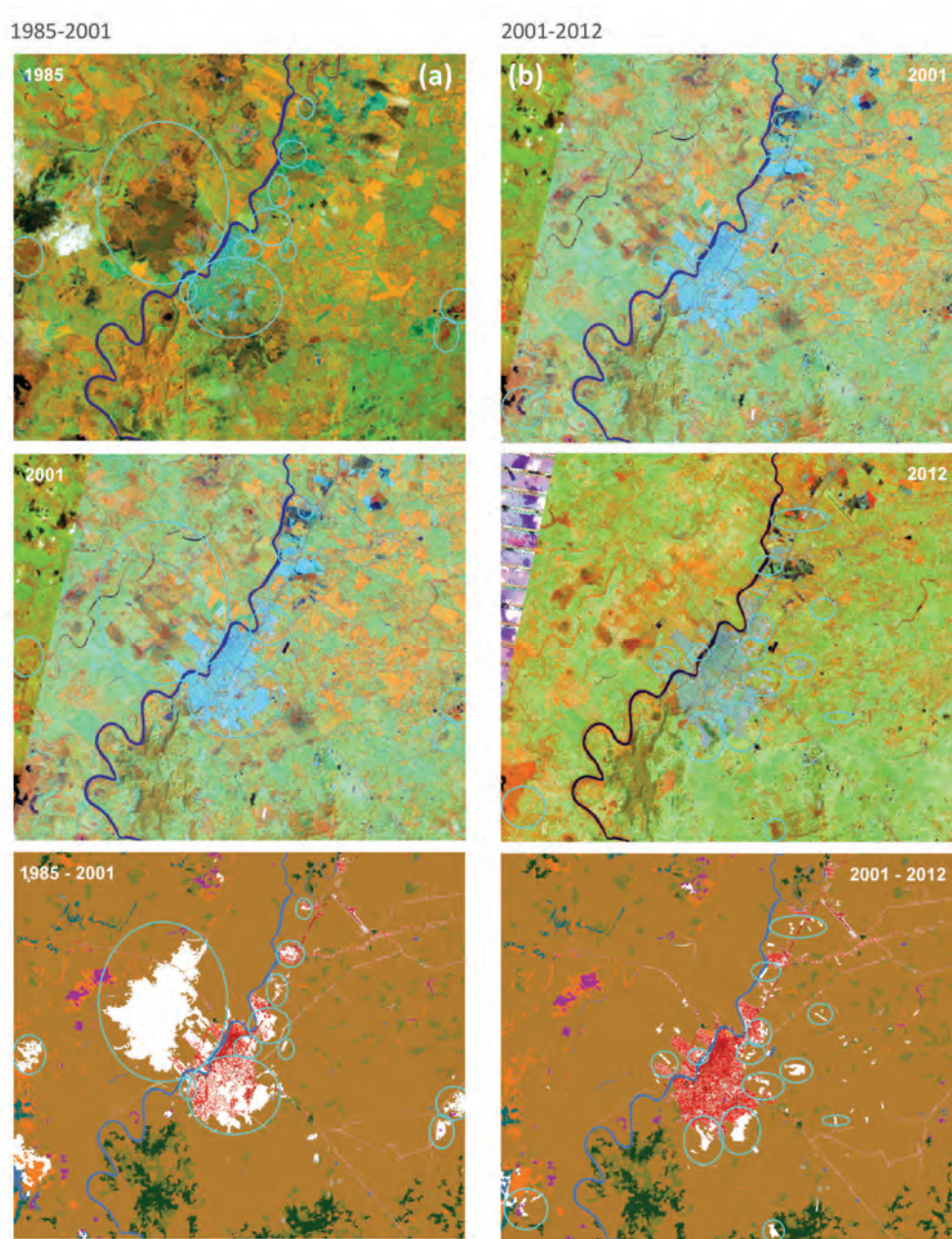
- Intensidad alta: áreas intensamente desarrolladas, las superficies impermeables representan un 80-100% de la cobertura total.
- Intensidad media: áreas construidas y coberturas de vegetación. Las superficies impermeables representan un 50- 79% de la cobertura total.
- Intensidad baja: áreas construidas y cobertura de vegetación. No obstante, las superficies impermeables representan un 20-49% de la cobertura total.

Tabla 3.5
Resultados finales de la comparación entre cada categoría de cobertura del suelo para cada período de análisis (1985-2012). (Aquellas celdas en violeta indican la mayor pérdida absoluta entre los años 1985-2012)

Cobertura	1985		2001		2012		Cambio absoluto 1985 - 2012
	Área	% del total	Área	% del total	Área	% del total	
Desarrollado: intensidad alta	219 ha	0,40%	337 ha	0,60%	328 ha	0,60%	50%
Desarrollado: intensidad media	356 ha	0,70%	719 ha	1%	772 ha	1%	116%
Desarrollado: intensidad baja	1.114 ha	2%	1.358 ha	2%	1.491 ha	3%	34%
Espacios abiertos	352 ha	1%	266 ha	0,50%	313 ha	0,60%	(11%)
Tierras forestales	2.201 ha	4%	2.207 ha	4%	2.200 ha	4%	(0,1%)
Matorral / arbustos	2.614 ha	5%	2.619 ha	5%	2.633 ha	5%	1%
Humedales boscosos	432 ha	1%	321 ha	1%	319 ha	1%	(26%)
Humedal emergente	474 ha	1%	334 ha	1%	329 ha	1%	(31%)
Vegetación de humedal	2.895 ha	5%	1.106 ha	2%	1.181 ha	2%	(59%)
Cultivos / campo	43.644 ha	80%	45.060 ha	83%	44.805 ha	82%	3%
Sin vegetación (suelo desnudo)	39 ha	0,10%	34 ha	0,10%	33 ha	0,10%	(16%)
Total Área	54.341 ha		54.360 ha		54.403 ha		

Fuente: GeoAdaptive LLC (2014)

Figura 3.17
(a) Cambios identificados en la cobertura del suelo entre los años 1985 y 2001; (b) Cambios identificados en la cobertura del suelo entre los años 2001 y 2012. (Áreas de cambio son indicadas con círculos)



Fuente: GeoAdaptive LLC (2014)

Dentro de las áreas urbanas, los desarrollos de mediana y baja intensidad experimentaron la mayoría de los cambios, ganando 415 y 377 ha respectivamente. Las imágenes Landsat revelan que el declive más alto ocurrió dentro de la categoría de vegetación de humedal, disminuyendo en 1.714 ha para este período, pasando de 3.801 a 1.760 ha.

La disminución en la cobertura de humedales puede tener consecuencias secundarias en algunas áreas, aumentando el potencial de los eventos de inundación debido a la pérdida del paisaje de humedal. Estas condiciones se pueden observar en la ciudad actualmente, en aquellos barrios que experimentan problemas de inundaciones, identificados por la municipalidad, que en su mayoría están construidos en terrenos de humedal; por ejemplo: barrio Los Araújos, Nueva Esperanza y Santa Isabel, entre otros.

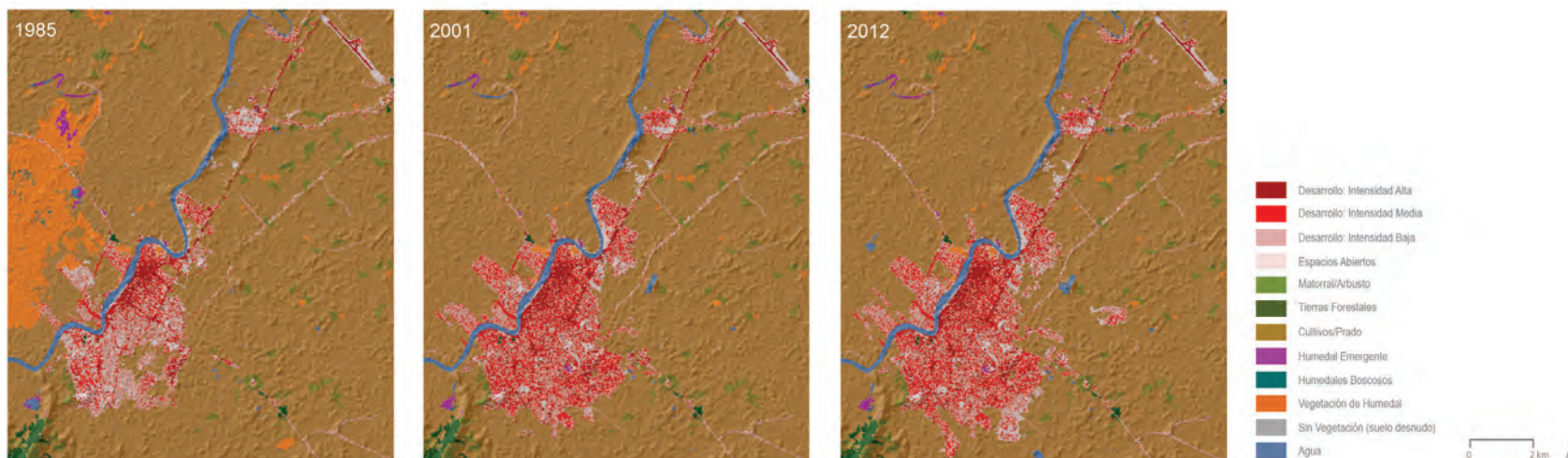
3.3.2 Evolución del cambio de la cobertura del suelo (1985- 2012) y la huella urbana

La cobertura dominante en el área de análisis para el 2012 son los suelos agrícolas y pastizales (44.805 ha), seguidas de matorrales (2.633 ha) y suelos desarrollados (2.591 ha). Los suelos agrícolas y pastizales están en correlación directa con la actividad de los sectores económicos principales de la ciudad: la agroindustria y la industria ganadera.

Durante el período de análisis, entre 1985 y 2012, las coberturas más afectadas fueron las clasificaciones de humedales: con una pérdida de 113 ha de humedales boscosos, 146 ha de pérdida de humedales emergentes y una pérdida de 1.714 ha de vegetación de humedal; una combinación total de 1.972 ha de humedales fue convertida a otra cobertura.

La segunda categoría de clasificación de suelo en experimentar una disminución fue la categoría de espacios abiertos y praderas con una pérdida de 39 ha. En contraste, la cobertura de suelo que

Figura 3.18
La cobertura del suelo para la región de Montería para los años 1985, 2001 y 2012



Fuente: GeoAdaptive LLC (2014)

experimentó la mayor ganancia fue la categoría de suelos agrícolas y pastizales, que aumentó en 1.160 ha y el suelo urbanizado con un incremento total de 901 ha. En particular, los desarrollos de mediana y baja intensidad aumentaron en un total de 415 y 377 ha respectivamente.

El aumento de los terrenos desarrollados implica que la huella urbana consume frecuentemente suelos que son fácilmente desarrollables, requieren intervenciones moderadas o no necesitan ninguna, como los espacios abiertos, los suelos agrícolas y los humedales. Estas áreas son de gran importancia para la ecología de la región y son las más difíciles de recuperar después de haber sido desarrolladas. Las presiones de especulación del suelo dentro del ambiente urbano y los precios bajos del terreno en la periferia frecuentemente estimulan la transformación de las coberturas ecológicamente más frágiles en desarrollos urbanos. Teniendo esto en cuenta, los cambios generales de la cobertura del suelo en la ciudad de Montería muestran que las áreas urbanas con intensidades altas, medias y bajas, así como

los suelos agrícolas y pastizales, han ido creciendo desde 1985, con el cambio más notorio en la pérdida de la cobertura de humedales (Figura 3.18).

3.3.3 Evolución de la huella urbana (1985-2012)

Dentro de la huella urbana de la ciudad (Figura 3.19), los cambios más pronunciados ocurrieron con el aumento de los desarrollos de intensidades medias y bajas. Como demuestra el análisis, la huella urbana de Montería se ha ido expandiendo, resultando en nuevos patrones de desarrollo y en un aumento en la necesidad de servicios sociales y de infraestructura.

El crecimiento urbano más significativo se observó entre 1985 y 2001 con un crecimiento total del 43% o 724 ha. Durante 2001-2012, la ciudad presentó un crecimiento menor, con un aumento del 7% o 177 ha. El análisis del cambio de cobertura demuestra

Figura 3.19

Cambio de la huella urbana de la ciudad de Montería: 1985, 2001 y 2012



Fuente: GeoAdaptive LLC (2014)

que aumentó la cantidad del suelo para las intensidades medias y bajas entre 1985 y 2001 con un total de 362 y 244 ha de nuevo crecimiento respectivamente. Cabe mencionar que entre los períodos de estudio (1998-2009) la ciudad experimentó la migración forzada a causa de la violencia. En Montería se registró un incremento poblacional de inmigrantes de 5,28% para el año 1996 (CODHES, UNICEF Colombia). La ciudad también recibió desplazados durante la segunda mitad de 1980 del Alto Sinú y San Jorge, los cuales llegaron a vivir en los barrios marginales con altas densidades (CODHES, UNICEF Colombia).

Con base en el análisis de la huella urbana, se demuestra un crecimiento significativo en las siguientes áreas de la ciudad: al oeste del centro de la ciudad, El Poblado, La Palma, Minuto de Dios, Urbanización El Nispero, Las Viñas y Bentancí; hacia el sur, Nueva Esperanza, Furatena, Villa Paz, Araújos, Colina Real, Robinson Pitalúa, Santa Rosa y Paz del Río; hacia el este Canta Claro, Villa Sorrento, Villa Fátima y El Limonar y cerca del centro histórico, Altos del Country, Los Ángeles, Urbanización Brizalia, y hacia el norte, cerca de la Urbanización Castilla La Nueva y el barrio Los Alcázares.

3.3.4 Análisis del crecimiento urbano futuro (2030)

Se utilizó el Modelo de Evaluación Rápida del Crecimiento Urbano (RGAM, Rapid Urban Growth Assessment Model) desarrollado por GeoAdaptive, LLC (2012), para simular los cambios en el uso del suelo al replicar las condiciones del mercado de bienes raíces, basados en las relaciones entre la oferta (tierra disponible para el desarrollo) y la demanda (cantidad de unidades asociadas particularmente a las densidades de vivienda). El RGAM simula condiciones para varias densidades residenciales, manteniendo una relación directa con las proyecciones demográficas y la segmentación del mercado dentro de una ciudad.

Se modelaron dos escenarios de futuro crecimiento residencial para la ciudad de Montería para simular el cambio en la huella

urbana para el año 2030: escenario tendencial y de crecimiento inteligente. Estos escenarios pueden servir como una herramienta para incrementar el conocimiento local de aquellos que son responsables de la toma de decisiones sobre los impactos y consecuencias asociadas a cada tipo de crecimiento.

Los escenarios también proporcionan un medio de comparación para los diferentes costos de inversión que se requieren para suministrar servicios urbanos básicos a sus residentes -cuando la información estuvo disponible-, tales como red agua potable, alcantarillado y sistema vial y de transporte dentro de las áreas proyectadas de crecimiento. Se debe aclarar que estos escenarios no deben verse como una propuesta o un plan de desarrollo urbano de parte de los autores. Deben verse como exploraciones plausibles del futuro de la ciudad desarrolladas con suposiciones validadas con el equipo consultivo y basadas en estudios previos. Estas son herramientas de aprendizaje para determinar la dirección del cambio en términos de planificación de la ciudad.

Existen cuatro categorías principales a nivel de políticas que guían las suposiciones utilizadas como insumo para cada escenario. A continuación, una breve descripción de cada una:

- a) Coordinación de los sistemas urbanos y naturales
La coordinación de los sistemas naturales y urbanos dentro de una ciudad puede proveer una multitud de funciones y servicios de ecosistema para las comunidades locales.
- b) Zonificación y restricciones de uso del suelo
La zonificación es un mecanismo para la gestión territorial utilizado por el gobierno local con el propósito primordial de restringir los usos que no sean compatibles con las condiciones actuales o que van en contra de las normas o regulaciones actuales de desarrollo.
- c) Infraestructura nueva y mejorada
La ubicación de la infraestructura existente proporciona la base para evaluar las áreas más aptas para el desarrollo urbano.
- d) Densidad
La densidad urbana es una medida específica que se refiere al número de residentes en un área particular y se mide típicamente en habitantes por hectárea (hab/ha).

Entre los dos escenarios existen varias diferencias significativas en la priorización de los factores de crecimiento urbano. Bajo el escenario tendencial, el desarrollo residencial se proyecta primero en áreas de mayor aptitud para el desarrollo de altas densidades, seguido por el desarrollo de densidades medias y finalmente el desarrollo de densidades bajas para constituir el balance de la demanda de vivienda proyectada. En contraste, el escenario de crecimiento inteligente prioriza las coberturas del suelo reservados para el bien público, incluyendo áreas de recreación, aquellas consideradas como reserva ambiental o no aptas por ser expuestas a las amenazas naturales. Como segundo nivel de prioridad, el modelo adjudica primero a los desarrollos de densidad más alta, dejando a la baja densidad de último y reduciendo los patrones de desarrollo de expansión urbana desmedida.

El crecimiento urbano proyectado para 2030, bajo los escenarios de crecimiento tendencial e inteligente, se determinó utilizando un proceso que considera proyecciones de demanda basados en restricciones de zonificación y de uso del suelo, crecimiento poblacional, densidad urbana y la incorporación de sistemas naturales y urbanos (Tabla 3.6). La demanda total de terreno, basada en la densidad y la población proyectadas, se le asigna a las áreas de mayor aptitud relativa, empezando con las áreas más atractivas, seguidas por el siguiente grupo de áreas atractivas, hasta que el número total de ha se haya distribuido.

Resultados del Escenario Tendencial

El escenario tendencial muestra la expansión futura de los desarrollos de alta densidad hacia la porción norte de Montería en las comunas 8 y 9, alrededor de la vía a Cereté (Ruta 21). Se espera que un crecimiento a futuro del desarrollo de mediana densidad ocurra en las comunas 8 y 9 con una concentración en el crecimiento cerca de la periferia de la ciudad, a lo largo de la vía circunvalar propuesta.

Se prevé que el crecimiento considerado a lo largo de la vía a Cereté aumentará la congestión vehicular que actualmente experimenta dicha ruta. El gobierno local ha propuesto el desarrollo de una carretera circunvalar, que se refleja en este escenario, de la que

se espera, sea el alivio para algunos de los problemas de tránsito en curso.

El patrón general de crecimiento se caracteriza por la expansión urbana difusa, exhibiendo muy poca renovación urbana. El escenario tendencial resulta solamente en una hectárea de renovación, distribuida principalmente dentro del centro de la ciudad como se muestra en la Figura 3.20 y en la Tabla 3.7.

Resultados del escenario inteligente

El escenario de crecimiento inteligente fomenta una sostenibilidad a largo plazo y está guiado por políticas que fomentan la renovación, la consolidación y la densificación urbana. Se proyecta una alta concentración del desarrollo a futuro de alta densidad en las comunas 8 y 9, localizadas a lo largo de la vía a Cereté (Ruta 21). El patrón de desarrollo de alta densidad está influenciado por su proximidad con esta vía, con el río Sinú y a terrenos agrícolas que ofrecen vistas panorámicas del paisaje.

El consumo de terrenos bajo las condiciones definidas del escenario de crecimiento inteligente se concentran principalmente en las coberturas del suelo actualmente dedicadas a usos agrícolas/pastizales; aproximadamente un 84%, seguidos por desarrollos de baja densidad del 5,7% y desarrollos de mediana densidad del 3,4% (Tabla 3.8). La gran cantidad de terreno agrícola consumido por el crecimiento futuro puede desviar la agroindustria fuera del perímetro de la ciudad (Figura 3.21).

La mayor parte del área considerada para la renovación, consolidación y densificación propuestas se ubica dentro o cerca del centro de ciudad, apoyando el concepto de desarrollo compacto. Este tipo de desarrollo se caracteriza por una fácil accesibilidad a equipamientos, servicios, empleo, y espacios abiertos/verdes y está bien servido por opciones de transporte multimodal; por ejemplo: caminar, montar en bicicleta y tomar el transporte público.

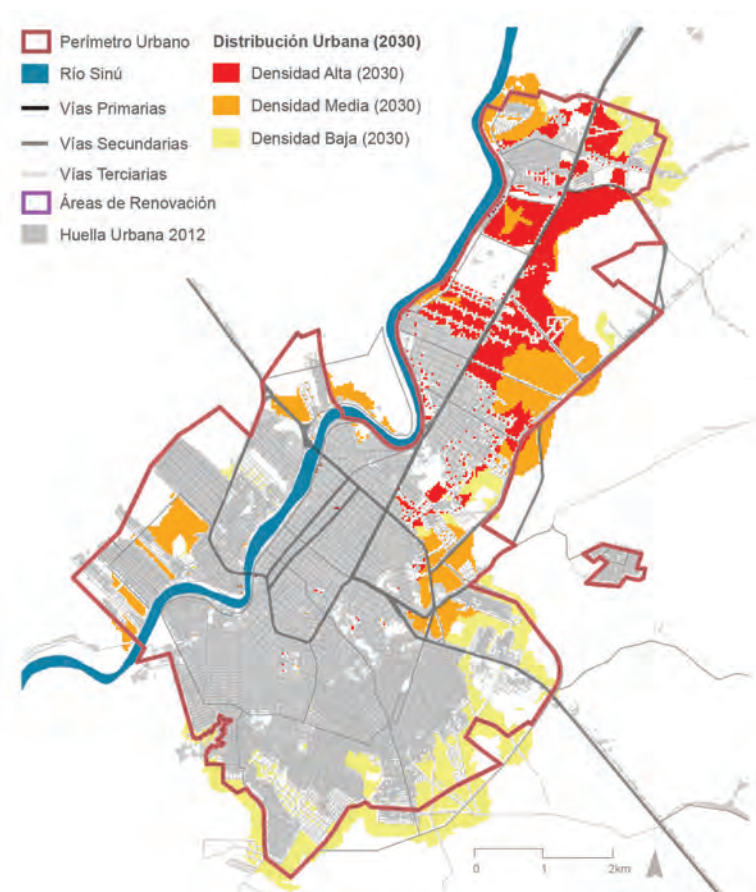
Tabla 3.6

Comparación del inventario de emisiones para GEI 2009 y 2012 (ton/año de CO₂e) y porcentaje de cambio 2009 – 2012. Municipio de Montería, Colombia

Parámetros y consideraciones	Tendencial - regulación aplicada	Tendencial - regulación no aplicada
Políticas urbanas	<ul style="list-style-type: none"> • Simula políticas establecidas en el POT. • No hay cambios en la normativa urbana. • Solo considera áreas de muy alto riesgo de inundaciones (POT). • Considera condiciones históricas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Simula condiciones actuales independientes de las políticas actuales. • No hay cambios en la normativa urbana. • Solo considera áreas de muy alto riesgo de inundaciones (POT). • Considera condiciones históricas.
Población (2030)	Aumento de 155.261 residentes	Aumento de 155.261 residentes.
Demanda - por nivel de densidad	<ul style="list-style-type: none"> • Alto: 289 ha (27%). • Medio: 349 ha (32%). • Bajo: 445 ha (41%). 	• Alto: 289 ha (27%).
		• Medio: 349 ha (32%).
		• Bajo: 445 ha (41%).
Demanda - total	1.083 ha	1.083 ha
Demanda - renovación	1 ha (0,09%)	1 ha (0,09%)
Áreas de crecimiento	<ul style="list-style-type: none"> • A lo largo de la vía a Cereté (Ruta 21) hacia el aeropuerto. • Alrededor de la Universidad Pontificia Bolivariana y hacia el norte del campus universitario. • Alrededor de la periferia urbana de la ciudad. • Densidades bajas se concentran en la periferia urbana de la ciudad y hacia el norte de la ciudad. 	<ul style="list-style-type: none"> • A lo largo de la vía a Cereté (Ruta 21) (hacia el aeropuerto). • Alrededor de la Universidad Pontificia Bolivariana y hacia el norte del campus universitario. • Alrededor de la periferia urbana de la ciudad. • Densidades bajas se concentran en la periferia urbana de la ciudad y hacia el norte de la ciudad.

Fuente: GeoAdaptive LLC (2014)

Figura 3.20
Resultado final del análisis de crecimiento urbano | Escenario tendencial, versión "regulación no aplicada" (2030)



Fuente: GeoAdaptive LLC (2014)

Tabla 3.7
Resultados cuantitativos del análisis de crecimiento urbano | Escenario tendencial, versión "regulación no aplicada" (2030)

Escenario tendencial "Regulación no aplicada"			
Densidad	Aumento de población	Demanda total	Renovación
Alta	93.157	289 ha	0,47 ha
Media	46.578	349 ha	0,5 ha
Baja	15.526	445 ha	0 ha
Total	155.261	1.093 ha	0,97 ha

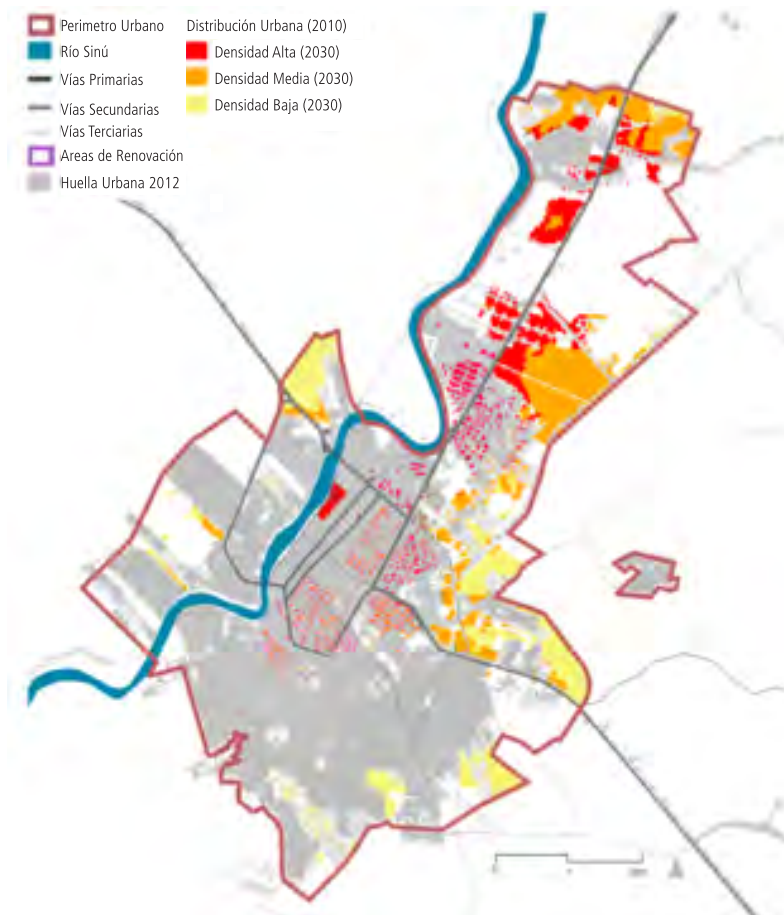
Fuente: GeoAdaptive LLC (2014)

Tabla 3.8
Resultados cuantitativos del análisis de crecimiento urbano | Escenario crecimiento inteligente (2030)

Escenario crecimiento inteligente			
Densidad	Aumento de población	Demanda total	Renovación
Alta	77.630	151 ha	31 ha
Media	62.104	289 ha	37 ha
Baja	15.526	226 ha	9 ha
Total	155.260	666 ha	77 ha

Fuente: GeoAdaptive LLC (2014)

Figura 3.21
Resultados finales del análisis de crecimiento urbano |
Escenario de crecimiento inteligente



Fuente: GeoAdaptive LLC (2014)

3.3.5 Conclusiones del proyecto

Un cambio en las políticas de desarrollo y las regulaciones de zonificación de una ciudad pueden tener impactos significativos en la composición general y el crecimiento de

la huella urbana de una región. Dos escenarios alternativos de crecimiento urbano se desarrollaron basados en el análisis de las tendencias históricas de crecimiento, patrones de densidad existentes y proyecciones de crecimiento futuro. La comparación final entre ambos escenarios se evaluó en términos de los impactos que los patrones de crecimiento pudieran tener sobre la ciudad; por ejemplo, el suelo necesario para futuros desarrollos y el costo de extender los servicios precisos para satisfacer las nuevas demandas proyectadas.

La Tabla 3.9 resume las diferencias principales entre los patrones de desarrollo producidos por cada escenario y los resultados de cada simulación de crecimiento.

3.3.6 Recomendaciones generales para el desarrollo urbano de Montería

A través del proceso de desarrollo del estudio, la validación en campo y las consultas con las autoridades locales y nacionales, se han identificado varios temas clave relacionados con el crecimiento urbano de Montería.

Muchas de las siguientes recomendaciones apoyan las acciones identificadas en el "Plan Maestro de Cambio Climático – Montería Ciudad Verde 2019" (PMCC, 2011) y están dentro de los objetivos identificados para la ciudad, que se presentan en el POT 2002-2015. Los resultados de este estudio se constituyen en un apoyo al gobierno local y a sus líderes para trazar el camino y así dirigir a Montería hacia un futuro más sostenible y equitativo, además de apoyar al gobierno local en el objetivo de alcanzar estas metas a través de objetivos cuantificables y acciones estratégicas.

Los resultados de este estudio pueden ser utilizados como una herramienta para llegar a las metas de la ciudad o servir como apoyo para planes futuros.

Tabla 3.9

Comparación entre los factores y resultados para ambos escenarios de crecimiento urbano (2030)

Parámetros y consideraciones	Tendencial - regulación aplicada	Tendencial - regulación no aplicada
Huella urbana	Crecimiento urbano difuso con desarrollo fuera del límite urbano y poco énfasis en áreas de renovación.	Crecimiento urbano compacto, con énfasis en renovación, consolidación y densificación.
Áreas de crecimiento	<ul style="list-style-type: none"> • A lo largo de la vía a Cereté. (Ruta 21) hacia el aeropuerto. • Alrededor de la Universidad Pontificia Bolivariana y hacia el norte del campus universitario. • Alrededor de la periferia urbana de la ciudad. • Densidades bajas se concentran en la periferia sur de la ciudad, expendiéndose fuera del límite urbano. 	<ul style="list-style-type: none"> • Zonas de renovación cerca del centro urbano. • Áreas de densidad media y alta a lo largo de las vías principales (Calle 41 y Carrera 14), cerca de los centros comerciales, el nuevo mercado y las zonas agrícolas. • Crecimiento de densidad bajas se concentran mayormente en la periferia de la huella urbana y hacia el oeste de la ciudad.
Densidad residencial	Alta= 27% Media=32% Baja=41%	Alta= 23% Media=43% Baja=34%
Riesgo ante amenazas naturales	Áreas de muy alto riesgo a inundación pluvial (Datos-POT)	Áreas de muy alto riesgo a inundación pluvial, inundación fluvial (evento extremo) y áreas de deslizamientos (Datos- GeoAdaptive).
Conexiones urbanas y naturales	Ninguna	Si, básicas a través de la ciudad.
Extensión de red vial	366,37 km	221,12 km
Áreas de renovación	1 ha	77 ha
Demanda total	1.083 ha 42,5% (2012-2030)	666 ha 25,97% (2012-2030)
Costo de infraestructura	COP \$1.246 billones (\$1.246.345.253.000)	COP \$771 mill millones (\$771.959.495.000)

Fuente: GeoAdaptive LLC (2014)



RECOMENDACIONES PRIORIZADAS

Las siguientes áreas de priorización se han identificado para la ciudad de Montería, basándose en las observaciones y análisis que se completaron bajo este estudio; cabe decir que no se presentan en orden de jerarquía. Cada tema presenta un área de importancia identificada como clave para el desarrollo de una ciudad más equitativa, sostenible y competitiva.

- a) Promover un desarrollo balanceado y equitativo dentro de los límites de la ciudad.
- b) Incorporar políticas de planificación que fortalezcan una comunidad y una ciudad más resiliente.
- c) Crear un plan estratégico para incorporar desarrollos sostenibles dentro de la ciudad.
- d) Recuperar la identidad de la ciudad como un asentamiento fluvial con una fuerte historia agrícola y ganadera.
- e) Incentivar el transporte multimodal para mejorar la movilidad por todo el casco urbano.

Asimismo, dentro del documento completo se presentan las acciones estratégicas dentro de cuatro categorías que se identificaron como las más claves para la ciudad y donde se presenta: dinámica y gestión del crecimiento de la ciudad (DGCC); desarrollo y vulnerabilidad a las amenazas; vínculos urbanos, naturales y reducción de los gases de efecto invernadero (GEI). Aquí se tiene en cuenta cada tema y la acción a realizar a corto, mediano y largo plazo.



4





PASTO

CIUDAD COMPACTA
EN EL CORAZÓN
DEL MACIZO MONTAÑOSO
DEL NUDO DE LOS PASTOS

4.1

ESTUDIO DE CAMBIO CLIMÁTICO

El cambio climático es inequívoco y está causado principalmente por las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y los cambios de uso de la tierra, ambos fenómenos asociados a la actividad humana.

Las ciudades emiten hasta el 70% de los GEI asociados al consumo; por esta razón, la participación de los gobiernos locales en la lucha contra el cambio climático es imprescindible. Se trata de fomentar un desarrollo inteligente de las ciudades basado en una economía de bajo carbono.

En este estudio, integrado dentro del Programa de FINDETER, Ciudades Competitivas y Sostenibles, en el marco del programa Ciudades Emergentes y Sostenibles del BID, se plantea una hoja de ruta de mitigación a 2050, que busca integrar desarrollo y limitación de emisiones desde un punto de vista de sostenibilidad integral en el municipio de Pasto. El área de estudio considerada incluye al municipio completo de Pasto, situado en el departamento de Nariño en el sur de Colombia, tanto en su zona rural como en la urbana, el cual cuenta con una población de 428.890 habitantes en 2013.

La hoja de ruta tiene por horizonte temporal el año 2050, así como por alcance los siguientes sectores:

- Agricultura, silvicultura y uso del suelo.
- Industria y producción de energía.
- Institucional.
- Movilidad, incluyendo el tráfico aéreo.
- Residencial y servicios.
- Residuos.

4.1.1 Diagnóstico

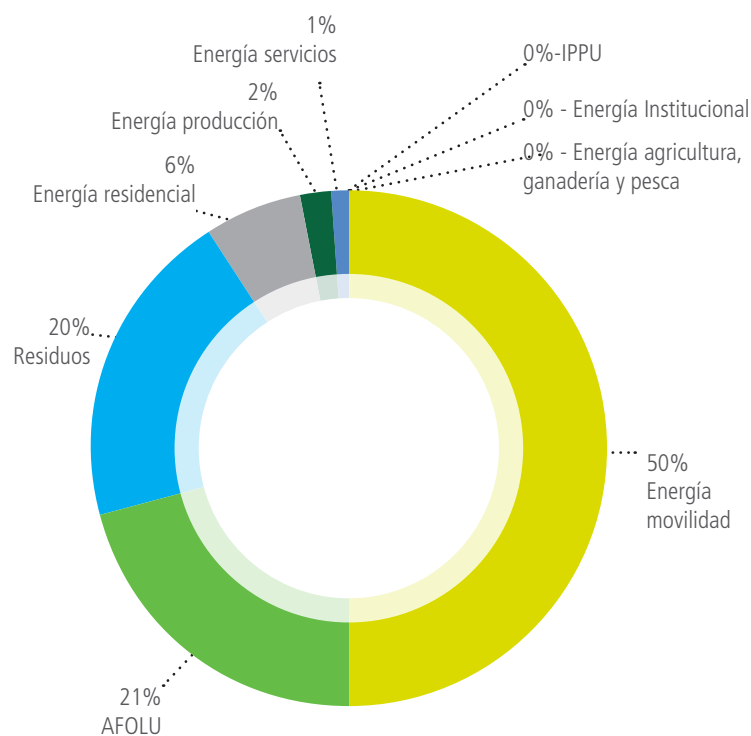
La hoja de ruta se basa en un diagnóstico cualitativo y cuantitativo, que incluye un inventario de emisiones de GEI del municipio de Pasto para los años 2010 y 2013. Para el desarrollo del inventario se ha creado una herramienta específica, adaptada al área de estudio. Este diagnóstico ha servido para identificar el potencial de reducción de emisiones de cada sector.

Las emisiones per cápita de Pasto a fecha de 2013 ascienden a 1,12 toneladas de CO_{2e}. En términos absolutos, las emisiones del municipio de Pasto de 2013 resultaron en 597.434 toneladas de CO_{2e}. Parte de estas emisiones se contrarrestan con las absorciones, que ascienden en 2013 a -116.534 toneladas de CO_{2e}, resultando en una emisión neta de 480.900 toneladas de CO_{2e}.

Asimismo, la emisión de CO₂ de origen biogénico, procedente de la combustión de biomasa, que no se encuentra incluida en los valores anteriores, asciende a 201.697 toneladas de CO₂. Estas emisiones se reportan de forma informativa y no son consideradas en el cálculo, ya que se encuentran en equilibrio en el ciclo natural del carbono y no tienen efecto sobre el cambio climático.

Tal y como puede observarse en la Figura 4.1, el principal sector emisor es la movilidad, que representa el 50% de las emisiones de GEI, principalmente por el consumo de gasolina en los autos privados. Dada la falta de alternativas de calidad a los desplazamientos en vehículos privados, se trata de un sector con un gran potencial de reducción de emisiones. Otros sectores clave son el de residuos, que aunque solamente representa el 20% de las emisiones de Pasto, presenta un alto potencial de reducción de emisiones; mientras el sector de agricultura, forestal y usos del suelo (AFOLU, por sus siglas en inglés) representa el 21% de las emisiones totales, asociadas a la ganadería.

Figura 4.1
Emisiones por sector



Fuente: IDOM (2014)

4.1.2 Escenario tendencial

Se plantea un escenario tendencial a 2050, con una población que crece hasta los 581.812 habitantes, un 35% más que en 2013, y que mantiene las tendencias de los últimos años en cuanto a consumo de energía, producción de residuos, desarrollo industrial, entre otros.

En este escenario las emisiones per cápita alcanzarían las 2,05 toneladas de CO₂e, es decir, un 82% más que en 2013. En términos absolutos, las emisiones totales de 2050 serían 1.189.183 toneladas de CO₂e, lo que implica un aumento del 147% respecto a 2013.

4.1.3 Hoja de ruta de mitigación

Para la hoja de ruta de mitigación se ha definido como objetivo estratégico mantener en 2050 las emisiones per cápita de 2013, o sea 1,12 toneladas de CO₂e per cápita en 2050. Esta decisión llevará a Pasto a ir más allá de los objetivos mundiales para limitar el aumento de temperatura global a menos de 2 °C, que fijan unas emisiones per cápita de 2 toneladas de CO₂e en 2050. Este objetivo implica una necesidad de reducción neta de emisiones de GEI de 538.531 toneladas de CO₂e sobre el escenario tendencial.

Para alcanzar este objetivo estratégico, la hoja de ruta de mitigación conforma un escenario *Smart Growth* o escenario inteligente a través de una batería de líneas de actuación y acciones en torno a tres ejes: la eficiencia energética, las energías renovables y la optimización en la gestión de los recursos. Adicionalmente se considera un cuarto eje de carácter transversal basado en la sensibilización, capacitación y la coordinación.

Así, se plantean 18 acciones, cuyo listado completo se muestra en la Tabla 4.1. Estas acciones provienen de fuentes específicas: acciones ya planificadas para Pasto y nuevas acciones propuestas, sea por la consultoría o por los agentes clave. Estas acciones han sido priorizadas en talleres y entrevistas personales con los agentes clave, aplicando criterios de potencial de reducción de emisiones y de viabilidad, así como de beneficios ambientales y sociales adicionales.

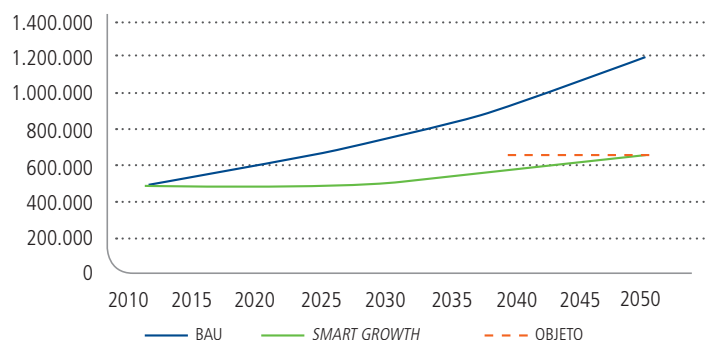
Tabla 4.1
Acciones en la hoja de ruta de mitigación

Sector		Acción	
Energía fuentes estacionarias	Energía residencial y servicios	E.F.F.1	Desarrollo de una normativa municipal para la obligación de instalación de una parte de ACS solar y energía fotovoltaica en los nuevos edificios residenciales.
	Energía servicios	E.F.F.2	Programa de ecoauditorías en el sector servicios.
	Energía institucional	E.F.F.3	Sustitución de iluminación exterior por aparatos más eficientes de tecnología LED.
		E.F.F.4	Programa de auditorías energéticas y propuestas de buenas prácticas para el uso eficiente de la energía en los edificios de la Alcaldía.
		E.F.F.5	Cálculo de huella de carbono de la Alcaldía.
	Energía industria	E.F.F.6	Programa de producción más limpia en la industria.
Energía fuentes móviles	Energía movilidad	E.F.M.1	Reducir las necesidades de movilidad a través de la incorporación de criterios ambientales y de movilidad a la planificación urbana: barrios compactos y diversos.
	Energía movilidad	E.F.M.2	Reorganización del tráfico en supermanzanas, creando una red de áreas peatonales para fomentar los desplazamientos a pie.
	Energía movilidad	E.F.M.3	Mejorar la red de ciclovías e implantar un sistema de bicicleta pública.
	Energía movilidad	E.F.M.4	Implantación de un sistema de transporte masivo: BRT o tranvía .
Residuos	R.1	Fomento del compostaje de residuos orgánicos.	
	R.2	Aprovechamiento energético del biogás de Antanas.	
	R.3	Reducción de sistemas sépticos para el tratamiento de aguas residuales en el medio rural.	
	R.4	Construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales según el Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos Urbano para dar servicio a la ciudad de Pasto y a los corregimientos periurbanos.	
AFOLU	A.1	Restauración de tierras degradadas y estratégicas con bosques.	
	A.2	Manejo integrado sostenible de hatos ganaderos.	
Transversal	T.1	Educación ambiental y sensibilización ciudadana.	
	T.2	Creación de una mesa permanente de cambio climático.	

Fuente: IDOM (2014)

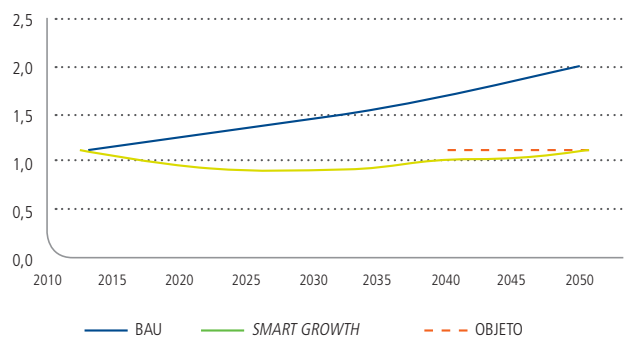
Las acciones planteadas son suficientes para alcanzar el objetivo, tal y como puede observarse en la Figura 4.2 y en la Figura 4.3.

Figura 4.2
Emisiones totales (Ton CO₂ e) en el escenario tendencial y en el escenario inteligente



Fuente: IDOM (2014)

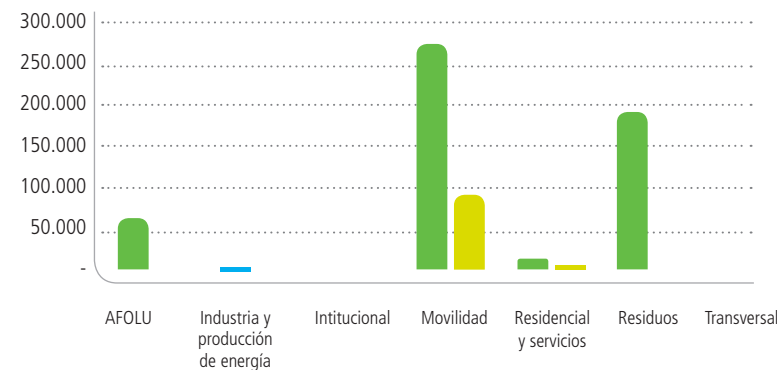
Figura 4.3
Emisiones per cápita (Ton CO₂ e) en el escenario tendencial y en el escenario inteligente



Fuente: IDOM (2014)

Como se puede observar en la Figura 4.4, el sector con mayor potencial para reducir emisiones es el de movilidad, que reduce un 51% de las emisiones totales, especialmente a través de la acción "M.1 Reducir las necesidades de movilidad a través de la incorporación de criterios ambientales y de movilidad a la planificación urbana: barrios compactos y diversos". A continuación, se encuentra el sector residuos; las medidas asociadas a este sector representan el 36% de las reducciones totales de esta hoja de ruta. Así, gracias a las cuatro acciones propuestas, en 2050 las emisiones asociadas a los residuos serían únicamente 15% de las esperadas en el escenario tendencial. La principal acción que reduce emisiones en este sector es la implementación de un sistema de compostaje de residuos orgánicos.

Figura 4.4
Reducción de emisiones (Ton CO₂ e) anuales de GEI y ahorro energético en 2050



Fuente: IDOM (2014)

Además de la reducción de emisiones, existen otro tipo de beneficios comunes asociados a la implantación de las acciones. De estos beneficios, es necesario destacar dos; por un lado, el ahorro energético, que contribuye a la seguridad energética de Pasto y por otro, la reducción de la contaminación atmosférica, especialmente a través de las acciones asociadas a la movilidad.

4.2

ESTUDIO DE RIESGOS NATURALES

El municipio de San Juan de Pasto se ubica al pie del volcán Galeras a 2.490 m.s.n.m., en las inmediaciones del río Pasto. Se caracteriza por localizarse en un entorno de pendientes suaves, modeladas por la acción volcánica, abruptamente cortadas por la incisión fluvial del río Pasto y sus afluentes.

La zona se caracteriza por una elevada pluviosidad y temperaturas suaves a medias. Las principales amenazas vienen derivadas de:

1. La actividad volcánica tanto en forma de erupciones como sismos asociados al volcán. Se trata de una amenaza recurrente y profundamente estudiada dada la actividad del volcán Galeras, uno de los más activos de la cordillera andina.
2. La red fluvial en forma de inundaciones más o menos periódicas, asociadas a un régimen de lluvias intenso.
3. Los procesos gravitacionales generando deslizamientos y flujos de masas de dimensiones muy variables.
4. Los denominados colapsos mineros, debidos al colapso de galerías de explotaciones mineras creadas por el hombre y actualmente abandonadas.

Este estudio se ha centrado en las tres últimas amenazas, descartando el análisis de la amenaza volcánica por encontrarse realizado y monitoreado a través del Servicio Geológico Colombiano. Al mismo tiempo se ha realizado un análisis de la red de drenaje del municipio.

4.2.1 Análisis probabilista del riesgo de inundación

4.2.1.1 Inundaciones fluviales

Para analizar las inundaciones fluviales en la zona de Pasto, se ha procedido a realizar un estudio hidrológico e hidráulico con el fin de definir las áreas de inundación y los calados de las mismas.

Todos los ríos que atraviesan la ciudad de Pasto se encuentran entubados pasando a formar parte de la red de drenaje urbano. Los ríos Pasto y Miraflores son los únicos que se encuentran a cielo abierto, pero estos están constreñidos y fuertemente antropizados, careciendo de la capacidad hidráulica para transportar ni

siquiera los caudales correspondientes a un tiempo de retorno de 3 años.

En la Figura 4.5 se muestra la inundación para un caudal correspondiente a 100 años de periodo de retorno, se aprecia cómo los ríos Pasto y Miraflores se desbordan afectando a las viviendas e infraestructuras anexas. Se muestran ampliados, los dos barrios con mayor afección, el Miraflores que es cercano al estadio (Imagen A) y el Pasto, a su paso por el sector centro (Imagen B).

Una vez analizada la amenaza de inundación, es decir, tras vincular el calado y la velocidad alcanzada por el agua en cada punto del municipio, con su frecuencia o periodo de retorno, se analiza la exposición de los elementos del municipio a esta amenaza, sean estas infraestructuras, viviendas, personas, redes, etc. Por último, se examina la vulnerabilidad de estos elementos expuestos para esta amenaza concreta. La combinación de la amenaza x exposición x vulnerabilidad nos da el riesgo de inundación para el municipio.

Este riesgo se muestra en términos de Probabilidad Máxima Esperada (PML, por su sigla en Inglés), es decir, se relacionan las pérdidas producidas con un periodo de retorno concreto, tal y como se muestra en la Tabla 4.2. Estimación de pérdidas y población expuesta para cada periodo de retorno estudiado, donde se deja ver a su vez el número de personas afectadas para esos mismos periodos de retomo.

Una vez analizadas la relación entre las pérdidas económicas por inundación y su frecuencia, se calcula la Pérdida Anual Esperada, que es la suma de las pérdidas económicas por su frecuencia, lo que nos da un orden de magnitud de las pérdidas medias anuales. En el caso que nos ocupa, estas alcanzan los 6 millones de dólares. En la Figura 4.6 Pérdida Anual Esperada se muestra el mapeo de esta PAE en USD/m², representándose en rojo los valores más altos, en amarillo los intermedios y en verde los más bajos, facilitándose así la localización de las zonas donde se dan las mayores pérdidas.

Tabla 4.2

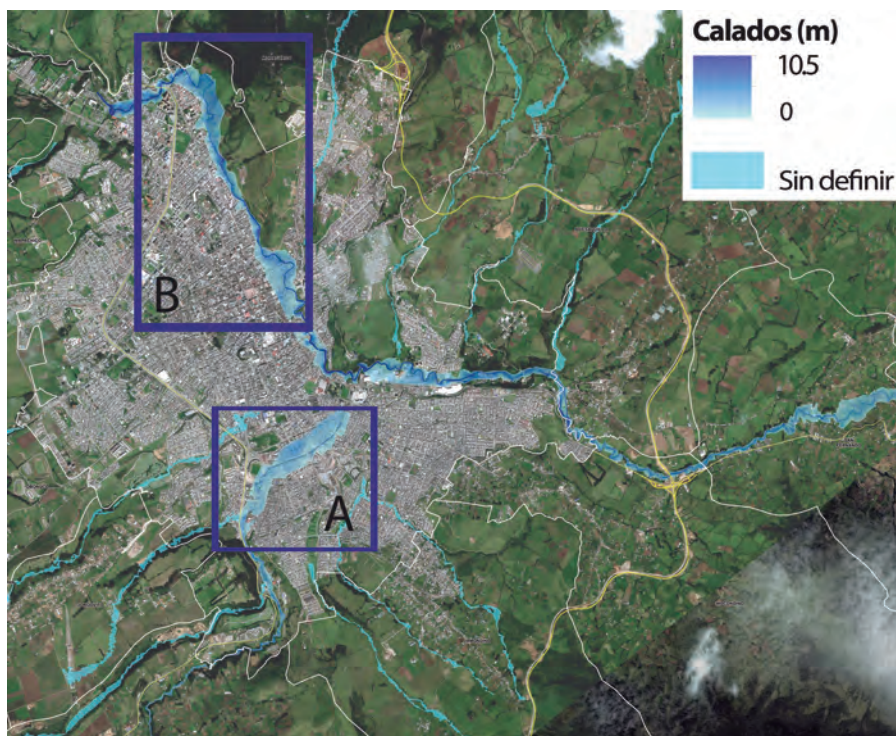
Estimación de pérdidas y población expuesta para cada periodo de retorno estudiado

Periodo de retorno (Años)	Superficie expuesta (Has)	Población expuesta	PML (Us\$)
3	18	12 mil	8 millones
25	30	20 mil	18 millones
50	39	26 mil	21 millones
100	45	33 mil	24 millones

Fuente: IDOM (2014)

Figura 4.5

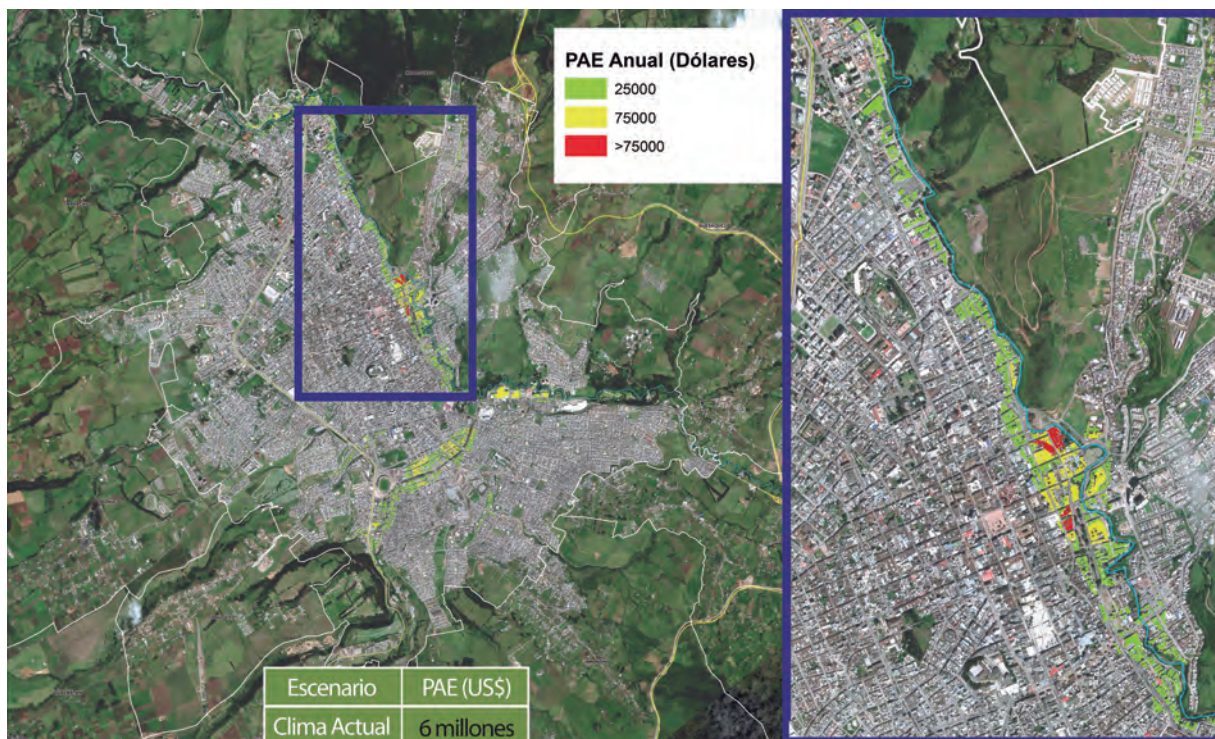
Inundación para un periodo de retorno de 100 años



Fuente: IDOM (2014)



Figura 4.6
Inundación para un periodo de retorno de 100 años



Fuente: IDOM (2014)

4.2.1.2 Inundaciones pluviales

Aunque el objeto de este estudio es la determinación del riesgo y de los limitantes al crecimiento, se ha considerado importante analizar los colectores principales de la red de drenaje del municipio, dado que todos los ríos, a excepción del Pasto y el Miraflores, se encuentran canalizados, pasando a formar parte de la red de drenaje del municipio.

Se ha realizado el análisis hidráulico de la red principal de drenaje para un caudal correspondiente a 5 años de periodo de retorno, acorde al Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y

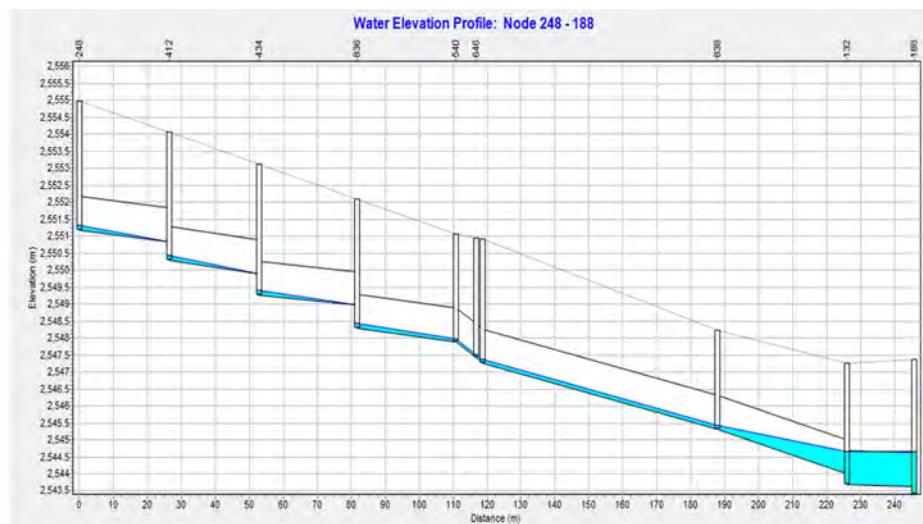
Saneamiento Básico (RAS-2000) y para una lluvia de 24 horas de duración, acorde al tiempo de concentración de las cuencas estudiadas.

En la Figura 4.7, se muestra la planta y el perfil longitudinal de una parte de la red de drenaje urbano para el momento pésimo del evento de lluvia y para un periodo de retorno de 5 años.

Se ha detectado que la red tiene capacidad para drenar el área urbana, pero no para transportar los caudales de los ríos y arroyos que a su pasan por la ciudad hasta desembocar en el río Pasto.

Figura 4.7

Planta y perfil longitudinal de una parte de la red de drenaje para un periodo de retorno de 5 años



Fuente: IDOM (2014)

4.2.1.3 Proyección de las precipitaciones máximas por efecto del cambio climático

Se han analizado los posibles efectos en las precipitaciones que podría tener el cambio climático bajo diversos escenarios y para dos horizontes temporales diferentes. Para ello, se han realizado proyecciones de los cambios en las precipitaciones extremas. Se utilizó un conjunto de tres simulaciones del clima sobre la base de PRECIS-HadCM3 para los escenarios de emisiones SRES A2, B2, A1B y una simulación PRECIS-ECHAM5 para el escenario de emisiones SRES A1B, hasta el año 2070.

Las observaciones entre 1981 y 2010 usadas como clima presente o línea base, de las estaciones Obonuco y Botana, dos de las tres estaciones meteorológicas tenidas en cuenta para el análisis de las tendencias de precipitación, mostraron un aumento en los eventos extremos de intensidad y frecuencia de las precipitaciones. En la otra estación, Río Bobo, ubicada entre 100 y 200 metros

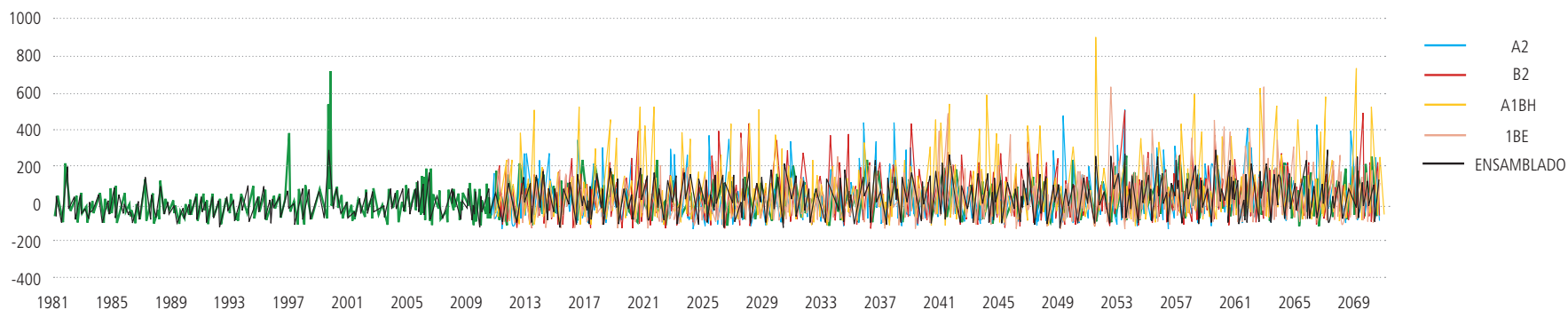
de elevación por encima de las dos primeras, los índices no exhibieron un comportamiento tan coherente, solamente en las últimas décadas revelaron una mayor armonía. Los valores de los índices muestran variaciones importantes, a pesar de que este municipio ocupa una pequeña superficie debido a que las condiciones de relieve y meteorológicas tienen patrones diferentes.

El clima futuro 2011-2070, basado en los índices de intensidad y frecuencia de eventos extremos de precipitación, indican un incremento con el tiempo. Las tendencias fueron más altas y significativas en la segunda mitad del siglo XXI. Los cambios en los eventos extremos mostraron una considerable dispersión, lo que sugiere que las incertidumbres siguen siendo elevadas en estas proyecciones.

Dependiendo del modelo de proyección utilizado, del escenario elegido o del horizonte temporal seleccionado, los resultados varían, incluso variando de signo. No obstante la mayoría de las proyecciones reflejan un incremento de la lluvia máxima diaria, tal como se observa en la Figura 4.8.

Figura 4.8

Proyección de las precipitaciones para la estación pluviométrica Obonuco



Fuente: IDOM (2014)

4.2.2 Análisis de la susceptibilidad a deslizamientos

Se han analizado los principales procesos existentes en la zona de Pasto. La mayoría de ellos se encuentran englobados en lo que se puede considerar como movimientos en masa tipo deslizamiento planar o *slumps*, de muy diversas dimensiones. Se ha observado algún caso puntual de flujo de derrubios o flujo de suelos, pero en tan escaso número que no se ha contemplado su análisis independiente.

Los deslizamientos observados, presentan antiguas cicatrices de arranque y con base en sus dimensiones y localización, podemos deducir que se trata de procesos antiguos, si bien se han observado deslizamientos actuales de dimensiones más discretas.

Se ha abordado el desarrollo de la cartografía de susceptibilidad a partir de una metodología clásica. Dicha metodología parte del estudio de los procesos existentes en la zona de estudio y de un inventario de los mismos, recogiendo sus dimensiones y localización en una cartografía de eventos. Una vez definidos y cartografiados los procesos, se definieron las variables condicionantes tales como geología, pendientes o geomorfología, entre otras, que afectan a dichos procesos recogidas en cartografías continuas que abarcan la zona de estudio.

Cada una de estas variables condicionantes tienen un peso o importancia diferente en los deslizamientos producidos, se ha realizado un análisis bivalente, con el objeto de cuantificar matemáticamente el peso de cada variable, teniendo en cuenta los eventos ya sucedidos, pudiendo determinar así, en función de los distintos condicionantes y su importancia relativa, las zonas más susceptibles de sufrir un deslizamiento. La Figura 4.9, muestra los resultados del análisis realizado, siendo las áreas rojas las zonas con susceptibilidad alta a deslizamientos y las áreas en color naranja, las zonas con susceptibilidad media.



Figura 4.9
Plano de susceptibilidad a deslizamientos

Fuente: IDOM (2014)

Clima presente



No se ha podido determinar con qué frecuencia se van a producir esos deslizamientos, al ser los desencadenantes diversos: fuertes lluvias, sismo, deforestación o actividades antrópicas, siendo algunos de ellos, especialmente estos últimos, imposibles de predecir o ajustar estadísticamente.

Con esto, lo que se obtiene aquí es el valor de la superficie y la población expuesta, no estando esta, relacionada con ningún periodo de recurrencia o frecuencia, tal y como se muestra en la Tabla 4.3.

Tabla 4.3

Estimación de superficie y población expuesta en zonas de susceptibilidad a deslizamientos

Deslizamientos	Superficie expuesta (ha)	Población expuesta	Valor expuesto (Us\$)
ALTA	55	3500	33 mil
MEDIA	129	8500	86 mill

Fuente: IDOM (2014)

4.2.3 Análisis de la susceptibilidad a colapsos

Se trata de un proceso de naturaleza totalmente antrópica debida a la existencia de numerosas excavaciones producidas por la explotación de la denominada capa de arena. Dichas excavaciones se realizaban para la extracción y aprovechamiento de un material arenoso con finalidades constructivas. Con el crecimiento de la ciudad, algunas de dichas zonas fueron urbanizadas produciéndose en algunos casos importantes procesos de subsidencia debido al colapso de las galerías abandonadas.

La Figura 4.10, es una primera aproximación que deberá ser mejorada a partir de la actualización de nuevas bocaminas identificadas, así como las bandas de susceptibilidad definidas en un ancho de 25 y 50 m en función de estudios posteriores, que inventarían la longitud promedio de los túneles deducidos a partir de datos de

campo (gravimetrías, resistividades, etc.), con el fin de mejorar el modelo de susceptibilidad. La superficie, población y valor asociado a los colapsos de terreno, se pueden observar en la Tabla 4.4.

Figura 4.10

Plano de susceptibilidad a deslizamientos



Fuente: IDOM (2014)

Tabla 4.4

Estimación de superficie y población expuesta en zonas de susceptibilidad a colapsos del terreno

Deslizamientos	Superficie expuesta (ha)	Población expuesta	Valor expuesto (Us\$)
ALTA	22	1500	23 mil
MEDIA	4	300	3 mill

Fuente: IDOM (2014)

4.2.4 Conclusiones y medidas de mitigación

El riesgo volcánico está estudiado y no se recomienda el crecimiento urbano hacia el volcán Galeras; hay que considerar la relocalización de los asentamientos de Genoy y Mapachico.

Los encauzamientos de los ríos Pasto y Miraflores no tienen capacidad, incluso para periodos de retorno relativamente bajos. Se recomienda su ampliación con una inversión cercana a USD 18 millones, que producirán un ahorro a pérdidas anuales de casi USD 6 millones.

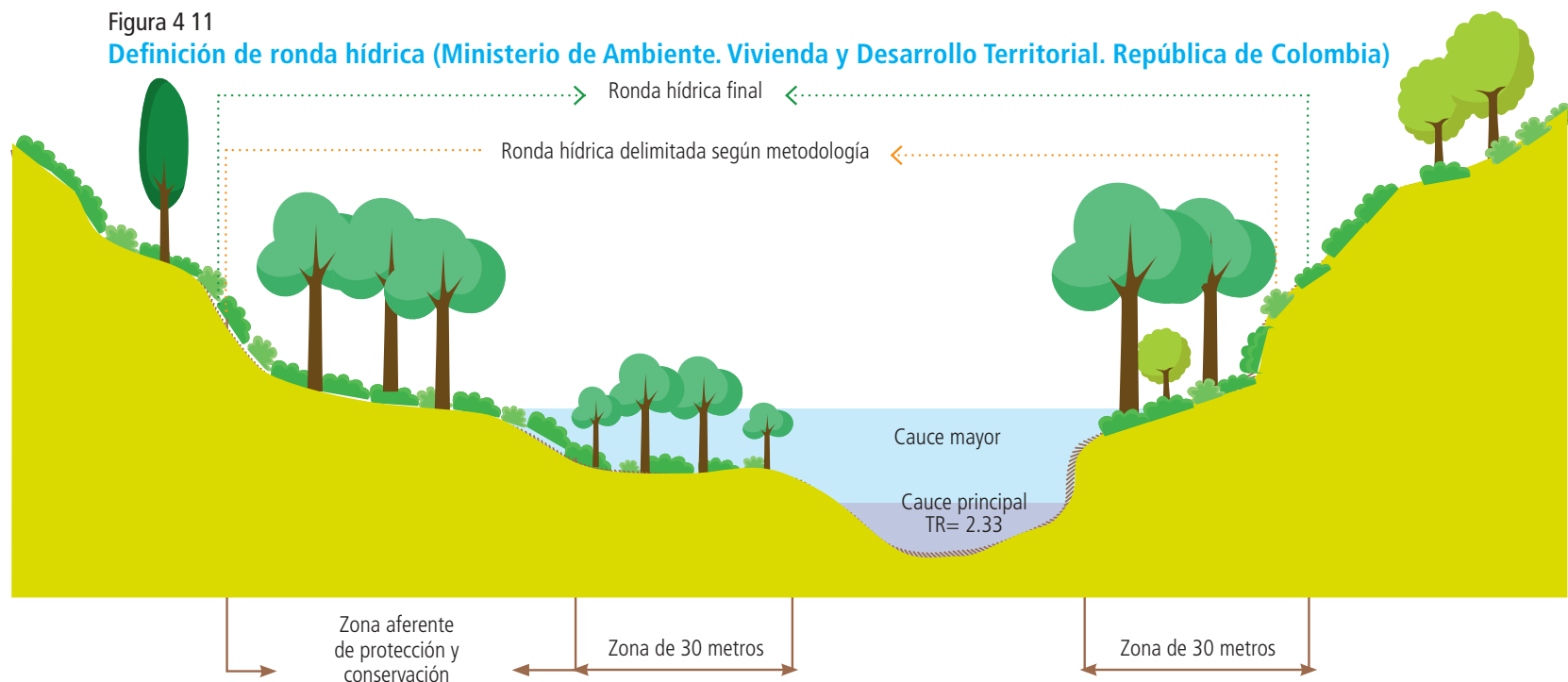
De cara al desarrollo urbano se debe aplicar la ley de rondas hídricas de Colombia, respetando el cauce y 30 metros de margen a cada lado, como zona de dominio público y dejando una franja correspondiente a la inundación para 100 años de periodo de retorno como zona de precaución (Figura 4.11).

El resto de ríos y arroyos se encuentran canalizados formando parte del sistema de drenaje urbano; la red de drenaje tiene capacidad para drenar el área urbana, pero no para transportar los caudales de los ríos y arroyos. Se debe redimensionar la red para poder transportar al menos el caudal correspondiente a 10 años de periodo de retorno.

Ya hay algunos sectores en zonas de deslizamientos, por lo que hacia el futuro se debe vigilar y controlar el crecimiento urbano en estas áreas. Los colapsos son de origen antrópico, difíciles de determinar al no existir un inventario de túneles de extracción. Más allá de las áreas identificadas en este estudio, se debe investigar más a fondo (Figura 4.12).

Figura 4 11

Definición de ronda hídrica (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, República de Colombia)



Fuente: IDOM (2014)

Figura 4.12
Plano multiamenaza de Pasto



Fuente: IDOM (2014)

4.3

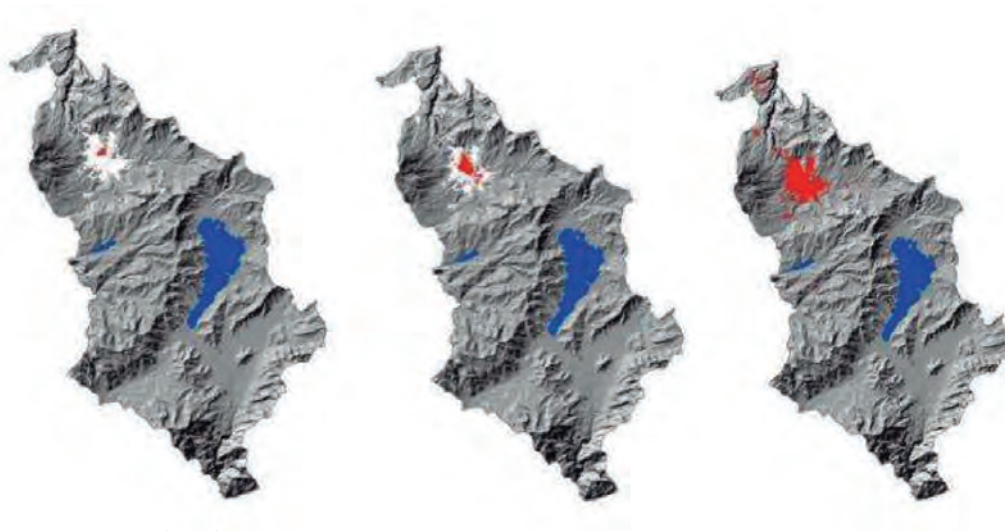
ESTUDIO DE CRECIMIENTO URBANO

4.3.1 Diagnóstico

4.3.1.1 Características de la huella urbana actual

Para poder diseñar escenarios de crecimiento futuros para Pasto es clave comprender la realidad física actual de la ciudad, incluyendo una revisión histórica de cómo se llegó a este punto, el contexto legal y normativo, los distintos usos de suelo y la morfología urbana. El objetivo final de esta fase comprende un diagnóstico de fortalezas y debilidades para el desarrollo urbano futuro de la ciudad.

Figura 4.13
Imágenes satelitales de alta resolución
(1999, 2005 y 2012)

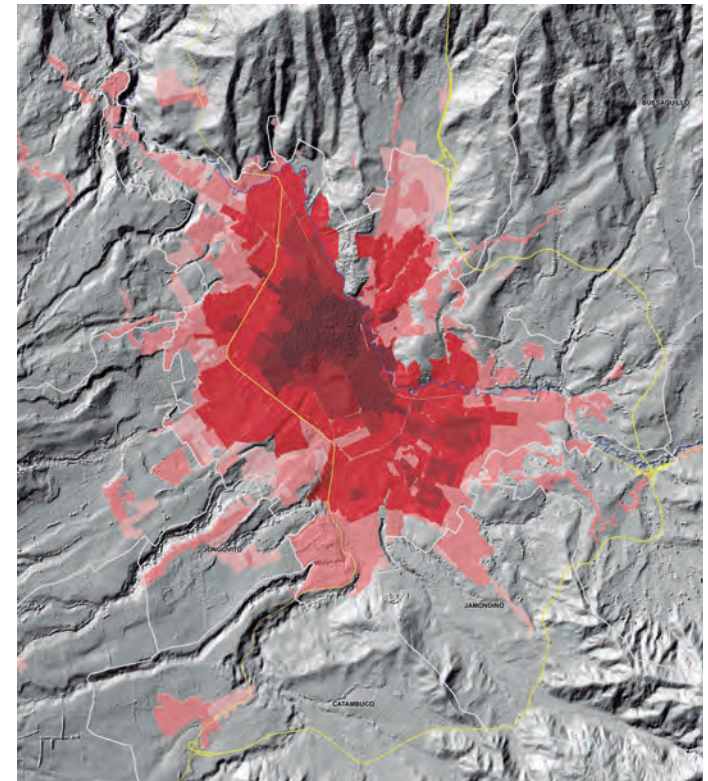


Fuente: IDOM (2014)

El análisis de la huella urbana histórica de Pasto se realizó mediante tres fuentes de información principales (Figura 4.13 y Figura 4.14).

- Mapas históricos: se analizan mapas históricos de la ciudad de Pasto desde 1540. Estos mapas han sido recopilados en el documento del POT, del cual se resume su análisis.
- Imágenes satelitales.

Figura 4.14
Esquema de crecimiento huella urbana de Pasto
1816-2012



Fuente: IDOM (2014)

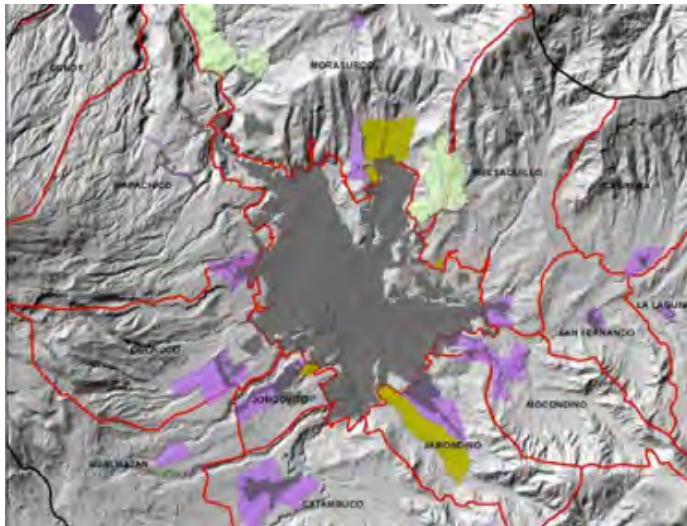
Este crecimiento de la huella urbana ha tenido períodos más acelerados como el observado en la década de los años 80.

En síntesis, en la actualidad Pasto se puede caracterizar con los siguientes datos:

- Superficie huella urbana actual: 2.184 ha o 2,2 kilómetros cuadrados.
- Densidad: 48 viviendas por hectárea o 167 habitantes por hectárea.
- Población total municipio: 434.486 habitantes.
- Población total zonas urbanas: 364.020 habitantes

Un análisis interesante es la comparación de la huella urbana actual (realidad física), con los límites urbanos estipulados por el POT. En distintos puntos esta huella ha superado el límite urbano, avanzando sobre los corregimientos rurales, principalmente hacia el sur (Figura 4.15).

Figura 4.15
Huella urbana actual de Pasto, perímetro urbano vigente y zonas expansión propuestas por el POT

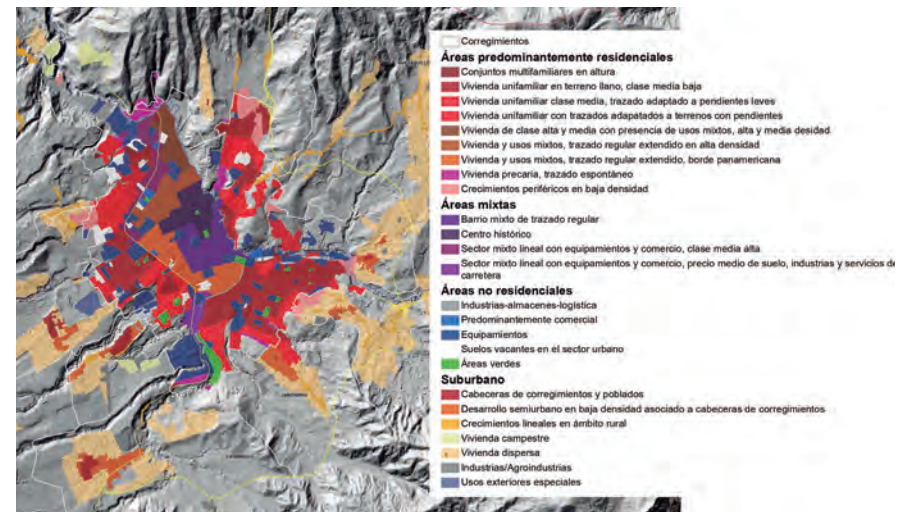


Fuente: IDOM (2014)

4.3.1.2 Aspectos claves del diagnóstico

Con el objetivo de estudiar en detalle la zona urbana actual, se realiza una clasificación en zonas urbanas homogéneas o clases de análisis. Estas se determinan analizando datos como trazado vial, precio del suelo, tamaño de los predios o pendientes del terreno, entre otros. (Figura 4.16).

Figura 4.16
Mapa de clases de análisis urbano



Fuente: IDOM (2014)

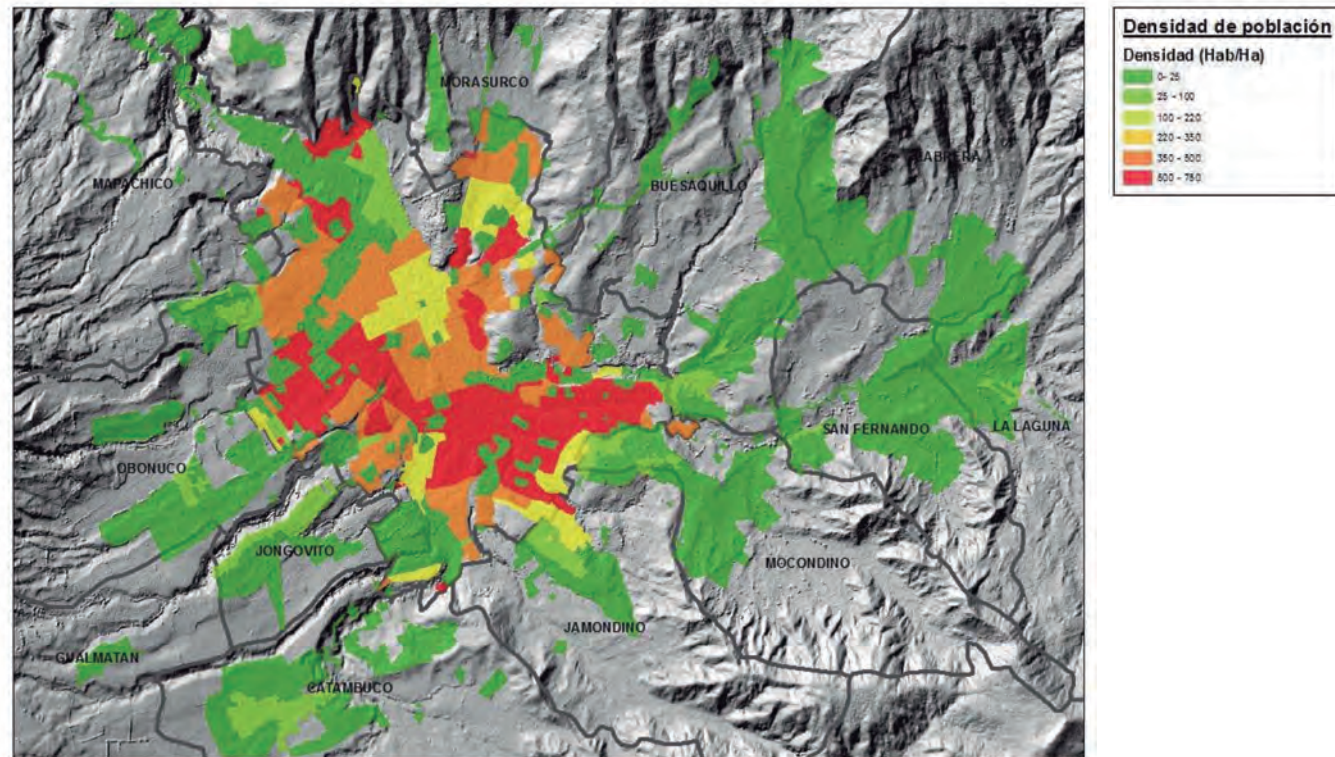
Las clases de análisis se dividen en los siguientes grupos:

- Áreas predominantemente residenciales.
- Áreas mixtas.
- Áreas no residenciales.
- Suburbano.
- Rural.

Utilizando la cartografía censal del DANE, se estiman las densidades habitacionales promedio para cada clase de análisis (Figura 4.17). De este modo, se obtiene un dato más preciso de la realidad física que el que se observa en los sectores del DANE.

Figura 4.17

Mapa de densidades de población por clases de análisis urbano



Fuente: IDOM (2014)

Como resultado de este análisis se identifican tres grupos de clases de análisis según la densidad.

- Clases con densidades altas; es decir superiores a 200 habitantes por hectárea.
- Clases con densidades medias; aquellas que poseen entre 100 y 200 habitantes por hectárea.
- Clases con densidades bajas; o sea, las que tienen menos de 100 habitantes por hectárea.

4.3.2 Escenarios de crecimiento urbano

Luego de realizar los distintos análisis multisectoriales y obtener un diagnóstico claro de la situación actual, se procede al diseño de los escenarios de crecimiento. El primer paso, es establecer los criterios para el desarrollo futuro de Pasto, los que se dividen en tres categorías para los tres escenarios:

- Consolidación y densificación de la huella urbana actual.
- Desarrollo de los corregimientos.
- Nuevas zonas de desarrollo.

Con el cálculo de cuánta población ocuparía las zonas dentro del perímetro urbano actual, se estima posteriormente cuánta se radicaría en las áreas urbanas actuales de los corregimientos. Posteriormente, en primera medida, se calcula cuánta población ocuparía las zonas dentro del perímetro urbano actual; luego, cuánta población entraría en las zonas de expansión y de desarrollo propuestas por el POT. Finalmente, se estima cuánta población requeriría aún más suelo nuevo en estos horizontes temporales.

- **Escenario tendencial:** se pronostica un proceso de densificación muy limitado por el alto costo del suelo y las pocas restricciones al desarrollo no planificado en el área rural (corregimientos). Se pronostica un crecimiento explosivo de la huella urbana y una baja en las densidades construidas y de población. La huella urbana crecería un 175% en el período 2014-2050, llegando a casi 6 km², comparados con los actuales 2,2 km².
- **Escenario óptimo:** Fuerte proceso de consolidación y densificación. Relocalización de la población ubicada en zonas de riesgos, importante incorporación de nuevas áreas verdes. La huella urbana crece de modo planificado en zonas sin limitantes para el crecimiento. La huella crecería un 42%, llegando a 3 km² en 2050.
- **Escenario intermedio:** corresponde a un escenario factible de implementar y basado en los objetivos planteados en el escenario óptimo, pero incorporando variables con dificultad de disponibilidad de recursos, tendencias inmobiliarias y limitantes burocráticos.

El crecimiento en este escenario, también buscará la mayor consolidación posible de la huella urbana actual y un crecimiento planificado en las nuevas zonas. Se consideran también desarrollos de las zonas urbanas actuales de los corregimientos, pero solamente se permitiría en las zonas sin limitantes para el crecimiento. La huella urbana crecería un 83% respecto a la actual, llegando a los 4 kilómetros cuadrados el año 2050.

Tendencial

La huella urbana crecería un

175%

en el período 2014-2050

Óptimo

La huella urbana crecería un

42%

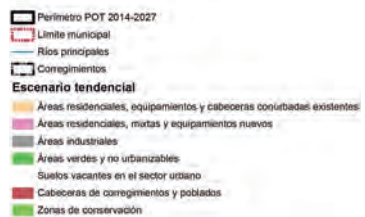
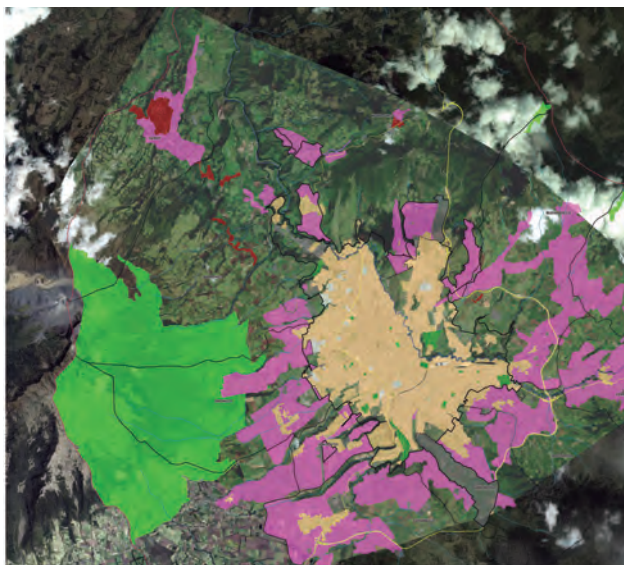
llegando a 3 km² en 2050.

Intermedio

Incorpora variables como
tendencias inmobiliarias
y limitantes burocráticos

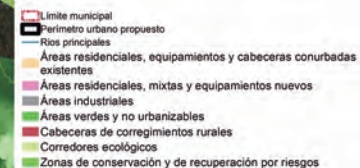
- **Mapas de escenarios de crecimiento:** a continuación se incluyen tres mapas (Figura 4.18, Figura 4.19 y Figura 4.20) correspondientes a los tres escenarios de crecimiento.

Figura 4.18
Escenario tendencial horizonte 2050



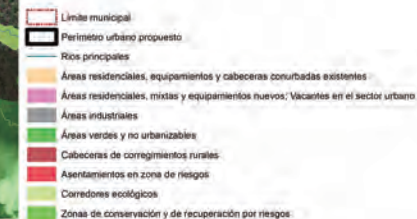
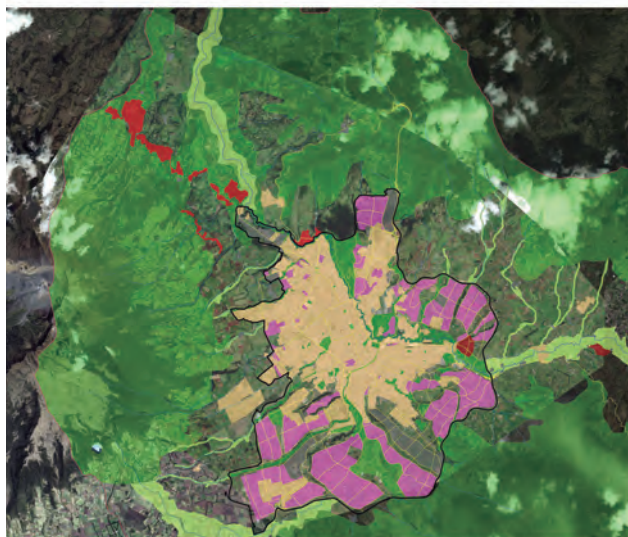
Fuente: IDOM (2014)

Figura 4.19
Escenario óptimo horizonte 2050



Fuente: IDOM (2014)

Figura 4.20
Escenario intermedio horizonte 2050



Fuente: IDOM (2014)

- **Comparación de escenarios de crecimiento:** A continuación en la Tabla 4.5 y en la Figura 4.21 se presenta la comparación de

las estimaciones realizadas para los tres escenarios de crecimiento para la ciudad de Pasto, al 2030 y 2050.

Tabla 4.5

Comparación de crecimientos huellas urbanas y densidades por escenarios al 2030 y 2050

		Tendencial	Óptimo	Intermedio
Huella urbana (ha)	Actual	2.184		
	2030	4.229	2.832	3.392
	2050	6.002	3.108	3.996
Crecimiento de la huella urbana (en ha y %)	2014-2030	2.045	648	1.208
		94%	30%	55%
	2014-2050	3.818	924	1.812
		175%	42%	83%
Crecimiento huella urbana anual	2014-2030	5,85%	1,85%	3,46%
	2014-2050 (% y Km ²)	4,9%	1,2%	2,3%
		1,1	0,3	0,5
Densidad (Viviendas / ha)	Actual	48		
	2030	35	52	60
	2050	31	60	47
Densidad (Hab/ ha)	Actual	167		
	2030	105	156	130
	2050	84	163	127

Fuente: IDOM (2014)

Las principales conclusiones de los tres escenarios son:

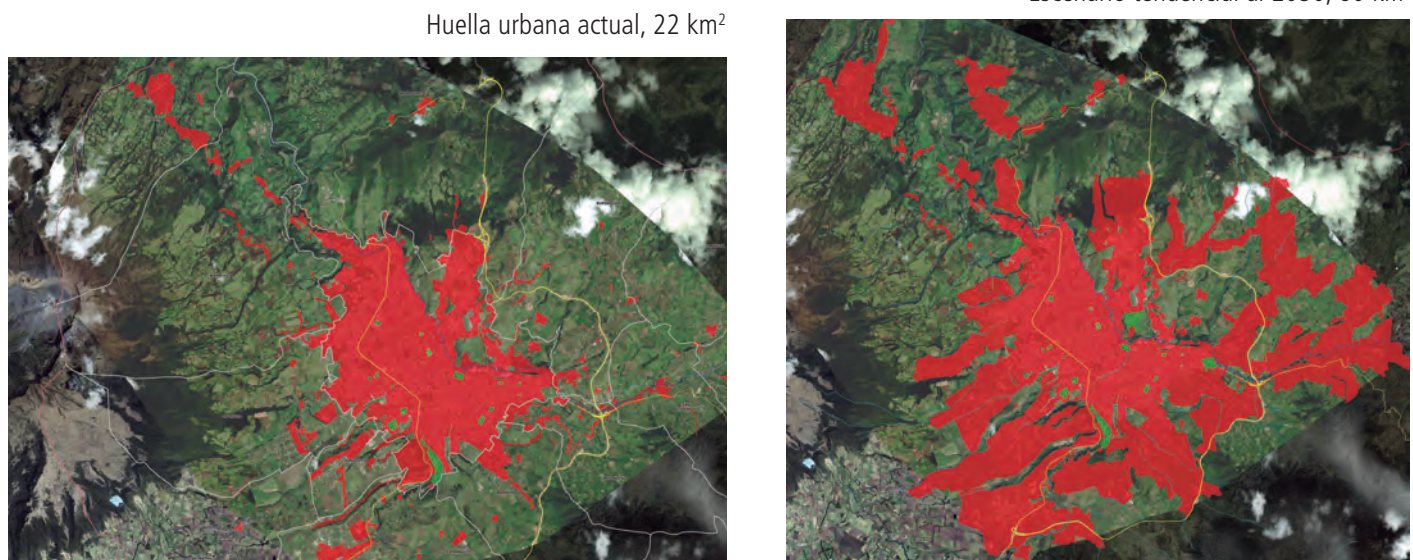
- **Escenario tendencial**
Gran crecimiento de la huella urbana, llegando a 60 km² el 2050, lo que representa un crecimiento del 175%. La densidad construida baja de las actuales 48 viviendas por hectárea a 31 viv/ha para el año 2050, dado principalmente, por el encarecimiento del suelo en áreas céntricas, que provoca una gran presión sobre las áreas rurales.
- **Escenario óptimo**
Crecimiento controlado y planificado de la huella urbana, llegando a 31 km² en 2030, con un 42% de crecimiento sobre la huella

actual. En cuanto a la densidad, en el 2050 es menor a la actual, llegando a 163 habitantes por hectárea, pero con un aumento en cuanto a viviendas por hectárea, de 48 a 60.

- **Escenario intermedio**
Crecimiento controlado y planificado. Se estima una huella urbana de 39 km² con un crecimiento de un 83%. La densidad desciende de los 167 hab/ha a 127 hab/ha. En cuanto a la densidad construida, se mantendría bastante estable, pasando de los 48 viv/ha actuales a 47 viv/ha en el 2050. Existe crecimiento en los corregimientos pero de modo controlado, principalmente en los que no presentan riesgos naturales.

Figura 4.21

Comparación huella urbana actual frente a los tres escenarios proyectados al 2050.



Fuente: IDOM (2014)

Escenario óptimo al 2050, 31 km²

Fuente: IDOM (2014)

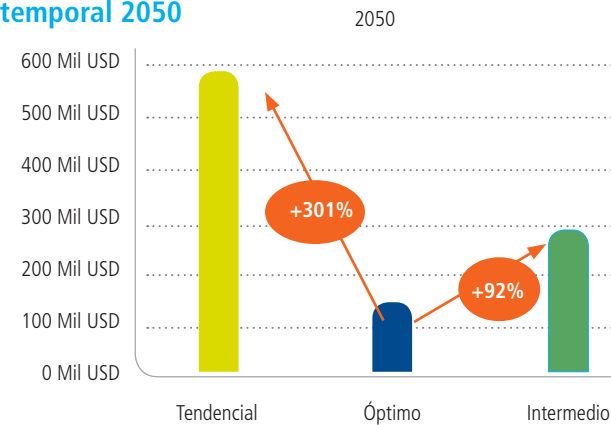
Escenario intermedio al 2050, 40 km²

Comparación de costos de inversión en infraestructura por escenario

Con el objetivo de comparar las necesidades de inversiones en infraestructuras de los tres escenarios de crecimiento, se realiza una estimación de los costos requeridos para los horizontes 2030 y 2050, para las huellas urbanas de cada escenario.

Observando los resultados por etapas, se estima que al año 2050 el escenario tendencial puede llegar a ser hasta 301% más costoso que el escenario óptimo y sin embargo, el escenario intermedio, supondrá un menor coste relativo, aunque casi el doble (+92%), más caro que el óptimo (Figura 4.22).

Figura 4.22
Gráfico de comparación de costos de infraestructuras por escenarios en el horizonte temporal 2050



Fuente: IDOM (2014)

En 2050 se incrementa el costo relativo del tendencial (+301%) y sin embargo, el modelo intermedio mantiene casi constantes sus márgenes (+92%).



4.3.3 Hoja de ruta para el crecimiento urbano sostenible

4.3.3.1 Recomendaciones generales

- **Integración normativa de todas las áreas urbanas**
Una de las debilidades importantes detectadas en el análisis realizado es la división normativa entre los sectores urbanos ubicados dentro del perímetro urbano y los que están fuera de éste; es decir en los corregimientos.

Esta situación trae consigo problemas de distinta índole, desde la provisión de servicios básicos, cobro de impuestos, transporte, seguridad, infraestructuras y planificación.

La recomendación sobre este tema es la de expandir el perímetro urbano, integrando todas las áreas urbanas actuales y las áreas de reserva. De este modo, Pasto tendrá herramientas más potentes y transparentes para realizar una efectiva planificación territorial.

- **Consolidar un crecimiento de la ciudad denso y continuo**
Una de las principales fortalezas de la ciudad de Pasto es que históricamente ha tenido un desarrollo denso y continuo de su huella urbana. Esta característica distingue a Pasto de la mayoría de las ciudades latinoamericanas, que presentan serios problemas de fragmentación y baja densidad.

Pero esta característica actual se ve amenazada por las importantes demandas de nuevo suelo para los futuros habitantes, así como para satisfacer el déficit actual de viviendas. El encarecimiento del suelo en las áreas céntricas actuales incide en una presión de crear nuevo suelo urbano, proceso que debe ser planificado, para evitar crecimientos indeseados.

La ciudad de Pasto debe seguir consolidando su crecimiento continuo y denso, con mejores provisiones de espacios públicos y equipamientos, creciendo en zonas sin limitantes para el desarrollo y en forma ordenada.

- **Reserva de áreas para futuras zonas de desarrollo urbano**
El análisis realizado para los escenarios de crecimiento de Pasto, ha diagnosticado que se requerirá de nuevo suelo para el crecimiento de la ciudad, tanto para los horizontes temporales 2030 y 2050.

La alta consolidación y densificación de la huella urbana actual dificulta procesos de densificación y renovación urbana.

Sumado a esto, la creación de nuevas zonas de desarrollo planificado permitirá proteger y acotar el crecimiento de las cabeceras de los corregimientos, manteniendo su carácter rural, turístico y productivo, evitando que sean conurbados en el futuro con crecimientos dispersos y poco consolidados.

Es por estas razones, es fundamental reservar áreas para futuras zonas de desarrollo urbano que cumplan con los requerimientos de seguridad y protección de las áreas naturales, además de ser compatibles con las zonas de producción agropecuaria, fundamentales para la economía y cultura de Pasto.

- **Desarrollo urbano y riesgos**
Un factor fundamental para el crecimiento sostenible de Pasto será otorgar a sus habitantes un hábitat seguro respecto a las amenazas de origen natural. La ubicación de Pasto cercana a un volcán y en un valle con numerosos arroyos representa un desafío importante en este sentido.

El conocimiento exhaustivo de las condiciones de amenazas y riesgos es fundamental para planificar una ciudad de forma eficiente, segura y sostenible.

Por este motivo, la ciudad de Pasto debe incrementar de forma importante su conocimiento sobre la vulnerabilidad física y humana de la ciudad, frente a las amenazas naturales. Es clave, además, incorporar la variable del cambio climático en estas estimaciones e implementar un programa de infraestructuras y regulaciones que permitan disminuir al máximo la vulnerabilidad de la ciudad frente a estas amenazas.

Sumado a estos estudios, se deberán contemplar obras de mitigación que permitan disminuir la vulnerabilidad. Asimismo, los estudios entregarán recomendaciones sobre áreas de riesgos que deben protegerse y mantenerse como zonas no urbanizables.

- **Mejorar y aumentar la provisión de espacios públicos y áreas verdes**

Uno de los factores más relevantes para garantizar una calidad de vida urbana es la dotación de espacios públicos y áreas verdes.

En la ciudad de Pasto los índices de áreas verdes por habitante, están bajo los índices recomendados por organismos internacionales como la OMS.

Además, estos espacios y áreas no están distribuidos de forma eficiente, dejando grandes zonas de la ciudad desprovistas de estas áreas.

Es por eso que una de las recomendaciones más importantes de cara al futuro sostenible de Pasto es incrementar en calidad y equidad espacial, la dotación de nuevos espacios públicos y áreas verdes, complementándolo con una mejora circunstancial de los existentes.

4.3.3.2 Recomendaciones específicas

- **Sistema de Información Georreferenciado**

Uno de los aspectos claves para la gestión de un municipio es el contar con la mayor cantidad de información territorial, actualizada y detallada. Para lograr esto, una herramienta clave son los Sistemas de Información Georreferenciados (SIG).

Este sistema debería incluir al menos las siguientes capas de información:

- Catastro físico: vialidad, lotes, infraestructura básica.
- Zonificación de usos POT.
- Catastro de Propiedad.
- Mapas de riesgos ante amenazas naturales.

- Información censal.
- Información de educación y salud.
- Información sobre áreas verdes.
- Registro de impuestos.
- Datos sobre seguridad ciudadana.

La plataforma SIG municipal podrá tener usos internos, pero también como plataforma de servicios a la comunidad rentabilizando aún más la inversión necesaria para su implementación y actualización permanente, aspecto clave para la utilidad de la herramienta.

- **Estudios de cobertura y capacidad hidráulica**

Según los datos aportados por el POT y EMPOPASTO, la capacidad hidráulica dentro de la zona urbana de Pasto está bastante cercana a su máximo o superada incluso en algunos sectores de la ciudad. Además, la cobertura hidráulica está hasta ahora garantizada hasta la cota 2.700 m.s.n.m., lo que limita las posibilidades de expansiones urbanas a futuro. Esto se da principalmente en los sectores urbanos de los corregimientos, los que están fuera de la cobertura de EMPOPASTO en la actualidad.

Estos estudios deben determinar las inversiones en infraestructura necesaria para garantizar la capacidad hidráulica para la población actual y esperada para Pasto, la que según las estimaciones, aumentará desde los 364.020 actuales a más de 500.000 en el año 2050; un estimado de casi 140.000 habitantes nuevos.

El aumento de la cobertura, principalmente dado por un acrecentamiento de cota hidráulica, se justifica en la necesidad de crear nuevo suelo urbano para la ciudad en los próximos años. Necesariamente algunos de los nuevos desarrollos se tendrán que dar en zonas más altas del valle; esto es sobre la cota 2.800 m.s.n.m. en algunos casos. Estas nuevas urbanizaciones deberán contar con todos los servicios básicos garantizados antes de que comiencen a desarrollarse y así evitar problemas de habitabilidad y costos de inversión aún mayores.

- **Mejoramiento integral cauces urbanos: Pasto y Miraflores**
Dentro de estos proyectos se considera interesante incluir los siguientes:
 - Expropiación y erradicación de edificaciones ubicadas dentro de la ronda hídrica y de riesgo no mitigable de inundación.
 - Diseño y construcción de parques lineales en el río Pasto y Miraflores.
 - Realización de obras de canalización para el tramo urbano de los ríos Pasto y Miraflores.
 - Construcción de interceptor de aguas cloacales en ríos y arroyos.
 - Protección de cuencas altas de los cauces: definición de zonas no urbanizables, limpieza y arborización.
 Una debilidad importante detectada, relacionada con los cauces fluviales y las amenazas naturales, es la necesidad de mejora de la infraestructura sanitaria y pluvial. En las debilidades detectadas en los documentos del POT y los de este estudio se señala como un punto fundamental el déficit de infraestructura cloacal, tanto de redes como de plantas de tratamiento. Estas medidas son fundamentales para lograr la recuperación ambiental de la cuenca del río Pasto, de modo que se pueda utilizar como espacio público y natural, tal como se ilustra en la Figura 4.23.

Figura 4.23

Ejemplo de parque lineal en torno a un curso fluvial



Fuente: IDOM (2014)

- **Potenciar Centro Histórico de Pasto**
El Centro Histórico de Pasto, presenta interesantes oportunidades de convertirse en un polo de servicios, equipamientos, cultura y vivienda, tanto para la misma ciudad de Pasto como para todo Nariño (Figura 4.24). Es fundamental, realizar inversiones que permitan mejorar su calidad urbana, evitando el deterioro y pérdida de población.

Las acciones propuestas para esta operación urbana se basan en gran parte en los proyectos contenidos en el POT 2014-2027:

- Transformación de viales con uso preferentemente peatonal e incorporación de zonas con limitación de velocidad (zonas 30), como se ilustra en la Figura 4.25.
- Construcción de ciclovías y estacionamientos de bicicletas.
- Incorporación de mobiliario urbano, luminarias y cámaras de seguridad.
- Programa de mejoramiento y recambio de carteles en fachadas patrimonial.

Figura 4.24

Edificios con interés patrimonial en el centro de Pasto



Fuente: IDOM (2014)



Figura 4.25

Imagen objetivo de proyectos de mejoramiento vial, con preferencia a peatones y ciclistas propuestos por el proyecto AVANTE para el centro de Pasto



Fuente: IDOM (2014)

- **Ejes urbanos integradores**

Un tercer tipo de proyectos necesarios de incorporar son los de tipo vial y conectividad urbana. Dada la compacidad y densidad de la ciudad de Pasto, es fundamental contar con una adecuada red vial, especialmente orientada al transporte público y no motorizado, evitando fomentar el transporte privado.

Dentro del POT y el desarrollo del SITP de Pasto se encuentran un gran número de medidas y proyectos orientados en este sentido. Dentro del plan de acción deben incorporarse algunos de estos proyectos, dentro de los cuales sería interesante tener en cuenta algunas prioridades; ejemplo ilustrado en la Figura 4.26 y Figura 4.27:

- Anillo de circunvalación intermedio: vialidad estructural que permita unir todas las áreas urbanas de los corregimientos. La vía debe permitir tránsito de transporte público, bicicletas y vehículos particulares.
- Vías de conexión ciudad-anillos de circunvalación.
- Vía de conexión nuevas áreas de desarrollo: Aranda, Catambuco, Buesaquillo. Las vías deben permitir tránsito de transporte público, bicicletas y vehículos particulares.

- Ejes de transporte público y bicicleta: Eje Calle 22-Los Libertadores-Los Estudiantes, Ejes Arroyos Miraflores y Mijitayo, Eje calle 18 Salida Norte, Anillos Interiores.
- Proyectos desarrollados por AVANTE.
- Ciclovías panorámicas y turísticas.
- Estacionamientos de bicicletas en distintos puntos de la ciudad.

Figura 4.26

Ejemplo de corredores segregado para transporte público y bicicletas con mejoras en el espacio público



Fuente: IDOM (2014)

Figura 4.27

Imagen objetivo de proyectos de mejoramiento vial con preferencia a peatones y ciclistas, propuestos por el proyecto AVANTE para el centro de Pasto



Fuente: IDOM (2014)

- **Integración de cabeceras conurbadas**

La existencia de procesos de conurbación entre Pasto y las cabeceras de corregimientos cercanos requiere la implementación de medidas y proyectos que permitan mejorar y controlar el desarrollo urbano de estas áreas (Figura 4.28).

Las acciones propuestas para esta operación urbana son las siguientes:

- Puesta en valor centros históricos de las cabeceras de corregimientos: espacios públicos, mobiliario, pavimentación, mejoras en aceras, iluminación y en edificios patrimoniales.
- Estudios y obras para integrar la provisión de servicios básicos con el área urbana de Pasto: agua potable, electricidad y cloacas.
- Mejoras en conectividad: proyectos y obras de pavimentación, elementos de seguridad, iluminación, ciclovías y paisajismo en vías de conexión entre Pasto y los corregimientos conurbados.
- Protección y control de áreas con limitantes (riesgos): erradicación de viviendas y fiscalización permanente sobre áreas no aptas para urbanizar. Proyectos de recuperación paisajística y ecológica de estas zonas, valorándolas como áreas verdes naturales.

- **Fortalecimiento de las áreas de protección y corredores ecológicos**

El entorno natural de Pasto presenta grandes oportunidades y amenazas. Es fundamental proteger adecuadamente este patrimonio natural, cultural y productivo con proyectos y medidas de puesta en valor y fiscalización. Las acciones propuestas son las siguientes:

- **Parques naturales y corredores ecológicos.** Creación de nuevos parques naturales: Alto Río Pasto, Alto Miraflores, Alto Mijitayo. Proyectos y obras de mejoras en accesos y vigilancia a zonas naturales protegidas. Medidas de fiscalización y seguridad por invasiones ilegales, incendios, extracción forestal.
- **Protección de zonas de riesgo.** Erradicación de viviendas en zonas de alto riesgo y prohibición para nuevas edificaciones. Recuperación ambiental y paisajística zonas deterioradas.
- **Zonas agrícolas.** Infraestructura para optimizar producción agrícola: riego, sistema de distribución y venta. Aumento en fiscalización por edificaciones ilegales en zonas productivas.

Figura 4.28

Fotografía Plaza de Obonuco



Fuente: IDOM (2014)

5





VALLEDUPAR

SEDE MUNDIAL
DEL VALLENATO
Y CIUDAD SOSTENIBLE
ANTE EL RETO DEL
CAMBIO CLIMÁTICO

5.1

ESTUDIO DE CAMBIO CLIMÁTICO

En este estudio, integrado dentro del Programa de Ciudades Sostenibles y Competitivas de FINDETER, en el marco de la metodología Ciudades Emergentes y Sostenibles-CES del BID, se plantea una hoja de ruta de mitigación a 2050, que busca integrar desarrollo y limitación de emisiones desde un punto de vista de sostenibilidad integral en el municipio de Valledupar. El área de estudio considerada incluye el municipio completo de Valledupar, incluyendo las zonas rural y urbana, el cual se encuentra situado en el departamento del Cesar en Colombia, con una población de 433.248 habitantes en 2013.

Este estudio de emisiones Gases Efecto Invernadero tiene como objetivos:

1. Realizar un diagnóstico cualitativo y cuantitativo de las emisiones de GEI por actividades antropogénicas para el municipio de Valledupar, departamento de Cesar, Colombia. El diagnóstico cuantitativo, que se basa en un inventario de GEI que sigue la metodología GPC Basic+ (versión 2014), se ha realizado para el año base 2013 y para el año 2010.
2. Establecer el escenario tendencial (escenario *Business as Usual*) con base en emisiones de GEI para los años 2030 y 2050 para el municipio de Valledupar, con base en el inventario de emisiones de GEI (año base 2013).
3. Seleccionar 15 medidas de reducción de GEI.
4. Establecer un escenario de crecimiento inteligente desde el punto de vista de emisiones de GEI, como combinación del escenario inteligente y la selección de medidas de reducción de GEI para 2050, municipio de Valledupar.
5. Análisis de costos y beneficios netos de las medidas de mitigación.

La hoja de ruta tiene por horizonte temporal 2050, y por alcance los siguientes sectores:

- Uso de la energía en fuentes estacionarias: residencial, comercial, industrial e institucional entre otros.
- Uso de la energía en fuentes móviles, incluyendo tráfico por carretera y aéreo.
- Sector residuos sólidos.
- Sector aguas residuales.
- Procesos industriales y uso de productos.
- Sector de agricultura, silvicultura y usos del suelo (AFOLU, por sus siglas en inglés).

5.1.1 Diagnóstico

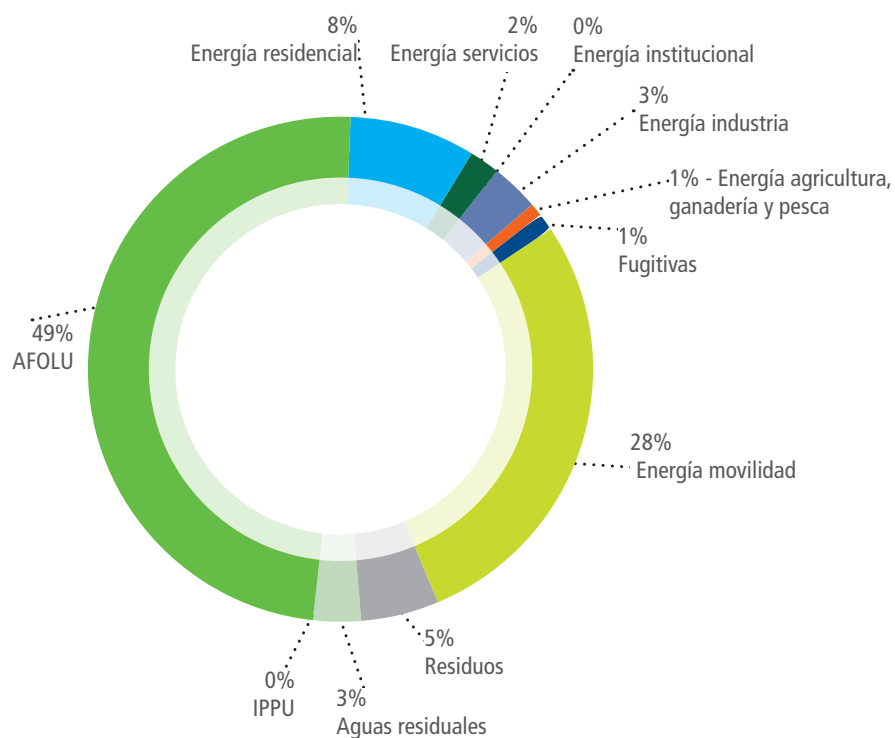
La hoja de ruta se basa en un diagnóstico cualitativo y cuantitativo que incluye un inventario de emisiones de GEI del municipio de Valledupar para los años 2010 y 2013. Para el desarrollo del inventario se ha creado una herramienta específica, adaptada al área de estudio. Este diagnóstico ha servido para identificar el potencial de reducción de emisiones de cada sector.

El balance de emisiones per cápita de Valledupar a fecha de 2013 asciende a 1,52 toneladas de CO_{2e}, valor inferior a la media de ciudades de América Latina, y significativamente inferior a los países más industrializados. En términos absolutos, las emisiones del municipio de Valledupar de 2013 resultaron 1.326.253 toneladas de CO_{2e}. Parte de estas emisiones se contrarrestan con las absorciones, que ascienden en 2013 a -669.460 toneladas de CO_{2e}, resultando en un balance de emisiones de 656.793 toneladas de CO_{2e}.

Asimismo, la emisión de CO₂ de origen biogénico, procedente de la combustión de biomasa, que no se encuentra incluida en los valores anteriores, asciende a 51.702 toneladas de CO₂.

Como se observa en la Figura 5.1, las principales emisiones se producen en el sector AFOLU, que representa un 49% de las emisiones totales, principalmente asociadas a la ganadería vacuna, seguidas de las emisiones en el sector movilidad con un 28% de las emisiones debidas al consumo de diésel y gasolina. A continuación se encuentra el uso de la energía en el sector residencial, con un 8%; el sector residuos, presenta una emisión del 5% de las emisiones totales, generadas esencialmente por el relleno sanitario de Los Corazones. El resto de sectores se encuentra por debajo del 5% del total.

Figura 5.1
Emisiones por sector



Fuente: IDOM (2016)

En el gráfico solamente se incluyen las emisiones del sector AFOLU, no los sumideros de carbono gracias a los bosques y a las plantaciones de cultivos perennes como la palma.

5.1.2 Escenario tendencial

Se plantea un escenario tendencial o *Business as Usual* (BaU) a 2050, con una población que crece hasta los 730.433 habitantes, es decir un 68,6% más que en 2013 y que mantiene las tendencias de los últimos años en cuanto a consumo de energía, producción de residuos, desarrollo industrial, etc. En este escenario, las emisiones per cápita alcanzarían las 3,25 toneladas de CO₂e, es decir, un 115 % más que en 2013. En términos absolutos, las emisiones totales de 2050 serían 2.376.351 toneladas de CO₂e, lo que implica un aumento del 262% respecto a 2013.

5.1.3 Hoja de ruta de mitigación

Para la definición de acciones en la hoja de ruta de mitigación se han priorizado los siguientes sectores:

- AFOLU: por ser el sector que presenta la mayor emisión, así como el único sector con capacidad de efecto sumidero.
- Movilidad: por ser el segundo sector emisor y presentar un alto potencial de reducción de emisiones de GEI y de otras mejoras ambientales.
- Residuos: por presentar un alto potencial de reducción de emisiones de GEI, ya que la mayor parte de las emisiones se encuentran concentradas en fuentes puntuales, como lo es el relleno sanitario de Los Corazones.
- Energía estacionaria: por representar en conjunto un 15% de las emisiones y por incluir el sector institucional, que aunque representa un porcentaje de emisiones inferior al 1%, debe establecer una actitud ejemplarizante.

En 2050, el área de estudio en el escenario inteligente, con la adopción de las 16 acciones específicas planteadas en torno a los ejes de eficiencia energética, energías renovables y optimización de los recursos que se muestran en la Tabla 5.1, podría reducir un total de 1.710.199 toneladas de CO₂e y supondrían un ahorro energético de 183.488 tep⁴.

Tabla 5.1
Líneas de actuación y acciones en la hoja de ruta de mitigación

Sector		Acción	
Energía fuentes estacionarias	Energía residencial	E.F.F.1	Normativa municipal de sostenibilidad energética en edificios.
	Energía institucional	E.F.F.2	Sustitución alumbrado público.
	Energía institucional	E.F.F.3	Auditorías y buenas prácticas en Alcaldía.
	Energía residencial	E.F.F.4	Refrigeración urbana.
	Energía residencial	R.2	Aprovechamiento energético en el relleno sanitario de Los Corazones.
	Energía residencial	T.1	Educación ambiental y sensibilización ciudadana.
Energía fuentes móviles	Energía movilidad	E.F.M.1	Reducción de las necesidades de movilidad.
	Energía movilidad	E.F.M.2	Implantación del sistema integrado de transporte.
	Energía movilidad	E.F.M.3	Fomentar el uso de la modos de desplazamiento no motorizados.
	Energía movilidad	E.F.M.4	Limitar el contrabando de combustible a través de una estrategia integrada, que incluya regulación y sanciones (lado de la oferta) y concienciación (lado de la demanda).
	Energía movilidad	T.1	Educación ambiental y sensibilización ciudadana.
Residuos	Residuos	R.1	Fomento del compostaje de residuos orgánicos.
	Residuos	R.2	Aprovechamiento energético en el relleno sanitario de Los Corazones.
	Residuos	R.3	Desarrollo de un programa de capacitación de residuos.
AFOLU	AFOLU	A.1	Mejora genética del ganado bovino.
	AFOLU	A.2	Sistemas silvopastoriles y agroforestales.
	AFOLU	A.3	Restauración de áreas degradadas y estratégicas con bosques.
Transversal	Transversal	T.1	Educación ambiental y sensibilización ciudadana.
	Transversal	T.2	Creación de una Secretaría de Medio Ambiente en Alcaldía.

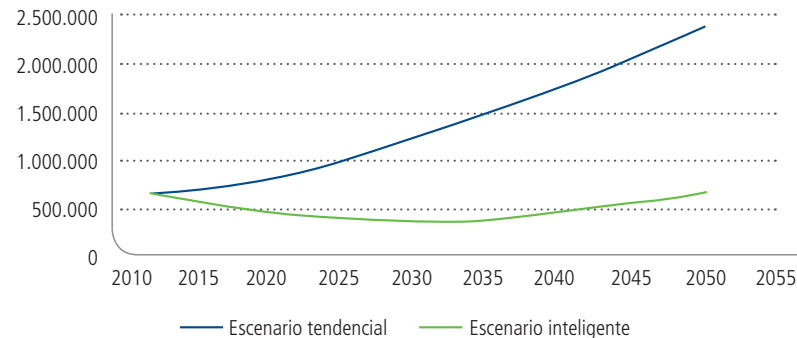
Nota: Las acciones marcadas en azul en el cuadro significan que son acciones que sin ser específicas del sector, reducen emisiones en el mismo.

Fuente: IDOM (2016)

La adopción de estas acciones, supone en el año 2050 una reducción de las emisiones del 72% sobre el escenario tendencial en ese mismo año. Ello implica que el balance de emisiones total del área de estudio en el año 2050 en este escenario inteligente sea de 666.152 toneladas de CO₂e frente a las 2.376.351 toneladas de CO₂e del escenario tendencial.

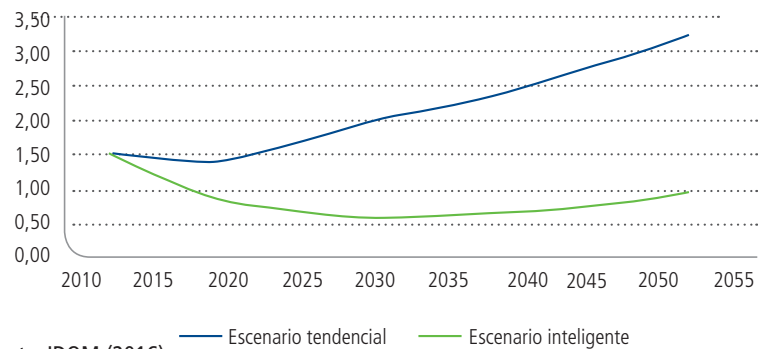
En términos per cápita, el balance de emisiones de este escenario sería de 0,91 t CO₂e frente a las 3,25 t CO₂e en el escenario tendencial, tal y como se puede observar en la Figura 5.2 y Figura 5.3.

Figura 5.2
Emisiones totales en los escenarios



Fuente: IDOM (2016)

Figura 5.3
Emisiones per cápita en los escenarios

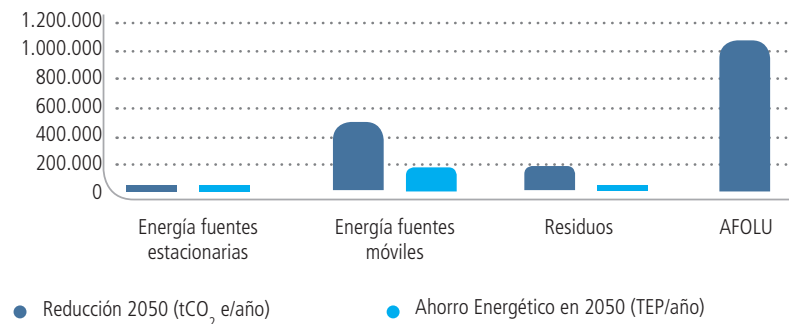


Fuente: IDOM (2016)

La principal reducción de emisiones se produce en el sector AFOLU, con un potencial de reducción de 1.057.033 toneladas de CO₂e, es decir un 44% de las emisiones totales. En segundo lugar se encuentran el sector energía fuentes móviles que reduce 477.815 toneladas de CO₂e en un 20% de las emisiones totales. En tercer lugar, se posiciona el sector residuos que reduce 127.232 toneladas de CO₂e, representando una reducción del 5% sobre las emisiones totales.

Por acción, la que más reduce es la A.3 de "Restauración de áreas degradadas y estratégicas con bosques" con una contribución a las reducciones totales del 26%, seguida de la acción A.2 de "Sistemas silvopastoriles y agroforestales" con un 20%. En cuanto al ahorro energético, como se puede observar en la Figura 5.4, el sector que producirá mayor ahorro en el año 2050 es el de energía de fuentes móviles; esto es, un 88% sobre el ahorro total. El segundo sector, energía fuentes estacionarias, con un 11% sobre el ahorro total, seguido de lejos del sector residuos con un 1% sobre el ahorro total.

Figura 5.4
Reducción de emisiones y ahorro energético, 2050



Fuente: IDOM (2016)

Además de la reducción de emisiones, existen otro tipo de beneficios comunes asociados a la implantación de las acciones. De estos beneficios, es necesario destacar tres. Por un lado, el ahorro energético, que contribuye a la seguridad energética de Valledupar; por otro lado, la reducción de la contaminación atmosférica, especialmente a través de las acciones asociadas a la movilidad y finalmente, los servicios ecosistémicos derivados de las acciones asociadas al medio natural.

Para garantizar la aplicación de las acciones, se recomienda convertir esta hoja de ruta en un plan de cambio climático. Se sugiere que, además de mitigación, el plan sea integral e incluya asimismo adaptación al cambio climático.

5.2

ESTUDIO DE RIESGOS NATURALES

Para la selección de las tres amenazas principales a estudiar, en el presente estudio se ha realizado un análisis multicriterio para facilitar la comparación y la priorización de ellas.

Se han tenido en cuenta distintos criterios principales a la hora de definir las amenazas a estudiar, dándole distintos pesos en función a su importancia relativa en la toma de la decisión de las amenazas a estudiar.

En la Tabla 5.2 se muestran los resultados de este análisis, siendo la posición relativa de las amenazas clasificadas la siguiente:

1. Inundaciones
2. Vendaval
3. Sequía

Tabla 5.2
Análisis multicriterio para la selección de las amenazas a estudiar

Amenaza \ variable	Frecuencia	Área afectada	Impactos potenciales	Calidad datos de partida	Nivel de análisis	Puntuación total	Posición relativa
Peso	1,5	1	1	1	2		
Vendaval	2	3	2	2	3	16	2
Inundaciones	3	2	3	3	2	16,5	1
Remoción en masa	1	1	1	3	3	12,5	4
Incendios forestales	1	1	1	2	3	11,5	5
Sequía	2	2	3	2	2	14	3

Fuente: IDOM (2016)

Para la toma de decisiones sobre las amenazas a estudiar, se ha tenido muy en cuenta el criterio del municipio y de las autoridades responsables del riesgo, así como de todos los actores que han participado en las distintas reuniones mantenidas en Valledupar.

5.2.1 Análisis probabilístico de la amenaza de inundación fluvial

5.2.1.1 Estudio hidrológico

Pluviometría

De los datos analizados para el estudio del clima presente, se utilizaron los datos diarios de la cantidad de precipitación en milímetros (mm), correspondientes a

tres estaciones meteorológicas del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), situadas en un radio de 10 km alrededor de la ciudad de Valledupar y que disponen de información de por lo menos 30 años para el periodo 1981-2010; cumpliendo con el mínimo de extensión del registro recomendado por la Organización Meteorológica Mundial (OMM, 2007) para obtener estadísticas confiables.

A continuación, se muestran las precipitaciones máximas diarias para cada periodo de retorno en las tres estaciones estudiadas. Para el clima presente se puede analizar la Tabla 5.3 y para los escenarios de cambio climático A2, la Tabla 5.4. Para el B2 la Tabla 5.5 y para A1B, la Tabla 5.6. Se encontrarán en rojo aquellos valores que aumentan respecto al clima presente:

Tabla 5.3

Precipitaciones máximas diarias (mm) para el clima actual

Estación	Periodo de retorno (años)			
	3	25	50	100
Aeropuerto Alfonso López	42	95	111	127
El Descanso	43	102	120	138
París de Francia	52	115	134	153

Fuente: IDOM (2016)

Tabla 5.4

Precipitaciones máximas diarias (mm) para el escenario A2

Estación	Periodo de retorno (años)			
	3	25	50	100
Aeropuerto Alfonso López	48	93	107	120
El Descanso	52	99	113	128
París de Francia	41	79	90	102

Fuente: IDOM (2016)

Tabla 5.5

Precipitaciones máximas diarias (mm) para el escenario B2

Estación	Periodo de retorno (años)			
	3	25	50	100
Aeropuerto Alfonso López	49	93	106	119
El Descanso	56	106	121	136
París de Francia	65	123	141	158

Fuente: IDOM (2016)

Tabla 5.6

Precipitaciones máximas diarias (mm) para el escenario A1B

Estación	Periodo de retorno (años)			
	3	25	50	100
Aeropuerto Alfonso López	35	67	77	87
El Descanso	50	96	111	125
París de Francia	44	86	98	111

Fuente: IDOM (2016)

Método de abstracciones. Cambio en los usos del suelo

Esta metodología pretende obtener la lluvia eficaz o neta, es decir, la parte de la precipitación total del aguacero que realmente contribuye a la generación de caudales, contemplándose los fenómenos de interceptación, retención e infiltración.

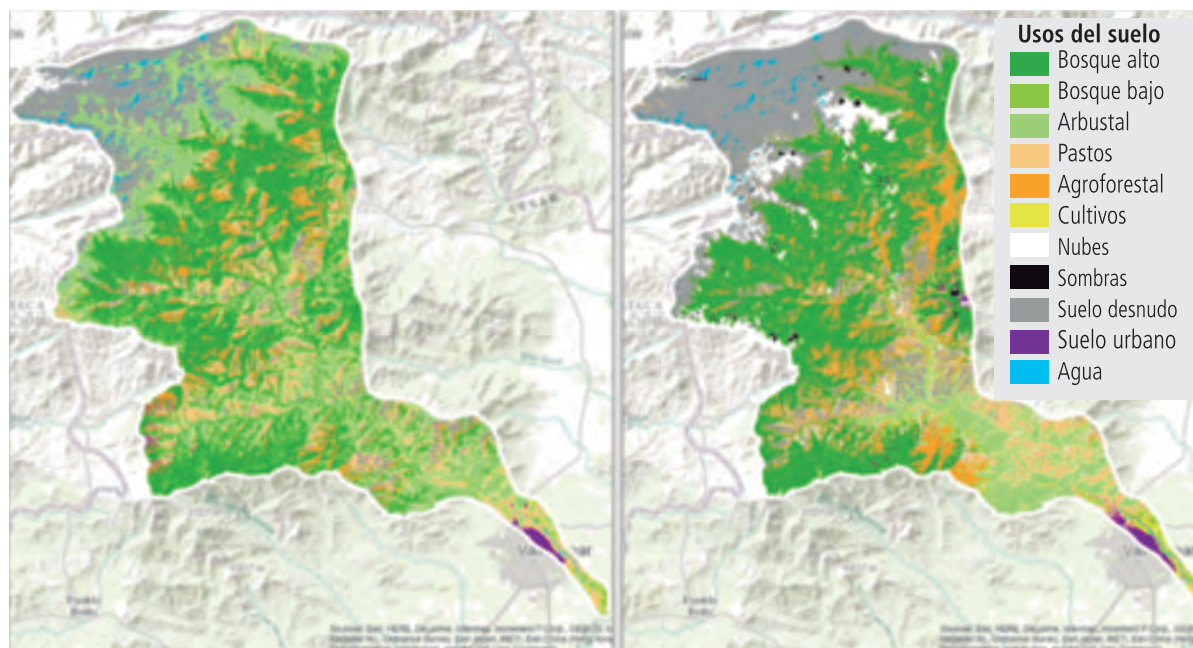
Uno de los principales factores que influyen en la cantidad de lluvia que no se convierte en escorrentía es la cobertura vegetal del suelo, pues cuanto más densa, es esta, menor es la escorrentía.

Se ha detectado un proceso de deforestación, especialmente en la parte alta de la cuenca. Para poder determinarla se ha analizado la cobertura del suelo en la misma época del año con imágenes satelitales LANDSAT, las cuales podemos ver en la Figura 5.5.

En la imagen se muestra el avance del suelo desnudo a costa de la reducción del resto de usos con un índice mayor de abstracción de la lluvia: bosque, arbustal, pastos y agroforestal.

Se ha proyectado la variación observada en los usos del suelo de la cuenca al año 2050, obteniéndose un aumento del suelo desnudo en la parte alta de la cuenca de casi siete puntos porcentuales de 2015 a 2050.

Figura 5.5
Imagen Landsat, del municipio de Valledupar, enero de 1989 (izquierda) y enero de 2015 (derecha)



Fuente: IDOM (2016)

Modelo hidrológico

Se han planteado para el estudio un total de cinco subcuencas y dos interconexiones, tal como lo vemos en la Figura 5.6 para la propagación de caudales entre unas subcuencas y otras y por último, los puntos de unión de control o estudio, donde podemos conocer los resultados del hidrograma de salida.

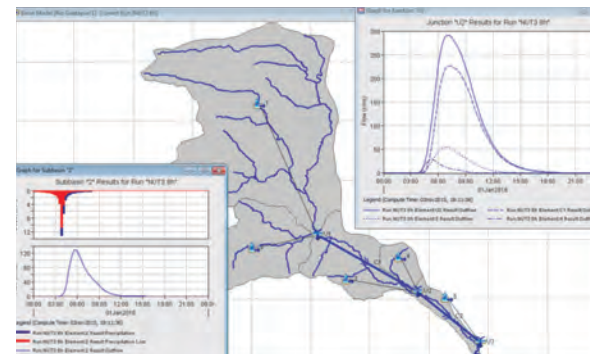
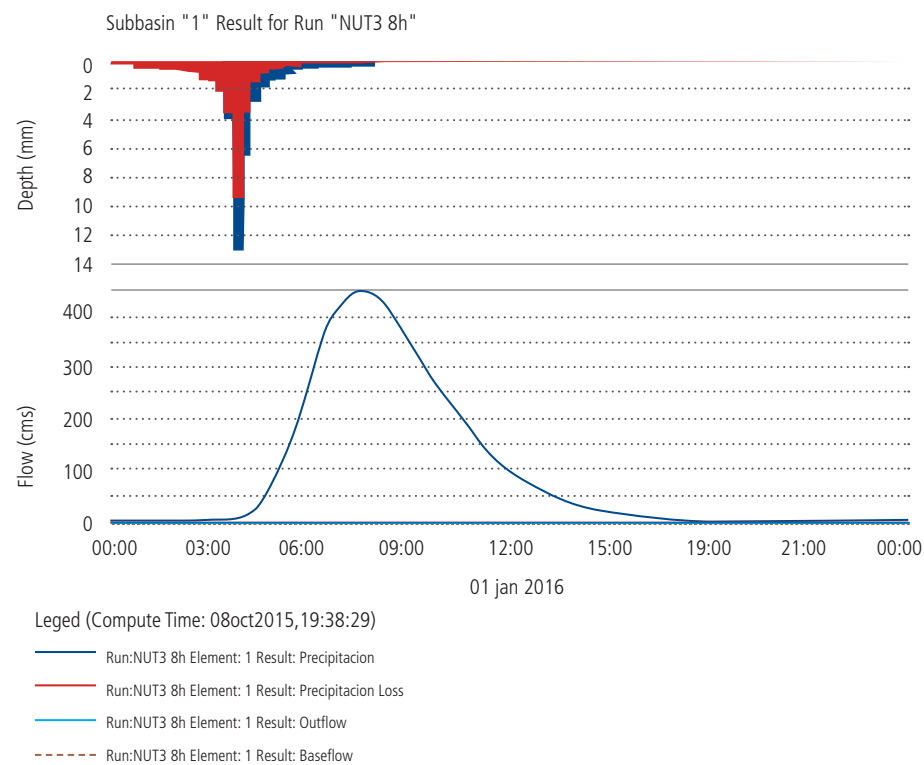
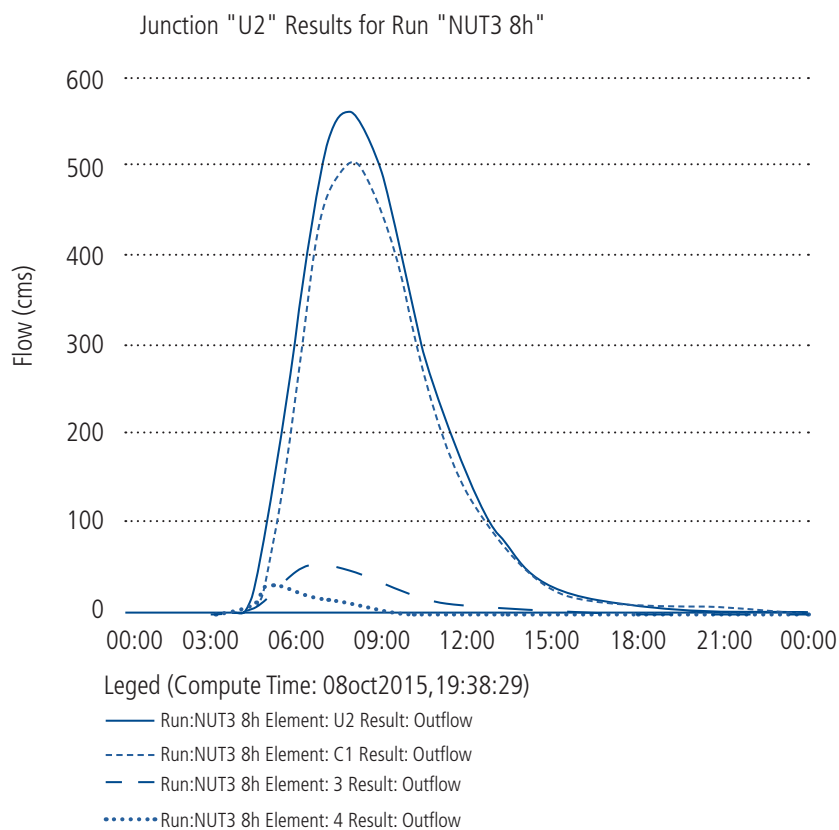


Figura 5.6 Esquema del modelo hidrológico HEC-HMS para la cuenca del Guatapurí



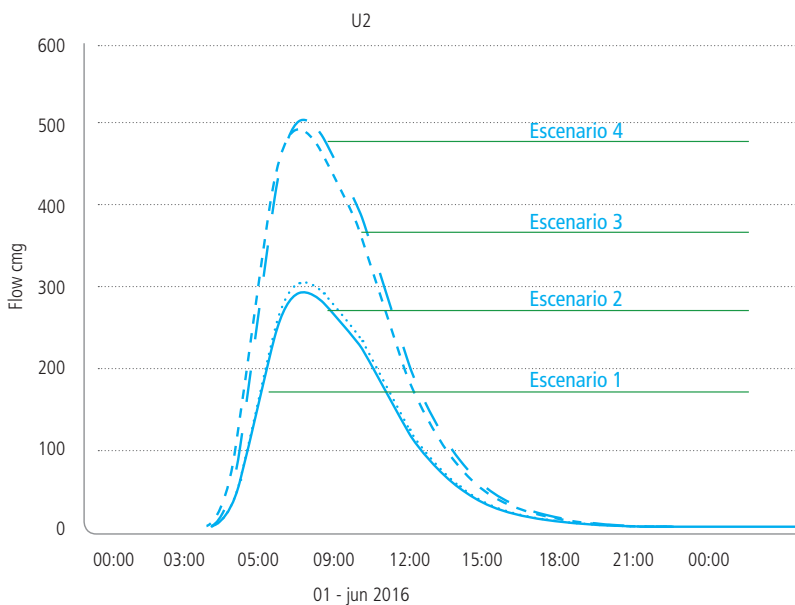
Fuente: IDOM (2016)

Escenarios considerados

El estudio hidrológico se ha hecho considerando diferentes combinaciones de usos del suelo y cambio climático, como se observa en la Figura 5.7 y Figura 5.8.

1. Clima actual y usos del suelo en 2015
2. Clima actual y usos del suelo proyectado a 2050
3. Clima proyectado en el escenario pésimo del cambio climático a 2050 y usos del suelo en 2015
4. Clima proyectado al escenario pésimo de cambio climático a 2050 y usos del suelo proyectado a 2050

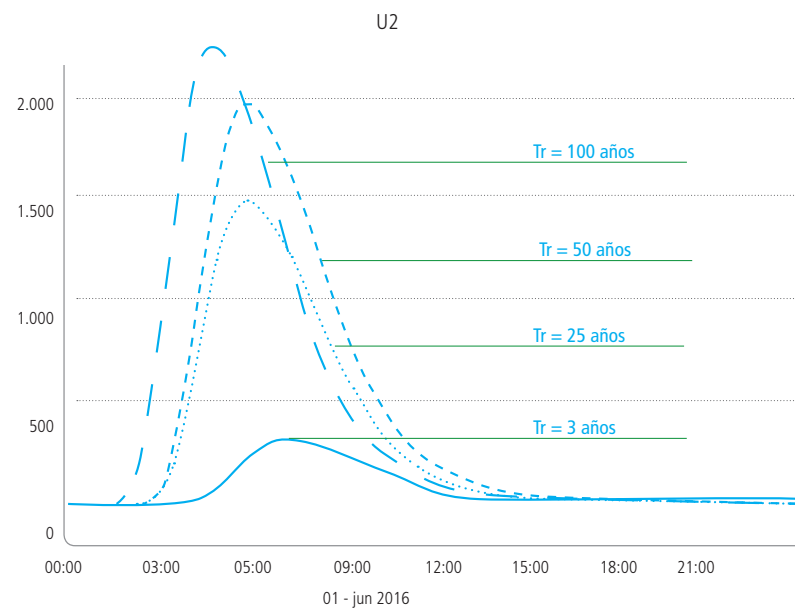
Figura 5.7
Hidrogramas para 3 años de periodo de retorno para cada escenario



- Run:NUT50 6h Element: U2 Result: Outflow
- Run:NUT100 4h Element: U2 Result: Outflow
- - - Run:NUT3 8h Element: U2 Result: Outflow
- . - Run:NUT25 6h Element: U2 Result: Outflow

Fuente: IDOM (2016)

Figura 5.8
Hidrogramas para el escenario 1 y para cada periodo de retorno



- Run:NUT50 6h Element: U2 Result: Outflow
- Run:NUT100 4h Element: U2 Result: Outflow
- - - Run:NUT3 8h Element: U2 Result: Outflow
- . - Run:NUT25 6h Element: U2 Result: Outflow

Fuente: IDOM (2016)

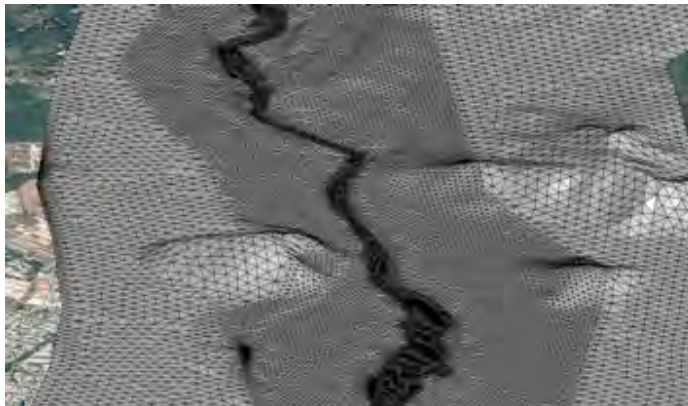
5.2.1.2 Estudio hidráulico

Para la simulación del flujo en lámina libre se ha usado el modelo IBER desarrollado por la Universidad Politécnica de Catalunya y la Universidad de La Coruña en el marco de un Convenio entre el Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX) y la Dirección General del Agua del Gobierno de España.

El modelo trabaja sobre una malla no estructurada de volúmenes finitos formada por elementos triangulares o cuadriláteros (Figura 5.9). En el módulo hidrodinámico, que constituye la base de Iber, se resuelven las ecuaciones de aguas someras bidimensionales promediadas en profundidad (ecuaciones de St. Venant 2D).

Figura 5.9

Malla de cálculo no estructurada desarrollada para el cálculo hidráulico de río Guatapuri



Fuente: IDOM (2016)

Se muestran a continuación las cotas de inundación máximas alcanzada para 3 y 100 años de periodo de retorno. Es la envolvente de los máximos calados alcanzados durante la simulación.

En la Figura 5.10 se muestra la inundación para tres años de periodo de retorno, el caudal se queda contenido en el cauce principal, provocando muy pequeñas afecciones en la margen derecha del río.

Figura 5.10

Calados máximos para tres años de periodo de retorno



Fuente: IDOM (2016)

En la Figura 5.11 se muestra la inundación para 100 años de periodo de retorno, con importantes afecciones a las comunidades situadas en la margen derecha del río, llamadas El Pescaíto y Zapato en Mano. La inundación supera la cuenca del río, pasando a ocupar la llanura de inundación del río Cesar, es una inundación de calados y velocidades muy bajas pero con una gran superficie implicada en el desagüe.

Figura 5.11
Calados máximos para 100 años de periodo de retorno



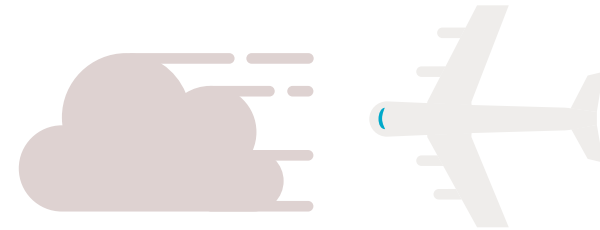
Fuente: IDOM (2016)

5.2.2 Análisis probabilístico de la amenaza por vientos extremos

Para el análisis del riesgo por vendaval se hace necesario el análisis de los vientos extremos para poder determinar la probabilidad de que éste alcance una determinada velocidad. Para ello se han analizado los datos de velocidad máxima horaria de la estación Aeropuerto Alfonso López desde 1978 a 2014, eso es 315.360 datos horarios, pero no todos los datos estaban disponibles, pues no existen datos para los años 1979, 1985, 1989, 1990, 1997 y 1998.

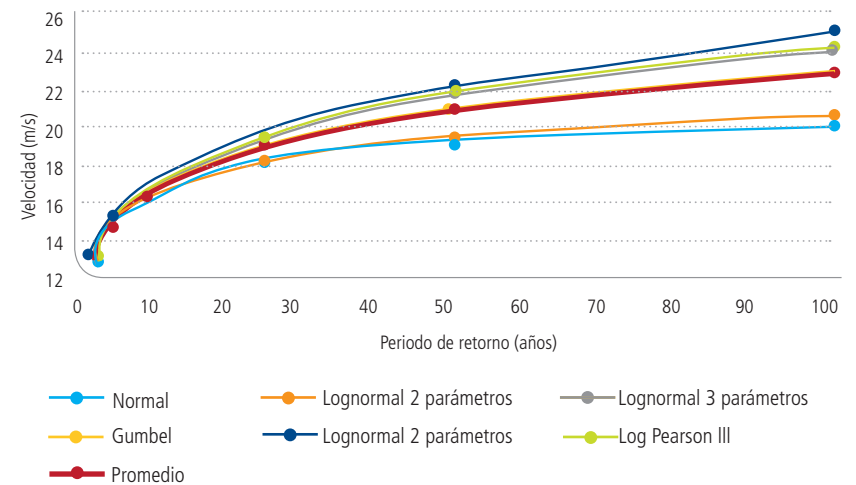
Como se observa en la Figura 5.12, se ha determinado el valor máximo anual, eliminando aquellos valores fuera de escala con errores en la toma de la dirección o con datos inexistentes en las horas inmediatamente anteriores o posteriores.

Velocidad máxima años 1978 a 2014



315.360 datos horarios

Figura 5.12
Curvas velocidad máxima – Frecuencia obtenida a partir de la serie 1978-2014



Fuente: IDOM (2016)

5.2.3 Análisis del balance hídrico. Amenaza de sequía

Según CORPOCESAR es el recurso hídrico el que advierte mayor problemática y niveles de intervención por contar con una errada manera de contemplar el territorio, su oferta ambiental y la vocación de uso del mismo.

5.2.3.1 Oferta hídrica

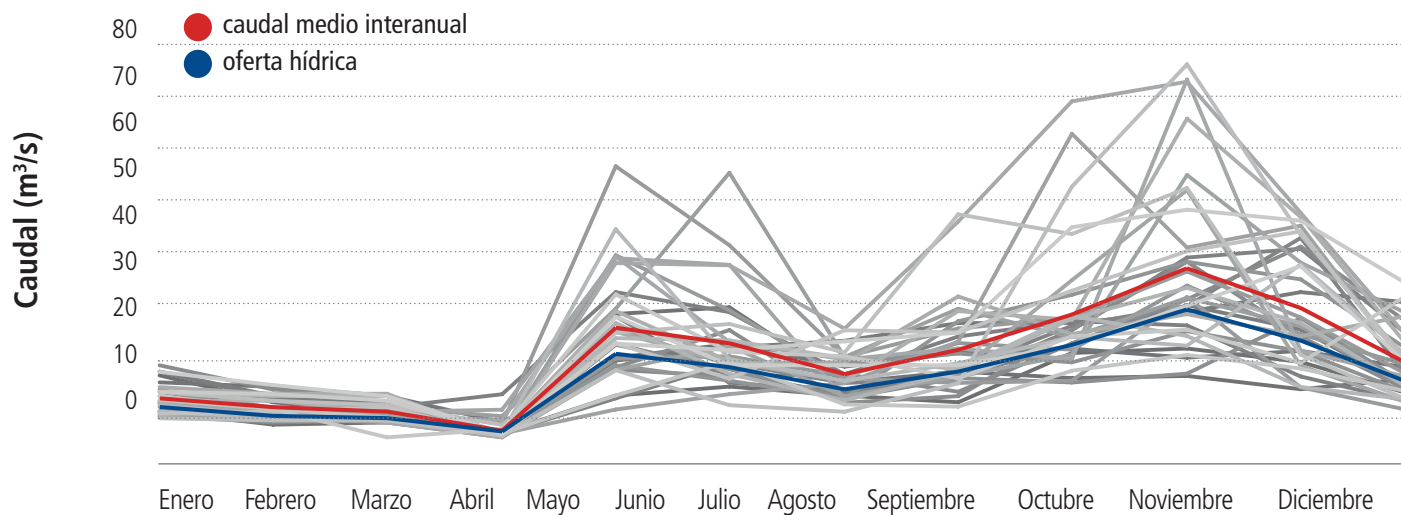
Se ha definido la oferta hídrica como los caudales medios mensuales de la serie histórica reducida un 25% como consecuencia de la calidad del agua, siendo este un limitante de la disponibilidad del recurso (Figura 5.13)



Oferta hídrica
Reducción de 25%

Figura 5.13

Caudal medio interanual y oferta hídrica para Valledupar



Fuente: IDOM (2016)

5.2.3.2 Demandas

Caudal ecológico

El caudal ecológico se puede definir como aquel que contribuye a alcanzar el buen estado o buen potencial ecológico en los ríos o en las aguas de transición y mantiene, como mínimo, la vida piscícola que de manera natural habitaría o pudiera habitar en el río, así como su vegetación de ribera.

Dentro de los métodos cuantitativos para fijar el caudal ecológico, es el hidrológico el más directo de aplicar si se disponen de las series hidrológicas históricas del río, como es el caso que nos ocupa, siendo estos métodos los más extendidos en el mundo.

El establecimiento del caudal ecológico del río le corresponde a la Corporación Autónoma. Pero, dado que a la fecha de la elaboración del presente documento no se tenía aprobado el POMCA, se propone un caudal ecológico promedio entre los métodos hidrológicos más habituales de los aplicables al Guatapurí, Como se muestra en la Tabla 5.7, siendo este un caudal variable, al igual que lo es el régimen natural del río, fijando como límite de este caudal, en los meses más secos, que no supere el 50% del caudal medio interanual:

Tabla 5.7
Caudal ecológico propuesto para el río Guatapurí

Mes	Q (m³/s)	Mes	Q (m³/s)
Enero	3,86	Julio	4,25
Febrero	3,65	Agosto	4,49
Marzo	3,52	Septiembre	5,26
Abril	0,66	Octubre	5,83
Mayo	4,67	Noviembre	5,45
Junio	4,60	Diciembre	4,47

Fuente: IDOM (2016)

Demandas antrópicas

En la actualidad el curso del río Guatapurí en su parte baja, está afectado por una fuerte demanda antrópica, para uso doméstico, comercial, industrial agrícola y pecuario.






Se han analizado las adjudicaciones de derivación del caudal del río Guatapurí de CORPOCESAR reflejadas en el documento mencionado anteriormente, con un total de 98 derivaciones. La adjudicación concedida a EMDUPAR de 2,500 l/s se ha reducido a efectos del cálculo del balance hídrico a 591 l/s, siendo este el caudal medio de consumo de agua potable del municipio. La suma de todas las derivaciones alcanza los 7.3 m³/s, que se ha ajustado a 5.4 m³/s teniendo en cuenta el consumo medio de acueducto de EMDUPAR.

Para el año 2050 se ha tenido en cuenta el aumento poblacional pasando de 386.684 en el año 2015 a 642.883 habitantes, lo que supone un consumo de 983 l/s en vez de los 591 l/s actuales.

Índice de escasez

Según la Tabla 5.8, Tabla 5.9 y Tabla 5.10, se registra escasez de agua cuando la cantidad del recurso tomada de las fuentes existentes es tan grande que se suscitan conflictos: de acuerdo con la Evaluación General de los Recursos de Agua Dulce del Mundo (UN et al, 1997).

Tabla 5.8
Categorías del índice de escasez

Categoría	Índice de escasez	Definición
 No significativo	< 1	Demanda no significativa con relación a la oferta.
 Mínimo	1 - 10%	Demanda muy baja con respecto a la oferta.
 Medio	11 - 20%	Demanda baja respecto a la oferta.
 Medio alto	21- 50%	Demanda apreciable.
 Alto	> 50	Demanda alta con respecto a la oferta.

Fuente: Estudio Nacional del Agua, IDEAM 2000

Tabla 5.9
Balance e índice de escasez en Valledupar para el año 2015

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Derivaciones (m ³ /s)	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4
Caudal ecológico (m ³ /s)	3,9	3,6	3,5	0,7	4,7	4,6	4,2	4,5	5,3	5,8	5,4	4,5
Demanda (m ³ /s)	9,3	9,0	8,9	6,1	10,1	10,0	9,6	9,9	10,7	11,2	10,8	9,9
Oferta hídrica (m ³ /s)	5,7	4,3	3,9	1,0	16,1	13,7	9,1	12,8	18,0	24,6	18,9	10,1
le (%)	163%	212%	231%	610%	63%	73%	106%	77%	59%	46%	57%	98%
Balance hídrico (hm ³)	-9,6	-11,6	-13,6	-13,1	16,0	9,7	-1,4	7,7	19,1	35,7	20,9	0,6

Fuente: IDOM (2016)

Tabla 5.10
Balance e índice de escasez en Valledupar para el año 2050

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Derivaciones (m ³ /s)	5,79	5,79	5,79	5,79	5,79	5,79	5,79	5,79	5,79	5,79	5,79	5,79
Caudal ecológico (m ³ /s)	3,9	3,6	3,5	0,7	4,7	4,6	4,2	4,5	5,3	5,8	5,4	4,5
Demanda (m ³ /s)	9,6	9,4	9,3	6,5	10,5	10,4	10,0	10,3	11,0	11,6	11,2	10,3
Oferta hídrica (m ³ /s)	5,7	4,3	3,9	1,0	16,1	13,7	9,1	12,8	18,0	24,6	18,9	10,1
le (%)	170%	221%	242%	649%	65%	76%	110%	81%	61%	47%	59%	102%
Balance hídrico (hm ³)	-10,6	-12,5	-14,6	-14,1	15,0	8,7	-2,4	6,7	18,1	34,6	19,9	-0,4

Fuente: IDOM (2016)

5.2.3.3 Conclusiones

El índice de escasez en Valledupar es realmente preocupante, las derivaciones son excesivas impidiendo muchos meses mantener un caudal ecológico aceptable.

Por otro lado, la falta de obra de regulación no permite aprovechar los meses con superávit para almacenar agua que permita suplir la demanda en los meses más secos, incluido el caudal ecológico. Independientemente de la necesidad de una obra de regulación aguas arriba del municipio, siempre es conveniente revisar las

concesiones en las derivaciones mediante un análisis costo-beneficio, desde el punto de vista de la sociedad en su conjunto, pudiendo en algunos casos buscar usos y actividades más sostenibles.

Una vez establecidas las derivaciones más rentables, se deben instalar mecanismos de regulación que permitan fijar el caudal derivado. En la actualidad se hace en lámina libre, de forma que el caudal de la derivación depende de la profundidad del agua en el cauce principal.

5.2.4 Cálculo de la vulnerabilidad

De acuerdo a la definición reflejada en el programa “Aproximación holística para la evaluación probabilística del riesgo” (*Central America Probabilistic Risk Assessment, CAPRA, 2005*) la vulnerabilidad es la predisposición de un sistema, elemento, componente, grupo humano o cualquier grupo biológico o no, a sufrir afectación ante la acción de una situación de amenaza específica.

En la Figura 5.14, se muestran los distintos elementos expuestos a la inundación en la margen derecha del río Guatapurí, como las zonas de vivienda precaria altamente vulnerables a esta amenaza en color magenta o viviendas unifamiliares de alta calidad constructiva, en naranja.

Figura 5.14

Vulnerabilidad de los elementos expuestos, la zonas de vivienda precarias altamente vulnerables a la inundación en cian, naves industriales en amarillo y vivienda unifamiliar de alta calidad constructiva en naranja



Fuente: IDOM (2016)

A continuación, en la Figura 5.15, se muestra la vulnerabilidad de los elementos expuestos al viento, siendo el menos vulnerable el forjado de concreto, representado en verde y el más vulnerable, la lámina de zinc en color rojo.

Figura 5.15

Vulnerabilidad de los elementos expuestos al viento, de menor vulnerabilidad (forjado de concreto) al más vulnerable (lámina de zinc)



Fuente: IDOM (2016)

5.2.5 Riesgo

5.2.5.1 Inundación

Previo al cálculo del riesgo económico por inundación, se ha calculado el valor expuesto de las viviendas coincidentes dentro de las manchas de inundación para los cuatro períodos de retorno manejados: 3, 25, 50 y 100 años. Para este cálculo se ha asignado a cada tipo de vivienda característico de la zona de inundación un precio de reposición estimado. En la Tabla 5.11 se presentan estos tipos de edificación junto al coste de reposición asignado. Se entiende por coste de reposición, el valor de sustitución del elemento expuesto, nave industrial o vivienda, sin contar el precio de la tierra.

Tabla 5.11
Valor de reposición según tipo constructivo

Tipo constructivo	Valor reposición (US\$/m ²)
Naves (Industrias/Agroindustrias)	600
Vivienda precaria (Ladrillo/Hormigón - 90%)	350
Vivienda precaria (Madera/Chapa- 10%)	200
Vivienda unifamiliar clase media	750

Fuente: IDOM (2016)

En la Tabla 5.12 se presenta la relación de valores expuestos para los cuatro períodos de retorno indicados, incluyendo las superficies de construcción estimadas.

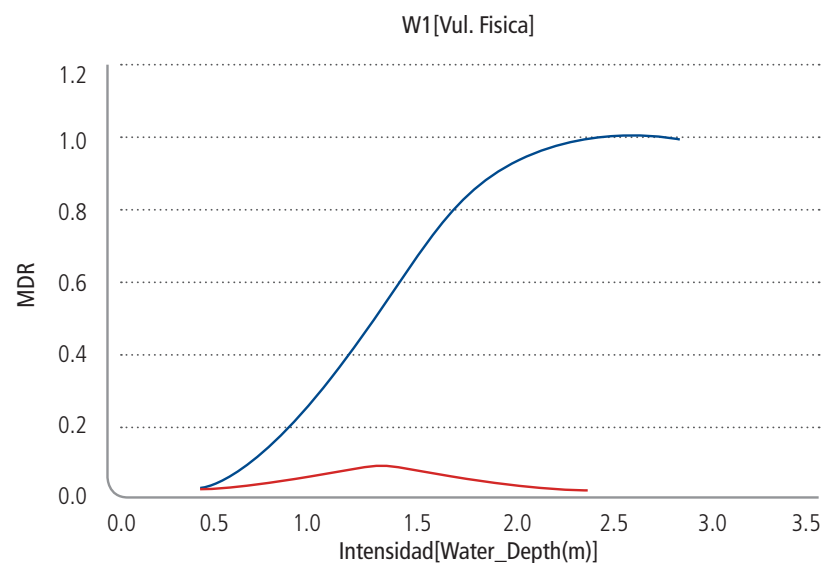
Tabla 5.12
Valor de reposición según tipo constructivo

Periodo de retorno (años)	Superficie expuesta (m ²)	Valor expuesto (US\$)
3	5.043	2.837.102
25	49.270	18.612.910
50	76.207	28.076.400
100	90.915	32.741.650

Fuente: IDOM (2016)

Asimismo se han seleccionado una serie de curvas de vulnerabilidad de la plataforma CAPRA, que se han considerado como potencialmente representativas de los cuatro tipos de edificación identificados. A título ilustrativo, en la Figura 5.16 se muestra una de estas curvas, donde la curva azul representa la función de vulnerabilidad que relaciona la profundidad alcanzada por el agua en metros con el porcentaje de daño respecto al valor de reposición del elemento expuesto en tanto por uno. La línea roja representa la desviación estándar de los puntos utilizados en la obtención de la función de vulnerabilidad.

Figura 5.16
Curva de vulnerabilidad para viviendas de madera



Fuente: IDOM (2016)

De acuerdo a estas curvas se ha realizado el cálculo de riesgo monetario extrapolando el porcentaje de daño (MDR) ocasionado a los distintos tipos de estructura según las profundidades de agua alcanzadas para cada período de retorno (Tabla 5.13).

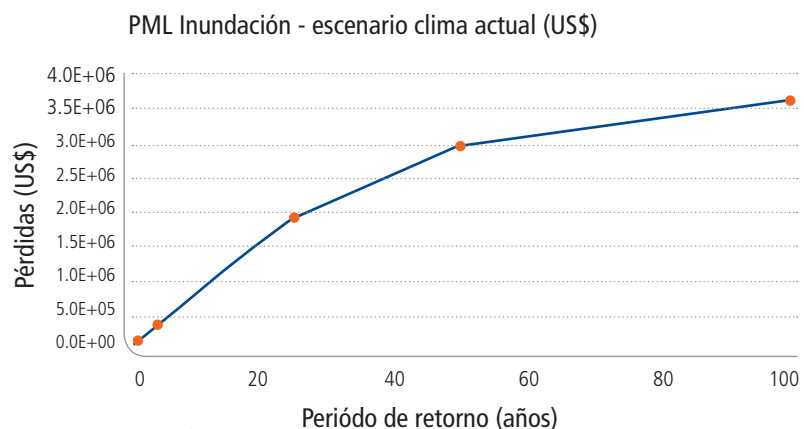
Tabla 5.13
Pérdidas económicas para cada periodo de retorno analizado para clima actual

Periodo de retorno (años)	Riesgo (US\$)	Porcentaje respecto al valor expuesto (%)
3	221.540	7,8
25	1.896.221	10,2
50	2.938.060	10,5
100	3.587.153	11,0

Fuente: IDOM (2016)

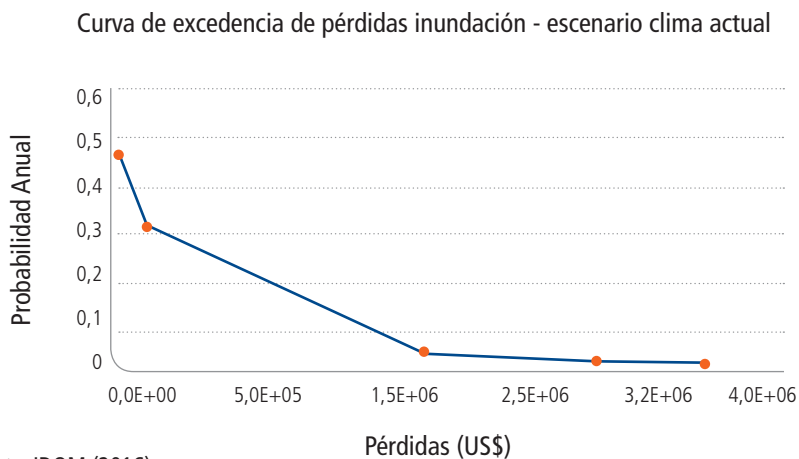
En la Figura 5.17 y Figura 5.18 se presentan la pérdida máxima esperada y curva de excedencia correspondientes a este cálculo.

Figura 5.17
Curva de PML para el escenario del clima actual



Fuente: IDOM (2016)

Figura 5.18
Curva de excedencia para el escenario del clima actual



Fuente: IDOM (2016)

La pérdida anual esperada (PAE), que se corresponde con la superficie del área bajo la curva de excedencia, se ha calculado en USD 442.747.

El mismo procedimiento se ha seguido tomando en consideración los potenciales efectos del cambio climático proyectados para la zona. Estos valores alcanzarían para el peor escenario de cambio climático en el año 2050 el valor de USD 554.000.

5.2.5.2 Viento

El proceso seguido para el cálculo de daños y costes de reparación asociados a los vientos que periódicamente se producen en la zona de estudio se basan en los mismos pasos descritos para la inundación. Si bien al final, tras considerar el resultado como excesivo, se ha optado por calibrar las curvas de vulnerabilidad seleccionadas de acuerdo a los datos de daños documentados en la plataforma DESINVENTAR para algunas de las tormentas registradas en los aproximadamente 20 años de cobertura del registro. A continuación, se describe el proceso de forma resumida.

Previo al cálculo del riesgo monetario por vientos fuertes, se ha deducido el valor expuesto de los edificios, centrado en este caso en la superficie de cubiertas y teniendo en cuenta que los daños que se pueden producir para el rango de vientos que se originan en el área de Valledupar se centra en esta parte de las edificaciones. Por otro lado, para esta amenaza, la huella de afección coincide con la huella urbana de la ciudad en su totalidad. Para este cálculo, se ha asignado a cada tipo de cubierta característico un precio de reposición estimado. En la Tabla 5.14 se presentan estos tipos de cubierta junto al coste de reposición asignado.

Tabla 5.14
Valor de reposición según tipo de cubierta

Tipo de cubierta	Valor reposición cubierta (US\$/m ²)
Forjado	60
Forjado-Placas	30
Forjado-Teja	25
Lamina de zinc (dentro y fuera Catastro)	15

Fuente: IDOM (2016)

En la Tabla 5.15 se presenta la relación entre superficie y valores expuestos de acuerdo a las superficies específicas de los cuatro tipos de cubierta características identificadas.

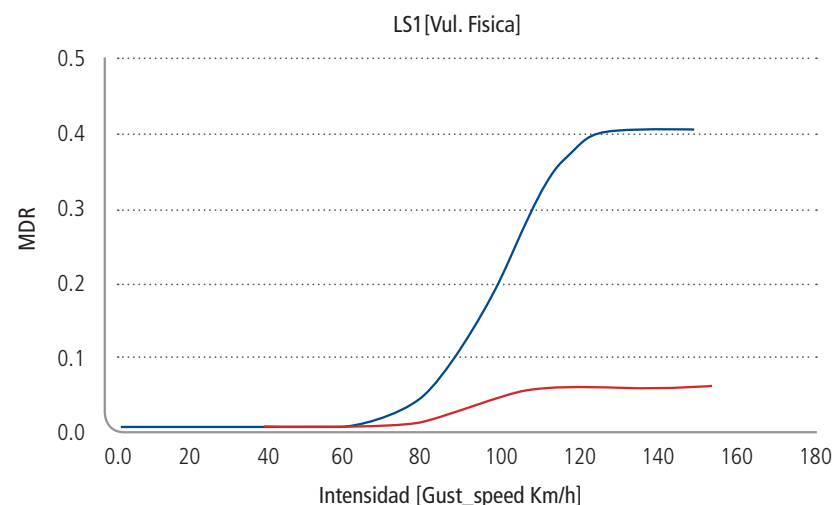
Tabla 5.15
Superficie y valor expuesto a la amenaza de vientos en Valledupar

Área	Superficie expuesta (m ²)	Valor expuesto (US\$)
Huella urbana Valledupar	7.616.962	227.998.089

Fuente: IDOM (2016)

Al igual que para la inundación, el grado de daño asociado a una intensidad de viento concreta se ha proyectado de las curvas de vulnerabilidad seleccionadas de la misma plataforma CAPRA para esta amenaza. Concretamente se eligieron tres curvas y en la gráfica se muestra una de las curvas seleccionadas, donde la curva azul representa la función de vulnerabilidad que relaciona la velocidad del viento en km/h, con el porcentaje de daño respecto al valor de reposición de la cubierta expuesta en tanto por uno. Por otro lado, la línea roja, representa la desviación estándar de los puntos utilizados en la obtención de la función de vulnerabilidad (Figura 5.19).

Figura 5.19
Curva de vulnerabilidad LS1
Cubierta ligera fachada en mampostería 1 piso



Fuente: IDOM (2016)

De acuerdo a estas curvas se ha realizado el cálculo de riesgo monetario extrapolando el porcentaje de daño (MDR) ocasionado a los distintos tipos de cubierta de acuerdo a las intensidades de viento establecidas para los cuatro periodos de retorno. Sin embargo, el resultado de este cálculo, con una pérdida anual esperada de más de 300.000 dólares, se ha considerado como excesivo de tal forma que se ha considerado oportuno, tal como se indicó en la introducción de esta sección, calibrar las curvas de acuerdo a varios valores de daño documentados en la plataforma DESINVENTAR.

Lo que llama la atención de estos datos es su relativo bajo valor. Concretamente, el daño máximo registrado en el año 1998 asciende, recalculado a precios actuales, a unos USD 15.000. Por otro lado, de acuerdo al periodo de registro cubierto en la plataforma, de unos 20 años, se ha considerado que este daño se podría asociar a un periodo de retorno de 25 años (PR25).

Por tanto, se ha buscado un ajuste a la baja de las curvas de vulnerabilidad seleccionadas, procurando inicialmente una aproximación del riesgo con PR25 hasta la cantidad indicada. Ese ajuste se encontró mediante la deducción del conjunto de grados de vulnerabilidad en dos órdenes de magnitud, de tal forma que se aplicó la misma corrección para las curvas en los otros periodos de retorno.

En la Tabla 5.16 se presentan los resultados de daños para los periodos de retorno modelizados, incluyendo el porcentaje de daño respecto al valor total expuesto.

Tabla 5.16
Pérdidas económicas para cada periodo de retorno analizado

Periodo de retorno (años)	Riesgo (US\$)	Porcentaje respecto al valor expuesto (%)
3	0	0,0
25	14.067	0,006
50	25.911	0,011
100	54.145	0,024

Fuente: IDOM (2016)

En la Figura 5.20 y Figura 5.21, se presentan la curva de pérdida máxima esperada y curva de excedencia correspondientes a este cálculo.



Figura 5.20
Curva de PML para vientos fuertes

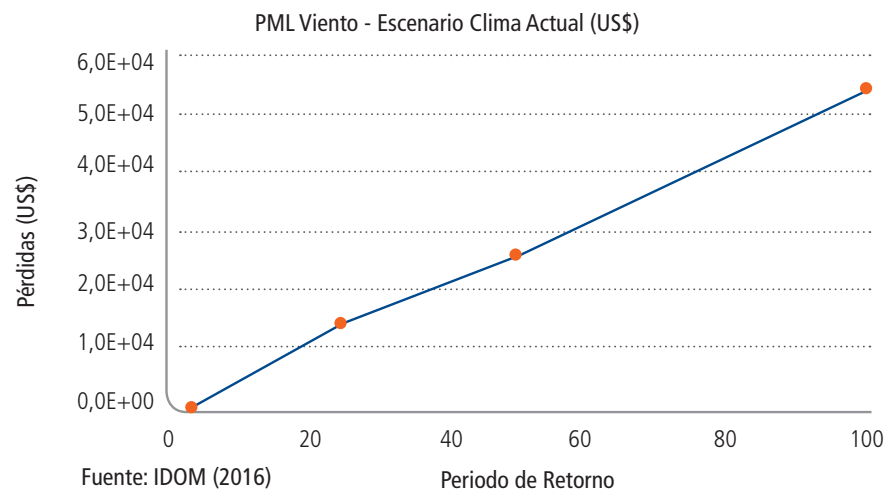
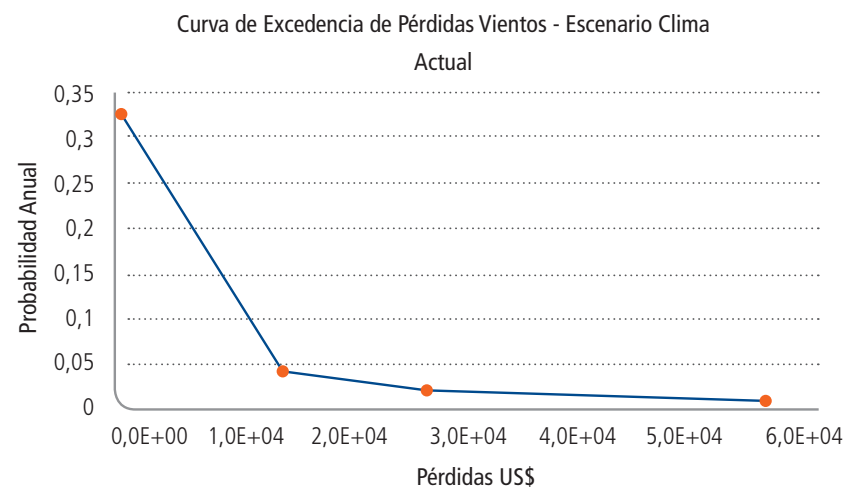


Figura 5.21
Curva de Excedencia para vientos fuertes



La pérdida anual esperada (PAE) que se corresponde con la superficie del área bajo la curva de excedencia se ha calculado en USD 3.381. Por tanto, en comparación a la amenaza de inundación, el nivel de riesgo económico sería poco significativo.

5.2.6 Medidas de mitigación

Las medidas de mitigación propuestas se dividen en medidas estructurales y no estructurales o de gestión. Las primeras conllevan obra civil con el objeto de eliminar un problema ya producido y tienen un efecto inmediato sobre él. Las actuaciones no estructurales son aquellas que necesitan una planificación previa, una visión de largo plazo y la coordinación de diferentes organismos públicos para que estas sean factibles.

Dentro de las medidas estructurales se plantean:

1. Inundación y sequía. Obra de regulación (presa).
2. Inundación. Reubicar a la población en la margen derecha del río Guatapurí.
3. Inundación y sequía. Control de las derivaciones del río.

Dentro de las no estructurales:

4. Zonificación legal del cauce.
5. Vientos extremos. Inventario de árboles.
6. Medidas de alerta temprana de avenidas.
7. Estrategias de compromiso y difusión.

5.2.6.1 Medidas estructurales

Inundaciones y sequía. Obra de regulación: presa

La obra de mitigación tendrá el doble objetivo de laminar los caudales de avenida, limitando el caudal a un valor máximo que mitigue las inundaciones y homogeneice la oferta hídrica a lo largo del año almacenando los meses de superávit.

La capacidad de almacenamiento debe ser la suma de los siguientes volúmenes:

8. Mitigar inundaciones: volumen necesario para laminar la avenida
9. Homogeneizar la oferta hídrica: volumen para suplir el déficit en los meses secos

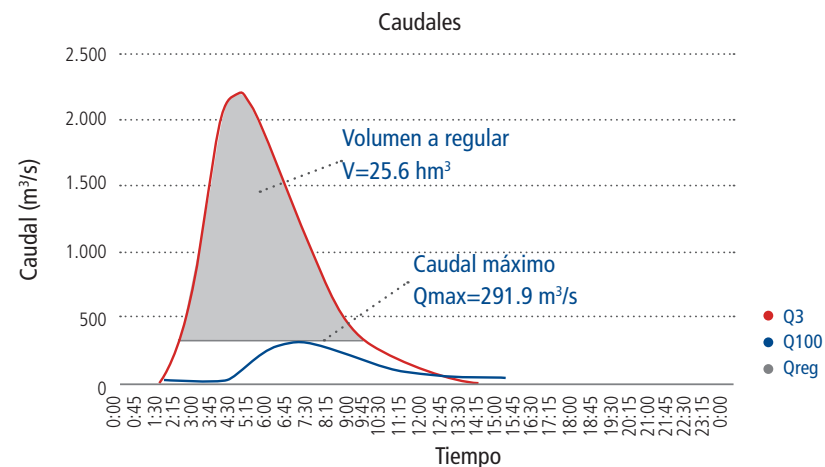
VOLUMEN PARA MITIGAR INUNDACIONES

Para la primera función, a nivel orientativo este valor es aproximadamente el máximo alcanzado en el hidrograma de tres años de periodo de retorno, que como se vio anteriormente, las afecciones que provoca son prácticamente nulas.

En la Figura 5.22 se representa en rojo el caudal a laminar, correspondiente a la avenida para 100 años de periodo de retorno y el caudal laminado, regulado por la hipotética presa, limitado al caudal máximo sin afección. La diferencia entre ambos hidrogramas, es el volumen que es necesario almacenar.

Esto es un esquema, el caudal real de salida dependerá de la estructura de alivio diseñada en la obra de regulación cuyo hidrograma no tendrá la forma aquí representada, pero es suficientemente válido como primera aproximación. Con esto se obtiene un volumen aproximado de 25.6 hm³ que sería necesario almacenar en la obra de regulación proyectada desde el punto de vista de la amenaza de inundación, sin considerar otros componentes como el de la mitigación de la sequía que se verá más adelante y que será un volumen a añadir a este.

Figura 5.22
Caudal de avenida en rojo (100 años), caudal sin afección (3 años) en azul y caudal regulado en gris.

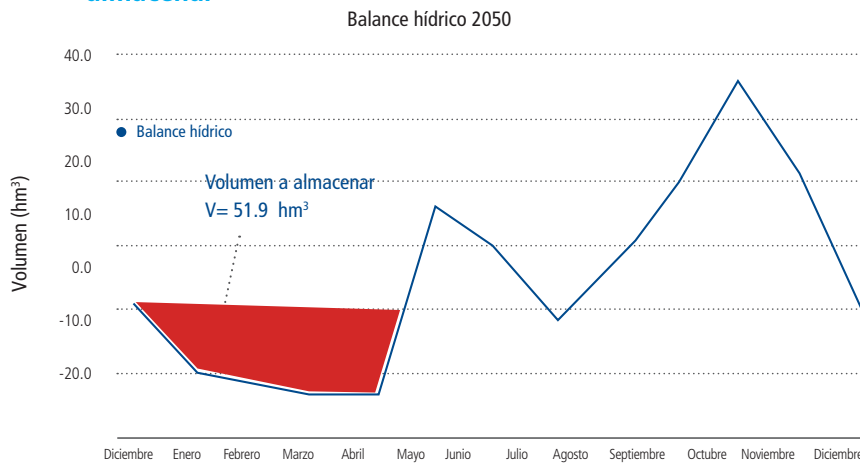


Fuente: IDOM (2016)

VOLUMEN PARA MITIGAR ESCASEZ:

El balance hídrico es muy heterogéneo a lo largo del año, por lo que se hace necesario almacenar agua en los meses de superávit para poder suplir todas las demandas, incluida la ecológica, en los meses más secos. En la Figura 5.23, se muestra el balance hídrico y el volumen necesario a almacenar teniendo en cuenta el incremento poblacional esperado para el año 2050.

Figura 5.23.
Balance hídrico en un año de oferta media y volumen total a almacenar



Fuente: IDOM (2016)

VOLUMEN TOTAL NECESARIO EN LA OBRA DE REGULACIÓN

El volumen total a almacenar es la suma del volumen necesario para mitigar inundaciones y el necesario para suplir el déficit hídrico de los meses más secos. Esto hace un volumen de $25,6 \text{ hm}^3 + 51,9 \text{ hm}^3 = 77,5 \text{ hm}^3$.

Este volumen se puede reducir con dos actuaciones:

1. Reubicar los usos más vulnerables a las inundaciones, tal y como se detalla en la siguiente actuación estructural, lo cual permitirá aumentar el caudal punta admisible de aguas debajo de la presa.
2. Los $51,9 \text{ hm}^3$ correspondiente a la mitigación de la sequía es necesario que estén disponibles al principio de enero, que es

cuando comienza la época seca. Las mayores lluvias históricas se han dado en los meses de junio a octubre; se trataría mantener el embalse con al menos $25,6 \text{ hm}^3$ libres hasta final de octubre. No obstante, esto solamente es admisible si se lleva a cabo la actuación correspondiente a mover a la población ya que el riesgo de que la avenida suceda en otro mes es inadmisibles.

Con esto, el volumen necesario estaría entre 52 y 60 hm^3 junto con la actuación correspondiente a reubicar a la población afectada. Si esta no se realizase sería necesario superar los $71,5 \text{ hm}^3$ en la regulación. No reubicar a la población tendría otros costes no económicos como el medioambiental y el urbanístico.

Por otro lado, los estudios existentes proponen la ubicación del embalse de Los Besotes sobre el arroyo Capitanejo, afluente del Guatapurí. Si no fuera viable la ubicación de la presa sobre el cauce principal, no se podría contar con esta para la mitigación de la inundación ya que este arroyo tiene poco peso en las inundaciones con una cuenca asociada de aproximadamente el 3% de la cuenca del Guatapurí y un 5% aproximadamente del aporte del caudal en la confluencia, lo que haría imprescindible reubicar a la población.

Inundaciones. Reubicar a la población afectada

Los barrios subnormales Pescaíto, La Esperanza, 11 de Noviembre, Nueva Colombia y 9 de Marzo, se ven afectados por crecidas de frecuencia alta, algo mayor a los tres años de periodo de retorno, sufriendo gran afección para 25 años.

La mejor opción desde el punto de vista medioambiental y urbanístico, es recolocar a la población afectada, esto debe realizarse teniendo en cuenta más factores que el del número de viviendas a reubicar. La reubicación rompe la relación de los pobladores entre sí, con su barrio y sus vecinos, para crear un hábitat nuevo en un contexto que puede ser totalmente diferente. La reubicación debe plantear programas integrales que eliminen completamente los riesgos, que consoliden la relación de la comunidad con su territorio y su ambiente, y que manejen el impacto del desarraigo, del alejamiento y del desconcierto.

Figura 5.24

Distintos usos en la zona inundable para 100 años de periodo de retorno en la margen derecha del río Guatapurí



Fuente: IDOM (2016)

Una vez reubicada a la población afectada, ¿qué pasaría con el barrio actual? Es necesario dismantelar los activos incompatibles con la inundación, especialmente las viviendas, para evitar que se vuelvan a ocupar. Sin embargo, hay ciertos usos que deben mantenerse y potenciarse. La zona debe ser un lugar de esparcimiento y de recreo, un espacio público accesible a toda la población.

En la Figura 5.24 se aprecia el uso residencial a reubicar, uso muy vulnerable desde el punto de vista social, físico y económico, así como el uso deportivo, compatible con la inundación no recurrente, poco vulnerable, pudiendo entrar en servicio con un bajo coste de reparación tras el paso de la avenida.

Sequía e inundaciones. Control de las derivaciones del Guatapurí

Se debe tener en cuenta que las inundaciones presentadas en los barrios subnormales no solamente se originan por las crecientes del río Guatapurí directamente, sino por la acequia que los atraviesa y cuya captación en la parte alta a la altura de Cicolac carece de compuertas mecánicas para su control y operación en el momento de una creciente (Figura 5.25).

Este mismo problema se da en la acequia de Las Mercedes (Figura 5.26 y Figura 5.27). Esta dispone de compuerta mecánica en la toma, sin embargo no se efectúa ningún control sobre la misma, de forma que cuando la altura de la lámina del río es mayor, el caudal que entra en el canal también lo es, produciéndose desbordamientos en la acequia en los momentos de crecida del río Guatapurí. El control de esta compuerta debe responder a la mitigación de la amenaza de inundaciones, pero estará fijado por la mitigación de la amenaza de sequía.

En general, las derivaciones en el Guatapurí no tienen ningún tipo de control, siendo estas en lámina libre sin compuerta, por lo que independientemente del caudal asignado a cada una de ellas, éste dependerá de la profundidad que lleve el Guatapurí en cada momento.

Figura 5.25

Acequia en la margen derecha del Guatapurí entre el río y los barrios informales



Fuente: IDOM (2016)

Figura 5.26

Acequia de Las Mercedes ya canalizada a su paso por el barrio de La Ceiba



Fuente: IDOM (2016)

Figura 5.27

Compuerta en la derivación de la acequia de Las Mercedes



Fuente: IDOM (2016)

5.2.6.2 Medidas no estructurales

Zonificación legal de las márgenes del río Guatapurí

En las zonas de ribera que aún no están desarrolladas se debe ordenar de manera racional el uso del territorio de forma que las áreas más expuestas a las inundaciones se destinen a actividades en las que los daños potenciales no sean muy importantes. Esta ordenación se puede hacer de forma directa y definitiva mediante la prohibición de implantar determinados usos, o en forma indirecta obligando para permitir el emplazamiento de las instalaciones correspondientes a disponer determinadas protecciones e imponiendo unos coeficientes de seguridad y determinadas peculiaridades en la construcción de edificios que, en cualquier caso, minimicen los peligros y daños potenciales.

Atendiendo a las leyes y reglamentaciones aplicables en el municipio, se definen las siguientes zonas de protección, conservación y precaución:

1. Cauce natural: es el terreno cubierto por la aguas en las máximas crecidas ordinarias. Se considera como caudal en la máxima crecida ordinaria la media de las máximas caudales anuales, en su régimen natural o el caudal para un periodo de retorno de 2.33 años si el ajuste estadístico de los datos se ha realizado mediante la Ley de Gumbel. Dominio de la Unión.
2. Se entiende por márgenes, los terrenos que lindan con los cauces. Se considera igualmente dominio público la superficie anexa al cauce, 30 metros medidos desde éste. Dominio de la Unión.
3. La zona de restricción se identifica con las zonas que pueden ser alcanzados por la inundación con una probabilidad muy baja, estableciéndose con la zona inundable para 100 años de periodo de retorno.

Medidas de alerta temprana de inundaciones

Se debe establecer un sistema de alertas en el río Guatapurí para avisar a la población en caso de presentarse una creciente súbita. Para ello se debe activar el comité local de emergencias y establecer protocolos que la población ribereña conozca, tal y

como propuso el IDEAM, en su Informe técnico para la elaboración del mapa de amenazas por inundación en el área urbana de Valledupar.

Ese informe también indica que se debe instalar una estación hidrológica automática que esté reportando la información de niveles en tiempo real y que podría estar ubicada en sitios donde ya existen estaciones hidrológicas convencionales como en Hacienda Ariguaní o en la estación El Reposo, localizadas aguas arriba del Puente de Hurtado y utilizadas en el presente documento para calibrar el estudio hidrológico y para el estudio del balance hídrico de la cuenca.

Vientos extremos. Inventario de árboles

Los vientos extremos en Valledupar no superan los contemplados en la NSR-10, capítulo B.6 "Fuerzas de viento", siendo para Valledupar de hasta 28 m/s, superior al viento correspondiente a 100 años de periodo de retorno obtenido con la serie histórica de 44 años de la estación Aeropuerto Alfonso López.

Los principales problemas se dan por la caída de elementos no estructurales mal amarrados o en mal estado de mantenimiento, así como por la caída de ramas de árboles sobre vehículos y demás objetos situados bajo ellos, tal como se observa en la Figura 5.28. Por ello es fundamental realizar un inventario de todos los árboles que hay en el municipio en el que aparezcan sus características y su estado actual para poder planificar podas preventivas.



Figura 5.28

Árbol caído sobre un vehículo a consecuencia de los fuertes vientos. Junio 2015



Fuente: IDOM (2016)

Implementación de estrategias de difusión y compromiso

El proceso de comunicación en la gestión de riesgo de desastre, visto desde la óptica en la que no solamente es necesario informar a la población sino también formarla, es dinámico, intersectorial, interinstitucional e interdisciplinario. Este trabajo requiere de una estrecha interrelación y coordinación entre todos los actores que son parte del proceso para lograr una estrategia efectiva de comunicación para la reducción de los riesgos a todo nivel. Es necesario hacer de la comunicación una herramienta para la educación y multiplicación del trabajo en prevención.

Entre los beneficios que se pueden obtener de una estrategia de comunicación están los siguientes:

- Identificar las necesidades de información existentes en las comunidades ubicadas en zonas de riesgo y orientar los mensajes hacia fines preventivos.
- Promover en las comunidades la apropiación de la información y generar un proceso mediante el cual sus miembros identifiquen su vulnerabilidad y las opciones para hacer gestión preventiva.

Aprovechar los recursos existentes para distribuir mensajes preventivos.

5.3

ESTUDIO DE CRECIMIENTO URBANO

5.3.1 Diagnóstico

5.3.1.1 Características de la huella urbana actual

El plano más antiguo de Valledupar corresponde al año 1578. En este plano se aprecia la extensión del trazado del manzanario fundacional, conformado por ocho cuadras, o sea 10.9 ha. Estas permanecen en la actualidad y hacen parte del Centro Histórico de la ciudad, declarado bien de interés cultural del ámbito nacional.

El crecimiento de Valledupar en los siguientes cuatro siglos, es de tan solo 167 ha. Por el contrario, en los siguientes 45 años, la huella urbana aumenta 1.684 ha, multiplicándose por 10 en tan solo cuatro décadas. La población de Valledupar empieza a aumentar significativamente a partir del 1940, antes de esto su crecimiento tanto demográfico como de su huella urbana es desacelerado, debido a su ubicación aislada en el territorio colombiano. La ciudad empieza a crecer hacia el costado suroeste del río Guatapurí, elemento que rige desde el origen hasta hoy, hacia donde se desarrollaría la ciudad.

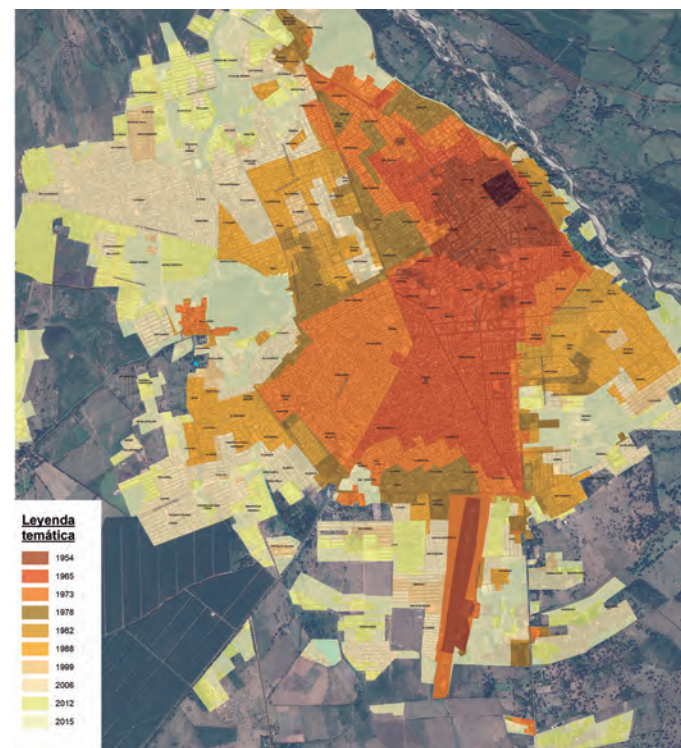
Hacia 1960, la escasez de vivienda en el municipio genera las primeras urbanizaciones piratas, en donde se crean barrios como el Primero de Mayo. En el año 1965, la tendencia del crecimiento comienza a ser hacia el sur, claramente jalonado por la localización del aeropuerto y la falta de barrera naturales a este costado de la ciudad.

Entre 1988 y 1999, la densidad de la ciudad aumenta notablemente. Esto se explica por el fenómeno de desplazamiento forzoso, consecuencia del conflicto armado. La necesidad de nuevo suelo para esta población vulnerable, empieza a generar asentamientos informales al costado occidental de la acequia Las Mercedes y al margen derecho del río Guatapurí. Estos desarrollos informales, se dan desarticulado de la malla vial de la ciudad sin ningún tipo de continuidad o planeación.

Entre 2012 con 3.046 ha y 2015 con 3.762 ha, la ciudad trata de mantenerse compacta y la buena planeación evita que la huella se desconfigure aún más, llenando la mayoría de los vacíos existentes.

Sin embargo, para este periodo comienza el programa de Viviendas Gratuitas del Gobierno Nacional. Estos proyectos se localizan al suroccidente del aeropuerto, completamente segregados tanto espacial como socialmente (Figura 5.29).

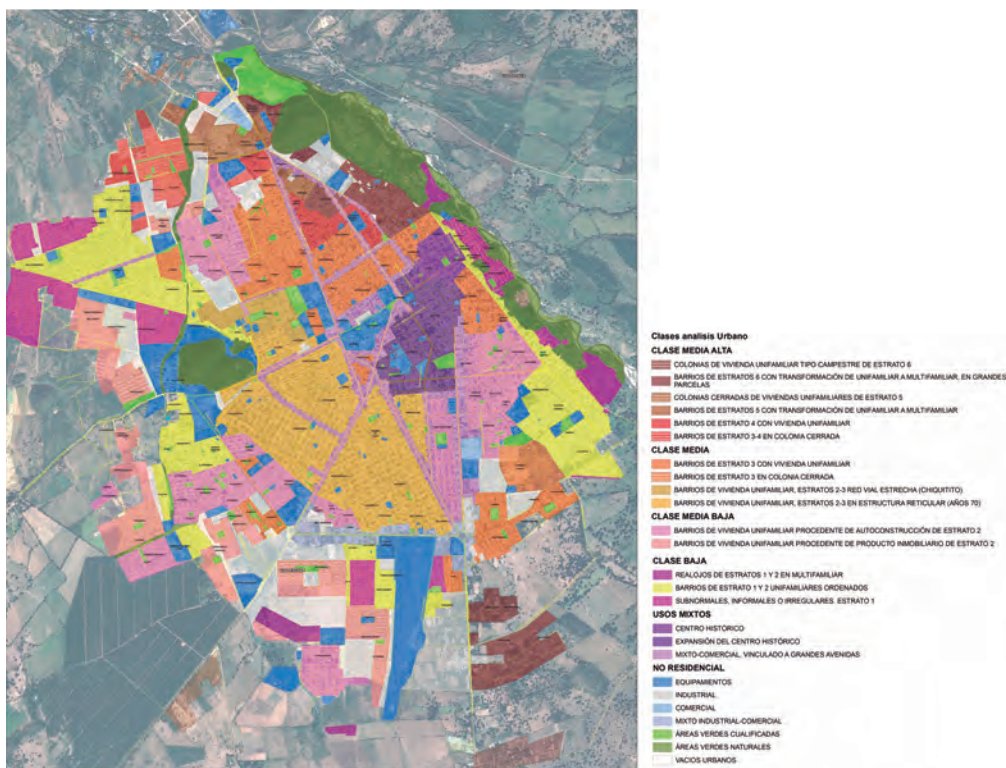
Figura 5.29
Crecimiento de la huella urbana para los años disponibles



Fuente: IDOM (2016)

Para el análisis espacial del crecimiento se plantea una división del territorio o sectorización de la huella por “clases de análisis homogéneas” (Figura 5.30). Este análisis, se usa en el diagnóstico y en el diseño de escenarios, considerando la proyección de las clases o segmentos en el futuro, la tendencia o una renovación y/o reordenamiento de algunas en los escenarios óptimo e intermedio o de consenso, en el caso de que ello proceda.

Figura 5.30
Plano zonas homogéneas



Fuente: IDOM (2016)

Aquí vemos las primeras conclusiones sobre las características de la huella urbana actual, en donde encontramos una ciudad con una baja mezcla de usos del suelo y un déficit importante de zonas verdes, principalmente en los estratos bajos, una tendencia de crecimiento a través de conjuntos cerrados en todos los niveles socioeconómicos y una alta segregación social en donde los estratos menos favorecidos se han localizado a través de los años en la periferia de la ciudad y los de mayor poder adquisitivo se ubican en los anillos más cercanos al centro de la ciudad, con unas características urbanas de mayor calidad que aquellas de los barrios de estratos bajos.

Encontramos que la clase media alta, representa el 14% del uso residencial y ocupa el 9% de la huella urbana. Se localiza principalmente en el norte de la ciudad y en algunas zonas al sur dentro de conjuntos de viviendas campestres. Las clases medias de Valledupar, se localizan en su mayoría dentro del primer círculo predominantemente residencial según aumenta la distancia desde el centro histórico y el centro económico, ocupando el 20% de la huella urbana y representando el 33% del uso residencial.

La clase media baja, se compone de barrios de estrato 2, algunos de crecimiento progresivo y otros, procedentes de un producto inmobiliario planificado. Esta clase ocupa el 16% de la huella urbana y representa el 26% del uso residencial. Se localiza al sur y al occidente de la ciudad, principalmente en la periferia del casco urbano. Son barrios con un porcentaje de su huella aún en construcción.

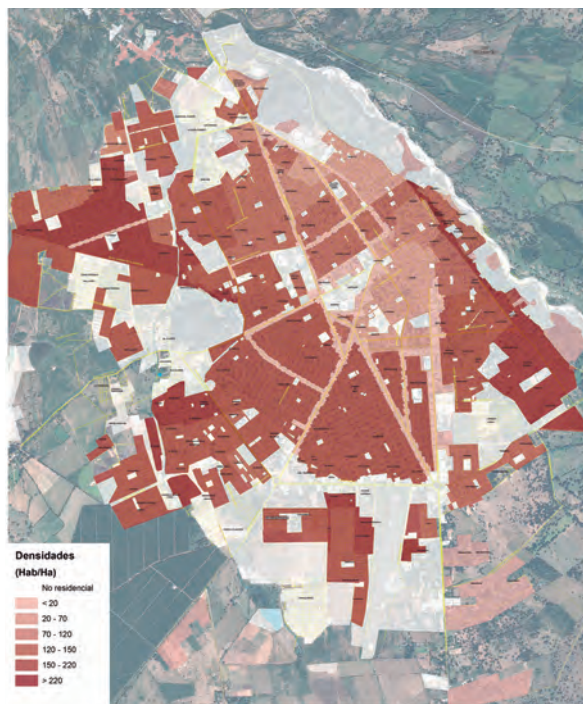
Las clases consideradas en el nivel socioeconómico bajo, son las más extensas y aglutinan casi el 40% de la población. Se distribuyen en las zonas más alejadas del centro urbano de Valledupar.

5.3.1.2 Aspectos claves del diagnóstico

Al analizar a profundidad la ciudad, se concluye que los aspectos más representativos para estudiar en detalle, son la densidad, la segregación social, los asentamientos subnormales en la periferia de la ciudad y en la margen derecha del río Guatapurí, la desarticulación de la ciudad en las nuevas zonas de expansión, la presencia de algunos vacíos urbanos en la mayoría de las comunas y el déficit de zonas verdes y espacio público.

Densidad: la densidad urbana de Valledupar es similar a la media de otras ciudades internacionales y es algo superior en comparación con otras ciudades de la CES (Ciudades Emergentes y Sostenibles), caracterizada por ser una ciudad compacta, con un buen nivel de consolidación, con menor presencia de vacíos urbanos, edificios abandonados y desocupados; todo ello, a pesar que la predominancia de tipología de vivienda es unifamiliar (Figura 5.31).

Figura 5.31
Distribución de densidad según clases de análisis



Fuente: IDOM (2016)

La densidad bruta de Valledupar es de 99,5 hab/ha, ocupando el número tres, entre catorce ciudades estudiadas, estando por encima de la media de las ciudades.

Por otro lado, la densidad neta es de 147 hab/ha, que está por encima de la media de las ciudades de la CES. La densidad neta construida es de 43 viviendas/ha.

Además, la densidad normalmente no se distribuye de forma homogénea en la ciudad. Por lo tanto, además del análisis global de la densidad, interesa también una lectura espacial.

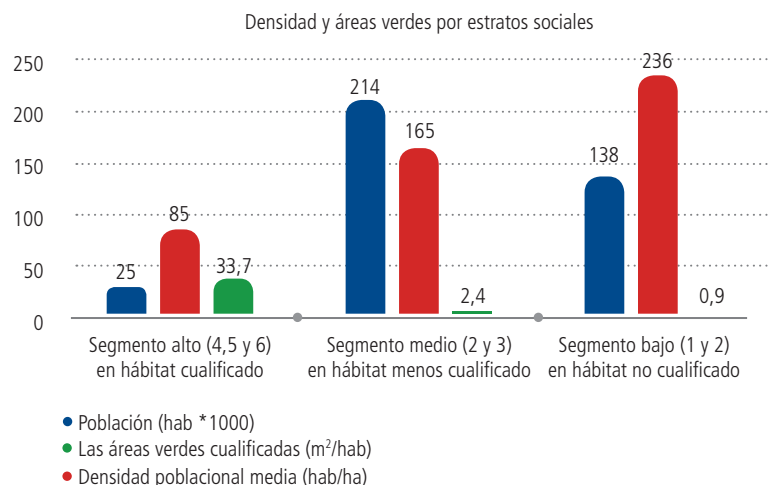
Exceptuando las áreas mixtas, que obviamente presentan una menor densidad ya que en las mismas existe predominancia de otros usos diferentes a los residenciales y el segmento social alto (4, 5 y 6), que es menos representativo en la ciudad, debido a que son 25.000 habitantes ubicados en 294 ha, con una densidad neta de 85 hab/ha, por debajo de los 147 de media de la ciudad, Valledupar presenta una distribución de la densidad relativamente homogénea. El resto de segmentos (1, 2 y 3), indican densidades por encima de la media, entre 159 y 236 hab/ha, y acogen la mayoría de población de la ciudad.

Segregación socio-espacial: Valledupar es una ciudad que presenta síntomas de injusticia y segregación social (Figura 5.32); una de las causas principales es la estratificación socioeconómica. Esta división espacial del territorio, ha condicionado el desarrollo de la ciudad según el estrato, donde los más pobres deben ubicarse es la periferia, en sectores de bajas calidades urbanas o en zonas de alto riesgo y los más ricos en las mejores zonas de la ciudad. Esto genera abismos cada vez más grandes entre una clase social y otra, haciendo más difícil acabar la desigualdad que comprende todo el territorio colombiano.

Existen unos 138.000 habitantes que se encuentran en estratos 1 y 2 y un hábitat menos cualificado, lo que corresponde al 36% de la población urbana, de los cuales unos 30.000, es decir el 8% de la población urbana, están en asentamientos subnormales. Estas áreas se caracterizan por estar en la periferia, conformando importantes sectores de la ciudad, algunos cercanos a los guetos, así como por la baja dotación de espacio público con menos de 0,9 m²/hab, cuando la media de la ciudad es de 2,9 y una densidad muy alta y consolidada de 236 hab/ha para el segmento bajo y algo menos, para los subnormales con 149 hab/ha, ya que hay una menor consolidación.

Figura 5.32

Densidad y áreas verdes por estratos sociales



Fuente: IDOM (2016)

Una de las consecuencias de esta segregación socio-espacial son los asentamientos subnormales en la periferia de la ciudad y en la margen derecha del río Guatapurí. Valledupar es un importante receptor de población desplazada y esto sumando al déficit de vivienda para los estratos menos favorecidos, ha impulsado el desarrollo de asentamientos informales a lo largo de los años. La falta de proyectos VIS (Vivienda de Interés Social) y VIP (Vivienda de Interés Prioritario) subsidiados por el Estado promueve estos desarrollos, que terminan generando sobrecostos para la ciudad, barrios con bajas condiciones de habitabilidad y un alto índice de vulnerabilidad.

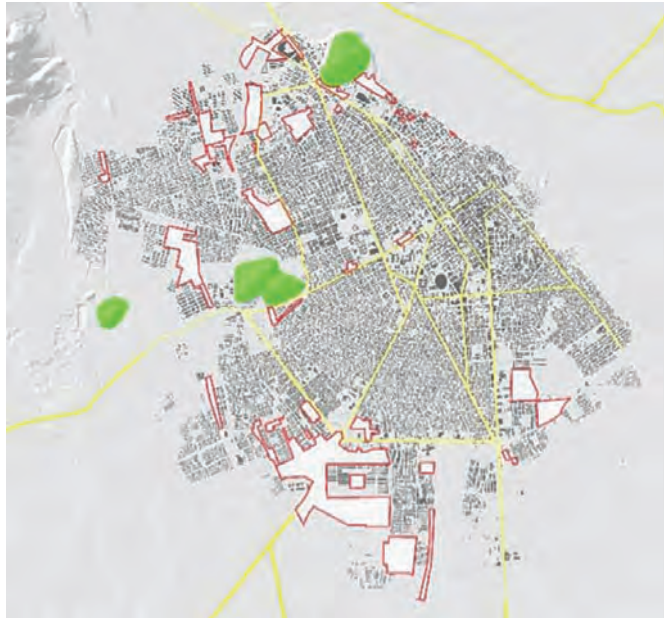
Desarticulación de la ciudad en las nuevas zonas de expansión: a pesar de ser una ciudad relativamente compacta y con un límite urbano bien definido, Valledupar presenta una descontextualización de los nuevos desarrollos hacia la periferia de la ciudad.



A raíz de la falta de control y bajo nivel de respuesta por parte de la administración, la ciudad con el paso del tiempo fue buscando espacios para suplir las necesidades de vivienda. Esta suma de factores permitió que los urbanizadores piratas, en conjunto con la población más vulnerable, generaran barrios ilegales y de invasión sin ningún tipo de infraestructura, desarticulados de la ciudad y en zonas de alto riesgo. También se han venido desarrollando en los últimos años conjuntos de vivienda de interés prioritario bajo la iniciativa de viviendas gratis del Gobierno, la cuales se encuentran completamente segregados tanto espacial como socialmente y serán un problema en el futuro próximo de la ciudad.

Vacios urbanos: la expansión no planificada asociada a la necesidad de tierra de fácil desarrollo que cubre el déficit de vivienda, ha generado múltiples vacíos dentro de la huella urbana. En algunos casos, son territorios carentes de edificaciones, pero completamente rodeados de zonas edificadas, por lo que su vocación queda vinculada a las dinámicas urbanas. En total, se consideran cerca de 275 ha de suelos vacantes en la ciudad y se localizan en forma dispersa, heterogénea e irregular, predominando algunos sectores en la periferia, principalmente en las comunas 2, 3, 4 y 5 (Figura 5.33).

Figura 5.33
Localización vacíos dentro de la huella urbana



Fuente: IDOM (2016)

Áreas verdes y espacio público: el entorno de la ciudad de Valledupar es privilegiado. Se ubica en el valle del río Cesar, entre la Sierra Nevada de Santa Marta y la Serranía del Perijá, en un sistema de ciudades binacional, lo que le confiere un entorno de gran valor productivo, ecológico y paisajístico. No obstante, como se observa en la Figura 5.34, la dotación de áreas verdes y espacio público en la ciudad es deficitaria y en este capítulo se describe en detalle la situación.

La dotación de áreas verdes totales en Valledupar es de 11 m²/hab, lo que se corresponde con un valor medio, en comparación con otras ciudades CES (Ciudades Emergentes y Sostenibles). Este valor se divide en una dotación de áreas verdes cualificadas de 2.9 m²/hab, lo que representa un valor muy bajo para los estándares colombianos e internacionales y no cualificadas de 8.1 m²/hab. Estas áreas no cualificadas, se corresponden con importantes parajes naturales forestados en la ciudad, pero que

no se constituyen como espacios de esparcimiento y uso público de los valduparenses. En conclusión, la dotación de espacio público en Valledupar es baja, con un valor de 3,5 m²/hab.

Figura 5.34
Vista de las áreas verdes consideradas



Fuente: IDOM (2016)

■ ÁREAS VERDES CUALIFICADAS
■ ÁREAS VERDES NATURALES

5.3.2 Escenarios de crecimiento urbano

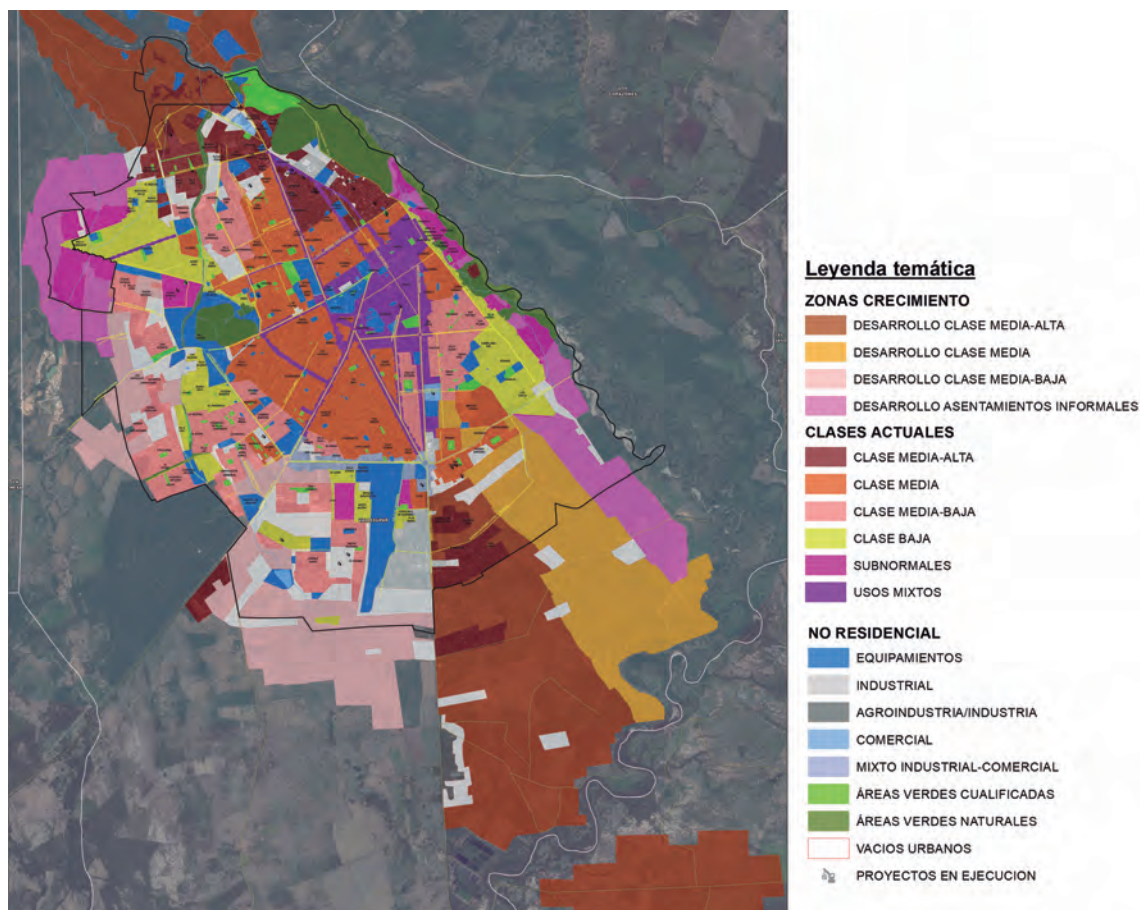
Luego de realizar los distintos análisis multisectoriales y obtener un diagnóstico claro de la situación actual, se procede al diseño de los escenarios de crecimiento urbano. El primer paso es establecer los criterios para el desarrollo futuro de Valledupar, se dividen en dos categorías para los tres escenarios:

- Consolidación y densificación de la huella urbana actual.
- Nuevas zonas de desarrollo.

En primera medida, se calcula cuanta población ocuparía las zonas dentro del perímetro urbano actual, luego cuanta población entrará en las zonas de expansión y de desarrollo propuestas por el POT y finalmente, se estima cuanta población requerirá aún más suelo nuevo en estos horizontes temporales.

Escenario tendencial: como se observa en la Figura 5.35, se pronostica un proceso de densificación muy limitado por el alto costo del suelo urbano y la baja tendencia al desarrollo integral y planificado del suelo de expansión y rural. Se pronostica un crecimiento explosivo de la huella urbana y una baja en las densidades construidas y de población. La huella urbana crecería 106% en el período 2014-2050, llegando a casi 7.9 km², comparados con los actuales 3,8 km²).

Figura 5.35
Escenario tendencial mapa
de escenario horizonte 2050

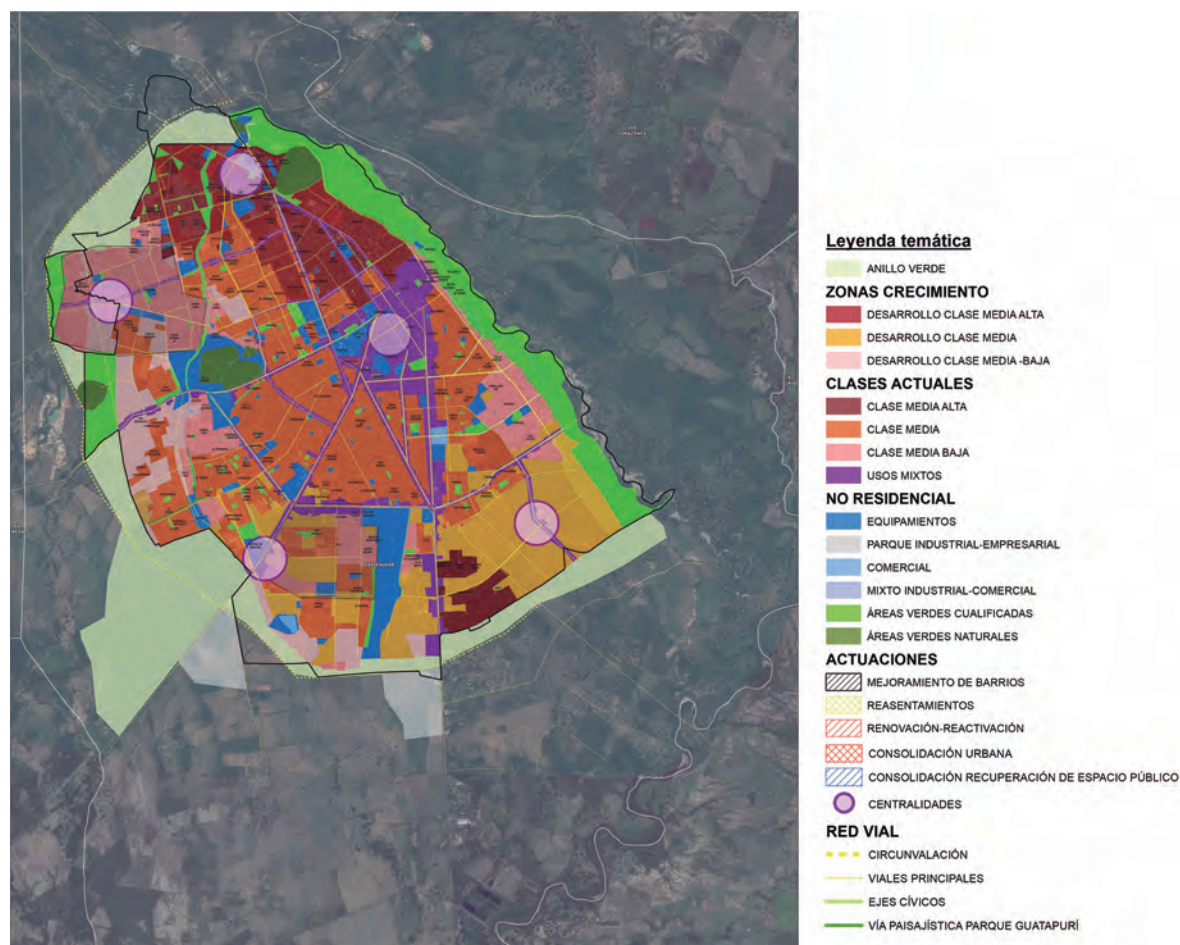


Fuente: IDOM (2016)

Escenario óptimo: según la Figura 5.36, se proyecta un fuerte proceso de consolidación, renovación urbana y densificación, principalmente en las comunas 5 y 6: relocalización de la población ubicada en la margen derecha del río Guatapurí, mejoramiento de barrios en el entorno de Bello Horizonte y al costado occidental del aeropuerto, ampliación de los usos mixtos asociados a la malla vial principal, creación de cuatro nuevas centralidades en la periferia de la ciudad y traslado de la industria fuera del perímetro urbano.

Se plantea un anillo verde de contención al occidente de la ciudad, conectándose tanto al sur como al norte con el parque lineal del río Guatapurí, paralelo a la circunvalar propuesta. De igual forma, se incorporarán nuevas áreas verdes y algunos ejes cívicos que las conectan. La huella urbana crece de modo planificado en zonas sin limitantes para el crecimiento. La huella crecería un 28%, llegando a 4.9 km² el 2050.

Figura 5.36
Escenario óptimo
mapa de escenario
horizonte 2050



Fuente: IDOM (2016)

Escenario intermedio: corresponde a un escenario factible de implementar, basado en los mismos objetivos y propuestas urbanas planteadas en el escenario óptimo, pero incorporando variables de dificultad de disponibilidad de recursos, tendencias inmobiliarias y limitantes burocráticos. El crecimiento en este escenario, buscará también la mayor consolidación posible de la huella urbana actual y un crecimiento planificado en las nuevas zonas de expansión del POT, modificando un poco su geometría al sur de la ciudad y manteniendo concentrando la industria al sur del aeropuerto. La huella urbana crecería 53% respecto a la huella urbana actual, llegando a los 5.9 km² el año 2050 (Figura 5.37).

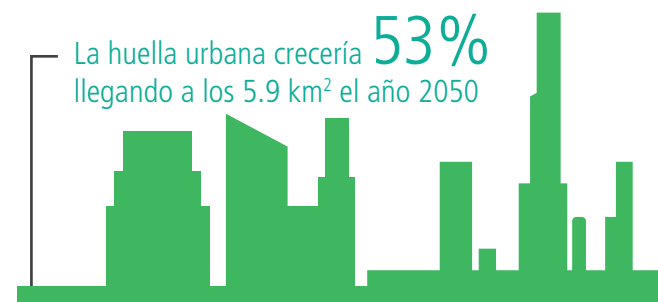
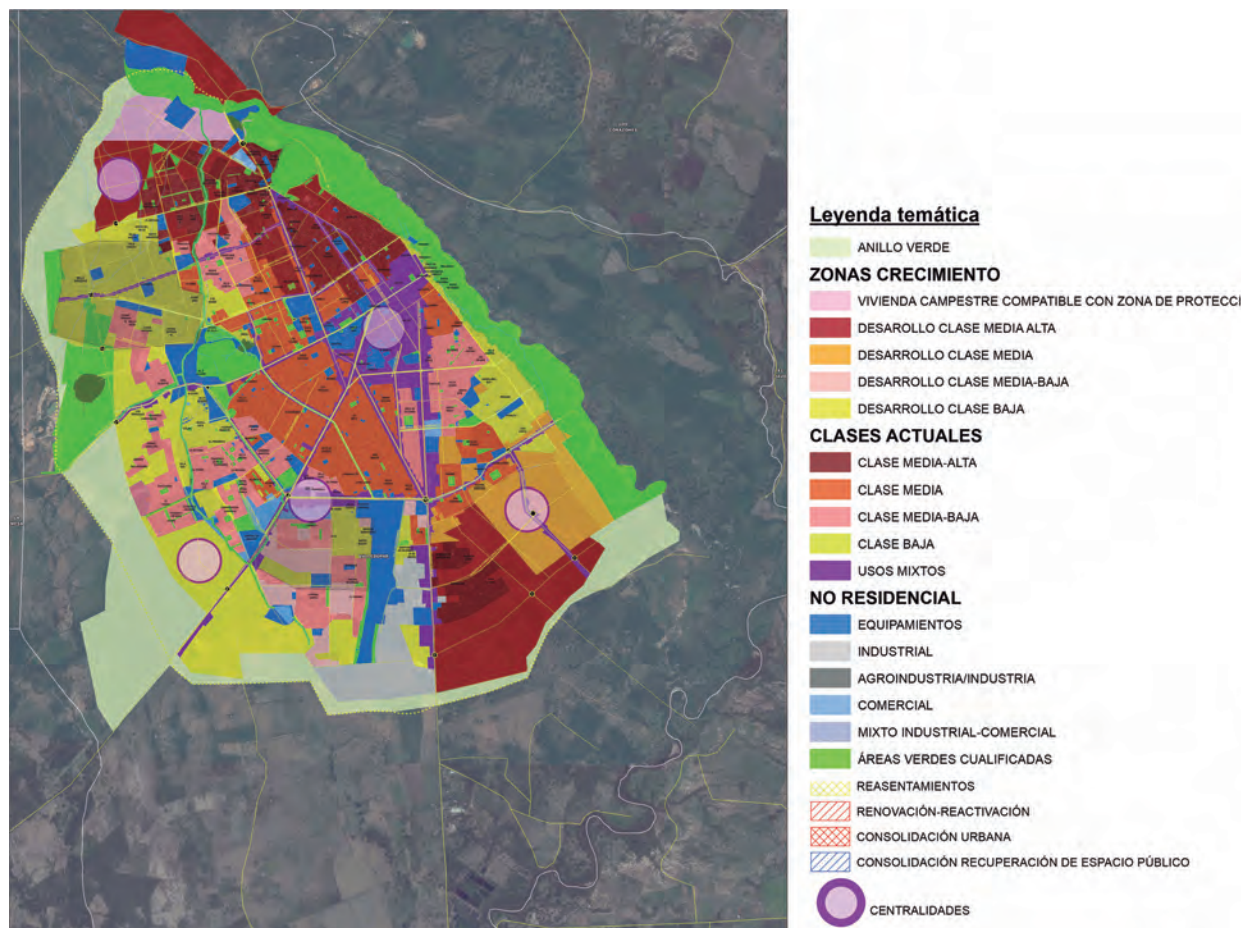


Figura 5.37
Escenario intermedio
mapa de escenario
horizonte 2050.



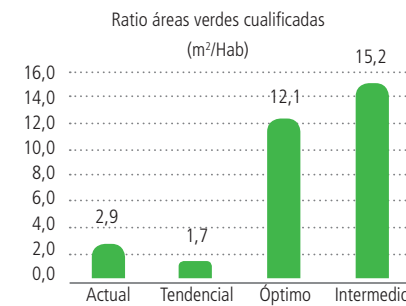
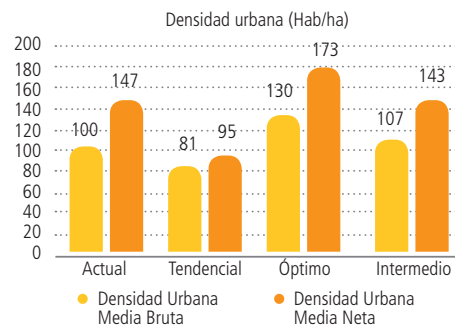
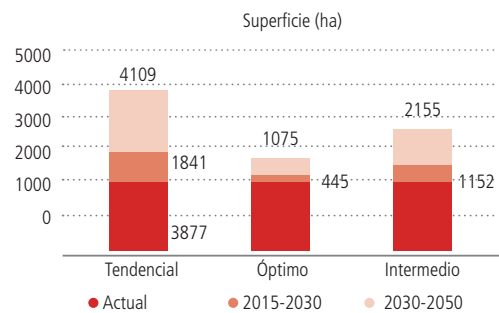
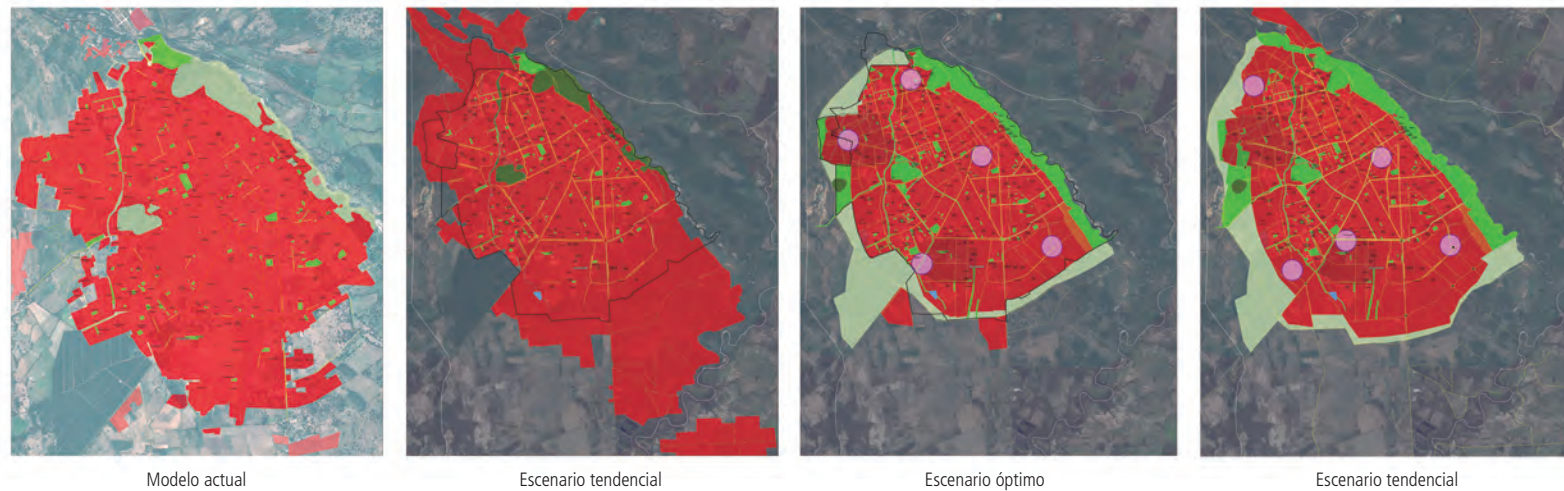
Fuente: IDOM (2016)

Comparación entre escenarios de crecimiento

En la Figura 5.38, se presentan los comparativos entre los escenarios de crecimiento:

Figura 5.38

Comparativo entre escenarios de crecimiento



Fuente: IDOM (2016)

5.3.3 Hoja de ruta para el crecimiento urbano sostenible

5.3.3.1 Recomendaciones generales

El presente módulo es parte de los estudios base para el desarrollo del Plan de Acción de Valledupar. Es por esta razón que, como parte de las conclusiones finales del módulo, se incluyen algunas recomendaciones para el desarrollo de propuestas del plan de acción.

Estas recomendaciones están orientadas a poder cumplir con los objetivos trazados para los escenarios óptimo e intermedio diseñados.

A continuación. Se enumeran algunas recomendaciones de actuación priorizada, de cara a lograr un crecimiento sostenible en las próximas décadas para la ciudad de Valledupar. Estas deben ser consideradas tanto en futuros instrumentos de planificación como en estudios y obras a realizar en la ciudad.

5.3.3.2 Recomendaciones específicas

Aumentar el espacio público y generar una infraestructura verde metropolitana

Para aumentar el índice de espacio público por habitante de manera homogénea en todo el territorio, se plantean las siguientes intervenciones que se complementan entre sí. Estas pueden observarse en la Figura 5.39.

Parque lineal del río Guatapurí: aunque el POT propone suplir el déficit de espacio público del casco urbano a través de este parque de aproximadamente 170 ha, es importante contemplar otras intervenciones urbanas que ayuden a aumentar el índice de espacio público por habitante. El parque lineal, se puede repartir en zonas de intervención, dependiendo de su ubicación y de situación

ambiental y jurídica. Pretender suplir este déficit solamente con la construcción de este parque es muy ambicioso y puede ser un proyecto a muy largo plazo.

Para el diseño de este parque de escala metropolitana se plantea lo siguiente:

- Concentrar la recreación activa en dos grandes zonas que por sus características puedan tener este tipo de uso.
- Desarrollar otras zonas del parque con proyectos de recreación pasiva como senderos ecológicos, playas y terrazas para bañarse y contemplar el río.
- Interconectar los sectores seleccionados con ciclorrutas, alamedas, circuitos y senderos.
- Crear un eje cívico dándole continuidad a la Carrera 4ª y convirtiéndola en un *parkway* que atraviese la ciudad de norte a sur. No exceder el tamaño de este perfil, para no generar una cicatriz que desconecte el parque peatonalmente.
- Conectar el parque con otros espacios públicos de la ciudad, a través de ejes cívicos o alamedas que atraviesen la ciudad en sentido oriente-occidente, para así darle una mayor conectividad peatonal.
- Conectar los dos costados del río con puentes peatonales.
- Ampliación de los andenes en las vías que dan frente al parque lineal.
- Promover los proyectos de renovación urbana sobre los sectores que den frente al parque para así complementar la zona con usos comerciales, de oficinas y equipamientos, que le den vida a lo largo del día.
- Darle accesibilidad al parque con transporte público. Contemplar dentro del perfil vial un carril para el Sistema Estratégico de Transporte Público y otros dos para vehículos particulares.
- De igual forma, prever zonas para estacionamientos localizados en los puntos estratégicos de conexión transversal.

Figura 5.39

Infraestructura verde propuesta

Fuente: IDOM (2016)

Anillo verde de contención al occidente y sur de la ciudad: generar un área verde de contención que acompañe el Sistema de las Ovejas al occidente de la ciudad y que se conecte tanto al sur como al norte con el parque lineal del río Guatapuri, para así rodear la ciudad con un cinturón que contenga su crecimiento y dote a los barrios de estratos bajos ubicados en la periferia con un parque de escala metropolitana. De igual forma, preservar un porcentaje del cultivo de palma ubicado al suroccidente de la ciudad para que haga parte integral de esta estructura ecológica.

Parques lineales de la acequia Las Mercedes y el arroyo León: como lo plantea el POT, la ciudad puede aprovechar estos

elementos naturales para generar una red verde que no solamente dote de espacio público a los barrios que atraviesa sino que adicionalmente conecte la ciudad de norte a sur a través de parques y alamedas que a la vez sirvan como ronda de protección contra posible inundaciones.

Puesta en valor de vacíos urbanos para espacio público y equipamientos: ubicar algunos vacíos urbanos que por su localización estratégica y área se aprovechen como áreas verdes o equipamientos de escala urbana o zonal que complementen la red de espacio público propuesta. La pérdida de su edificabilidad se puede compensar en otras operaciones urbanas que se den en otros suelos de desarrollo.

Como parte de la estructura ecológica principal de la ciudad es de vital importancia conservar los cerros de Cicolac, La Popa y el Cerro Occidental ubicado en la zona de expansión B.

Tanto en las zonas de expansión urbana como en los sectores consolidados, es necesario proyectar una dotación de parques de escala zonal y vecinal que suplan las necesidades locales de los barrios con mayor déficit, sobre todo en la zona oeste de Bello Horizonte y la zona sur entre el aeropuerto y la Avenida Turbay Ayala.

Reproducir el sistema de parques de bolsillo que se viene desarrollando en la periferia de la Comuna 4, en las zonas de expansión C y D.

Plan de recuperación y revitalización del Centro Histórico

El Centro Histórico de Valledupar es patrimonio cultural de la nación y única centralidad económica de la ciudad. Sin embargo, presenta una baja densidad motivada por el elevado precio del suelo, la falta de la vivienda y la alta presión generada por los usos comerciales claramente dominantes en los principales ejes. De igual manera, la falta de habitantes, provoca una zona urbana sin vecindad activa, en especial en la noche, con creciente desarraigo, donde la degradación social y la inseguridad van en aumento. En definitiva, la imagen urbana más representativa de la ciudad se ve deteriorada.

También es importante resaltar que hay ausencia de senderos peatonales y ciclorrutas. Los andenes, por su parte, están obstruidos por los vendedores ambulantes. Como solución a este problema, se pueden plantear proyectos de espacio público que contemplen la relocalización de los vendedores ambulantes en plazas o mercados adaptados para su uso y la construcción de ciclorrutas y andenes que mejoren la movilidad peatonal de la zona.

La operación urbana del Centro Histórico tiene como objetivo la recuperación y revitalización a través de la diversificación de usos, complementando el comercio con el uso de vivienda y regeneración barrial, la conservación del patrimonio y la puesta en valor del recurso turístico, la peatonalización de algunos ejes comerciales, entre otros.

Plan parcial de renovación urbana en torno a la Av. Badillo o Calle 44

El objetivo es generar una intervención urbana integral que permita solucionar el conflicto de usos del suelo que encontramos alrededor del aeropuerto, sobre la Calle 44:

- Crear una nueva centralidad.
- Aprovechar los predios en tratamiento de desarrollo para diseñar proyectos en altura media; es decir entre 7 y 9 pisos, con mezcla de usos y zonas verdes que doten esta parte de la ciudad.
- Reordenar los barrios consolidados.
- Relocalizar las industrias sobre la vía a La Paz, dentro de un parque industria planificado.

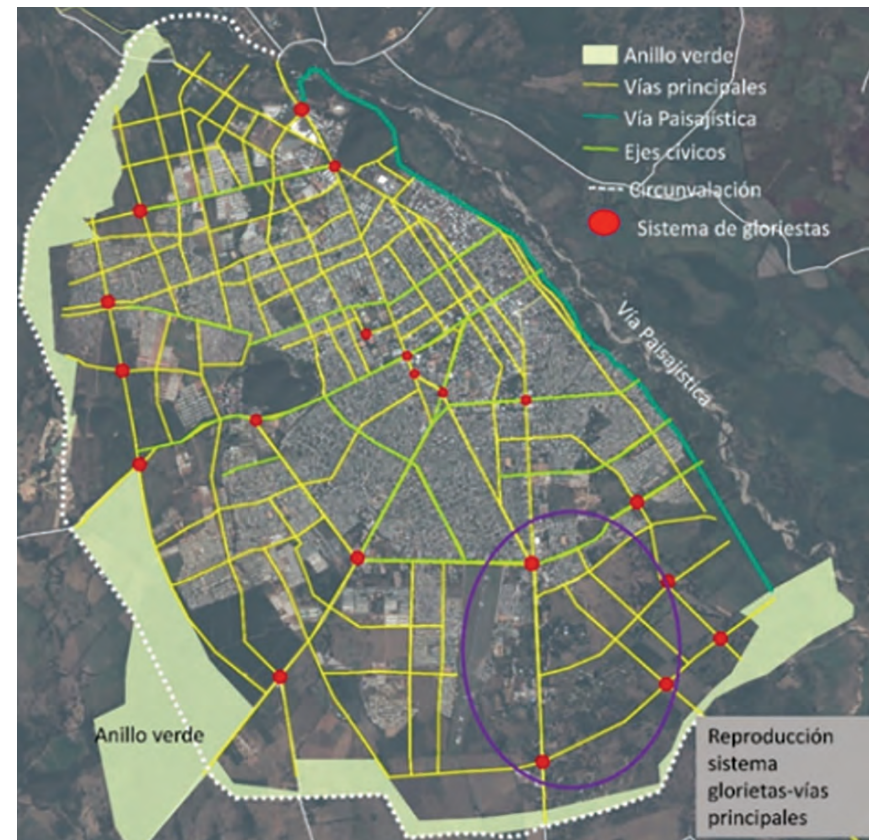
Plan movilidad y conectividad vial

Para mejorar la movilidad de la ciudad se proponen las siguientes intervenciones, las cuales se pueden observar en la Figura 5.40:

- Trazar una carretera circunvalar al costado occidental del perímetro urbano, que desvíe el tráfico pesado que hoy en día atraviesa la ciudad.
- Generar una red primaria de avenidas y calles en las zonas bajo el tratamiento de desarrollo tanto en suelo urbano como en suelo de expansión.

- Dar continuidad a la Carrera 4ª con un perfil tipo *parkway* o vía paisajística.
- Replicar el sistema de rotondas en las intersecciones de la malla vial principal, tanto existentes como nuevas, a excepción de las que se generen en los encuentros de vías principales con la circunvalar.
- Diseñar un sistema de peatonal y de ciclorrutas que se integren con los espacios públicos existentes y propuestos.
- Darle continuidad a la malla vial secundaria de los barrios informales.

Figura 5.40
Plan de movilidad propuesto



Fuente: IDOM (2016)

Creación de nuevas centralidades

La huella urbana de Valledupar presenta una baja mezcla de usos del suelo: los usos comerciales y de oficinas se localizan principalmente en la Comuna 1 y en las principales vías de comunicación, en especial en las avenidas Fundación, Simón Bolívar, Badillo (Calle 44) y Salguero, entre otras. Esto conlleva a una ciudad poco sostenible en temas de movilidad ya que se generan mayores desplazamientos vehiculares y una mayor congestión del tráfico.

Para esto se propone la creación de cuatro nuevas centralidades (Figura 5.41) ubicadas en la periferia de las comunas 2, 3, 4 y 5. Se plantea que los nuevos proyectos urbanos que aquí se desarrollen, incluyan una importante mezcla de usos.

Figura 5.41

Propuesta de centralidades



Fuente: IDOM (2016)

Reasentamientos de los barrios de invasión localizados en el área inundable del río Guatapurí

Sobre la margen derecha del río Guatapurí encontramos aproximadamente 856 viviendas con bajas condiciones de habitabilidad y un alto índice de vulnerabilidad. Localizados en una zona de alto riesgo de inundación. La falta de soluciones de vivienda y la cantidad de población vulnerable y desplazada que habita en Valledupar ha generado a través de los años barrios de invasión, sin infraestructura vial, de espacio público o equipamientos. En el caso de los barrios ubicados en la margen derecha del río Guatapurí, también ha influido la falta de control e intervenciones por parte de los entes ambientales sobre la ronda hidráulica y la zona de manejo y preservación ambiental del mismo.

Para esto se propone el reasentamiento de los mismos sobre los predios en tratamiento de desarrollo situados sobre la parte sur del parque lineal del río, ubicando estos hogares en un hábitat urbano cualificado y dotado de espacio público. También se pueden poner en valor algunos vacíos urbanos que permitan acoger parte de esta población.

Programa de mejoramiento de barrios informales

La mayoría de estos barrios se ubican en la periferia de la ciudad, con un entorno urbano de baja calidad, con baja dotación de espacio público y mala calidad de los servicios básicos

Las acciones para el mejoramiento de estos deben ir encaminadas a corregir las deficiencias urbanísticas que presentan, así:

- Construyendo o renovando el espacio público, los equipamientos y las infraestructuras viales y de servicios públicos.
- Mejorando las condiciones de habitabilidad y de construcción, realizando un reforzamiento estructural, ya que son casas de materiales precarios y reciclados, altamente vulnerables.
- Legalizando la tenencia.
- Reconociendo las edificaciones existentes.

Modelo de cohesión social en las nuevas intervenciones urbanas

Valledupar es una ciudad con un alto nivel de segregación socio-espacial. Los estratos altos han expulsado a la periferia a los estratos menos favorecidos. Esto se debe a varias razones, entre ellas la estratificación de los servicios públicos, la cual segrega y predispone el territorio según la capacidad económica de sus habitantes. Otra de las causas de esta distribución es la expansión mediante asentamientos informales o urbanizaciones piratas en el extrarradio de la ciudad, donde la tenencia de la tierra no está fuertemente definida y el valor del suelo es mucho menor.

Figura 5.42

Propuesta de reasentamientos y mejora de barrios



Fuente: IDOM (2016)

Para combatir este problema se plantea un modelo de crecimiento y densificación de la ciudad que incluya dentro de sus parámetros la mezcla de clases sociales. Esto se debe dar tanto en las zonas en tratamiento de desarrollo, dentro y fuera del perímetro urbano, como en los proyectos de renovación urbana que se logren llevar a cabo (Figura 5.42).

Plan maestro para los predios urbanizables localizados en suelo urbano o de expansión

Para lograr un crecimiento planificado y sostenible, es necesario realizar una serie de estudios e inversiones previas que generen unas directrices generales en temas de movilidad y espacio público, ya que la tendencia en las ciudades colombianas, es ocupar estos terrenos con pequeños proyectos que no se integran entre sí y que finalmente no generan ciudad.

Las acciones propuestas son las siguientes:

- Estudios de factibilidad de provisión de servicios básicos, infraestructura, conectividad vial y de transporte público.
- Estudios de factibilidad de provisión de equipamientos de salud, educación, seguridad, deporte y cultura.
- Desarrollo de proyectos piloto en loteos o súper manzanas que acojan edificios multifamiliares en alturas medias; o sea entre 4 y 6 pisos, con tipología abierta.
- Estudio de posibles usos del suelo que complementen el uso residencial y generen nuevas centralidades.
- Análisis integral del posible reparto equitativo de cargas y beneficios. Esto permitirá que nuevas urbanizaciones aporten a la ciudad el espacio público y la infraestructura correspondiente, integrándose entre sí.
- Modelo de cohesión social que integre los diferentes estratos sociales con macroyectos urbanos, al estilo de Ciudad Verde, en el municipio de Soacha, en Cundinamarca.

6





VILLAVICENCIO

LA CAPITAL DEL META
ANTE EL DESAFÍO DE UN
CRECIMIENTO SUSTENTABLE

6.1

ESTUDIO DE CAMBIO CLIMÁTICO

En este estudio, integrado dentro del Programa de Ciudades Sostenibles y Competitivas de FINDETER, en el marco de la Metodología CES del BID, se plantea una hoja de ruta de mitigación a 2050 que busca integrar desarrollo y limitación de emisiones, desde un punto de vista de sostenibilidad integral en el municipio de Villavicencio. El área de estudio considerada incluye el municipio completo, tanto en lo rural, como en lo urbano, situado en el departamento del Meta en Colombia, con una población de 514.030 habitantes en 2014.

Este estudio de emisiones GEI tiene los mismos objetivos establecidos en el caso de los municipios anteriores como Pasto y Valledupar.

La hoja de ruta tiene por horizonte temporal 2050. Por alcance cuenta con los siguientes sectores:

- Uso de la energía en fuentes estacionarias: residencial, comercial, industrial, institucional, fugitivas y otros.
- Uso de la energía en fuentes móviles, incluyendo tráfico por carretera y aéreo.
- Sector residuos sólidos.
- Sector aguas residuales.
- Procesos industriales y uso de productos.
- Sector de agricultura, silvicultura y usos del suelo (AFOLU, por sus siglas en inglés).

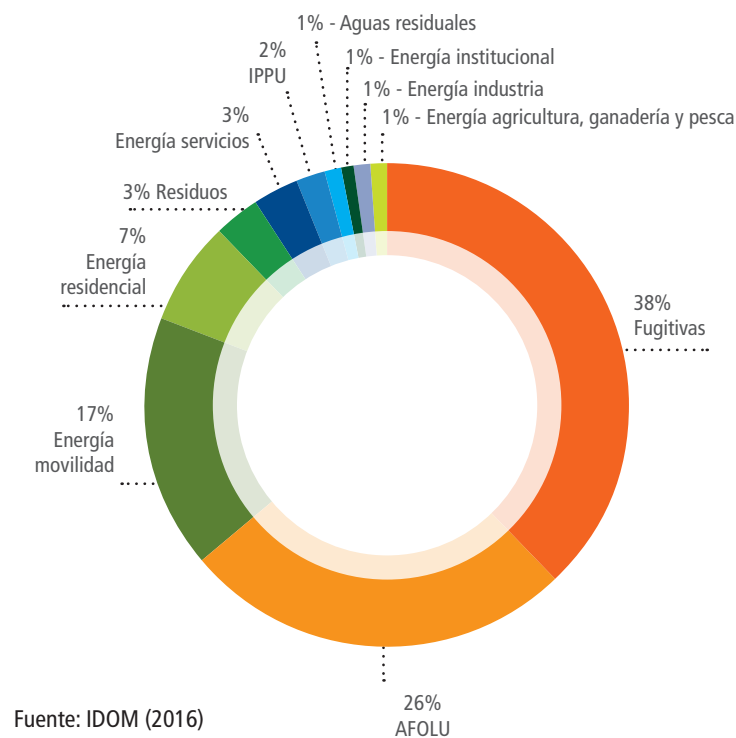
6.1.1 Diagnóstico

La hoja de ruta se basa en un diagnóstico cualitativo y cuantitativo que incluye un inventario de emisiones de GEI del municipio de Villavicencio para los años 2005 y 2014. Para el desarrollo del inventario, se ha creado una herramienta específica, adaptada al área de estudio. Este diagnóstico ha servido para identificar el potencial de reducción de emisiones de cada sector.

Los resultados que arroja el inventario de emisiones de GEI indican que el balance de emisiones per cápita del municipio de Villavicencio asciende a 3,5 toneladas CO₂ e/hab. En términos absolutos, las emisiones del municipio de Villavicencio de 2014 resultaron 2.106.012 toneladas de CO₂e. Parte de estas emisiones se contrarrestan con las absorciones, que ascendieron en el año 2013 a -269.840 toneladas de CO₂e, resultando en un balance de emisiones de 1.836.172 toneladas de CO₂e (Figura 6.1).

Asimismo, la emisión de CO₂ de origen biogénico, procedente de la combustión de biomasa, que no se encuentra incluida en los valores anteriores, asciende a 149.570 toneladas de CO₂.

Figura 6.1
Emisiones por sector



Las principales emisiones se producen en el sector fugitivas, que representa 38% de las emisiones totales debido a la actividad de extracción de petróleo, sector fundamental en la economía municipal, registrándose varias concesiones petroleras en la ciudad; seguidas del sector AFOLU (en inglés: *Agriculture, Forestry and Other Land Use* - Agricultura, Silvicultura y otros usos del Suelo) con 26% las emisiones. En este sentido, el sector AFOLU, a pesar de ser un sector emisor neto de CO₂e, las absorciones por la acción de los bosques del municipio de Villavicencio, hacen que las emisiones se reduzcan en casi un 50%. El tercer sector es Movilidad, que asciende a un 17% de las emisiones totales debidas al consumo de diésel y gasolina. La aportación del resto de sectores es inferior al 10%, teniendo más relevancia el sector Servicios con un 7% de las emisiones, Residuos con un 3% e IPPU (*Industrial Processes and Product Use*) con un 2%.

6.1.2 Escenario tendencial

Se plantea un escenario tendencial o *Business as Usual* (BaU) a 2050 con una población que crece hasta los 1.160.263 habitantes; un 126% más que en 2014, manteniendo las tendencias de los últimos años en cuanto a consumo de energía, producción de residuos y desarrollo industrial, entre otros.

En este escenario, el balance de emisiones per cápita alcanzaría 2,44 toneladas de CO₂e, es decir, 31% menos que en 2014. En términos absolutos, las emisiones totales de 2050 serían 2.828.205 toneladas de CO₂e, lo que implica un aumento del 54% respecto a 2014.

Este hecho viene influenciado principalmente por dos causas. La primera es el fuerte incremento poblacional que sufre Villavicencio entre los años estudiados. Por otro lado, hay actividades que no dependen directamente del aumento de la población y que suponen una contribución elevada al total de las emisiones como son la ganadería o las emisiones fugitivas. Por ejemplo, las emisiones

por producción de petróleo y gas natural han disminuido un 27% entre los años de estudio, pasando de una contribución del 38% en el año 2014 al 19% en el año 2050. Todo ello provoca que el incremento total de las emisiones, sea más lento que el incremento poblacional, resultando en un aumento de las emisiones absolutas y una disminución de las emisiones per cápita.

6.1.3 Hoja de ruta de mitigación

Para la definición de acciones en la hoja de ruta de mitigación se han priorizado los siguientes sectores:

- **AFOLU:** por ser el segundo sector emisor, así como el único sector con capacidad de efecto sumidero.
- **Movilidad:** por ser el tercer sector emisor y presentar un alto potencial de reducción de emisiones de GEI y de otras mejoras ambientales.
- **Residuos:** por presentar un alto potencial de reducción de emisiones de GEI ya que la mayor parte de las emisiones se encuentra concentrada en fuentes puntuales, como el relleno Parque Ecológico Reciclante de Villavicencio.
- **Energía estacionaria:** por representar en conjunto 52% de las emisiones y por incluir el sector institucional, que aunque representa un porcentaje de emisiones inferior al 1%, debe establecer una actitud ejemplarizante.
- **Aguas residuales:** por presentar la municipalidad una gran capacidad de actuación y por la inexistencia de un sistema de depuración de aguas residuales, aunque el sector represente el 1% de las emisiones totales.

En 2050, el área de estudio en el escenario inteligente, con la adopción de las 15 acciones específicas planteadas en torno a los ejes de eficiencia energética, energías renovables y optimización de los recursos que se muestran en la Tabla 6.1, podría reducir un total de 729.121 toneladas CO₂e y supondrían un ahorro energético de 156.949 tep⁵.

5. Toneladas equivalentes de petróleo

Tabla 6.1

Acciones incluidas en la hoja de ruta de mitigación

Sector		Acción
Energía fuentes estacionarias	Energía residencial	E.F.F.1 Reducción necesidades térmicas en nuevas casas, a través de un proyecto con constructores
	Energía institucional	E.F.F.2 Sustitución alumbrado exterior por lámparas LED
	Energía institucional	E.F.F.3 Proyecto ejemplarizante de rehabilitación térmica de los edificios institucionales
	Energía residencial	E.F.F.4 Implantación de sistemas de refrigeración de distrito
	Energía servicios/industria	E.F.F.5 Programa de eficiencia energética en el sector industrial y servicios
	Energía residencial	R.2 Sistema de extracción forzada de biogás y aprovechamiento energético en el relleno sanitario
	Energía residencial	T.1 Educación ambiental y sensibilización ciudadana
	Energía residencial	A.1 Promoción del uso de biodigestores
Energía fuentes móviles	Energía residencial	A.2 Sistemas silvopastoriles
	Energía movilidad	E.F.M.1 Reducción de las necesidades de movilidad a través de la planificación urbana
	Energía movilidad	E.F.M.2 Mejorar la red de ciclorrutas e implantar un sistema de bicicleta pública
	Energía movilidad	E.F.M.3 Mejorar las condiciones de caminabilidad de la ciudad
Residuos	Energía movilidad	T.1 Educación ambiental y sensibilización ciudadana
		R.1 Compostaje de residuos a gran escala
		R.2 Sistema de extracción forzada de biogás y aprovechamiento energético en el relleno sanitario
Aguas residuales	T.1 Educación ambiental y sensibilización ciudadana	
AFOLU		A.R.1 Construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales
		A.1 Promoción del uso de biodigestores
		A.2 Sistemas silvopastoriles
Transversal		A.3 Promoción de la siembra de cultivos permanentes
		T.1 Educación ambiental y sensibilización ciudadana

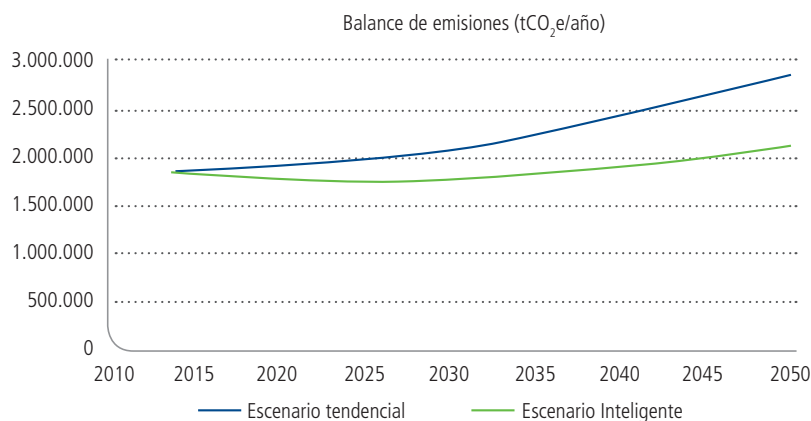
Fuente: IDOM (2016)

Nota: Las acciones marcadas en azul en el cuadro significan que son acciones que sin ser específicas del sector, reducen emisiones en el mismo.

La adopción de estas acciones, supone en el año 2050, una reducción de las emisiones del 26% sobre el escenario tendencial en ese mismo año. Ello implica que el balance de emisiones total del área de estudio en el año 2050 en este escenario inteligente sea de 2.109.639 toneladas de CO₂e frente a las 2.828.205 toneladas de CO₂e del escenario tendencial. En términos per cápita, el balance de emisiones de este escenario sería de 1,82 toneladas de CO₂e frente a las 2,44 toneladas de CO₂e en el escenario tendencial, tal y como se puede observar en la Figura 6.2 y Figura 6.3.

Figura 6.2

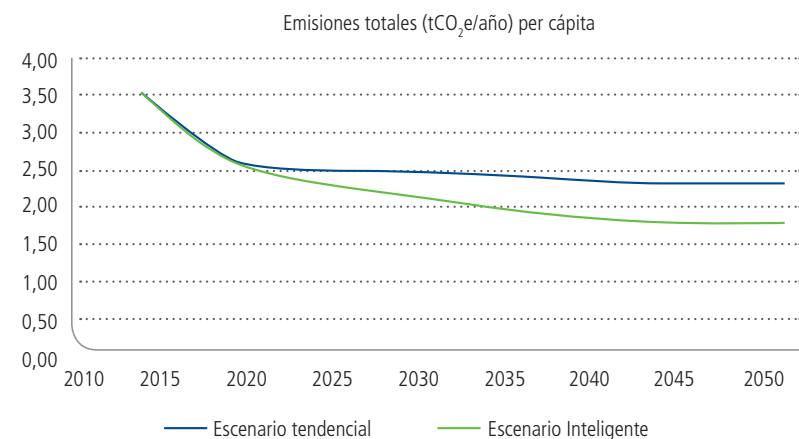
Emisiones totales en los escenarios



Fuente: IDOM (2016)

Figura 6.3

Emisiones per cápita en los escenarios



Fuente: IDOM (2016)

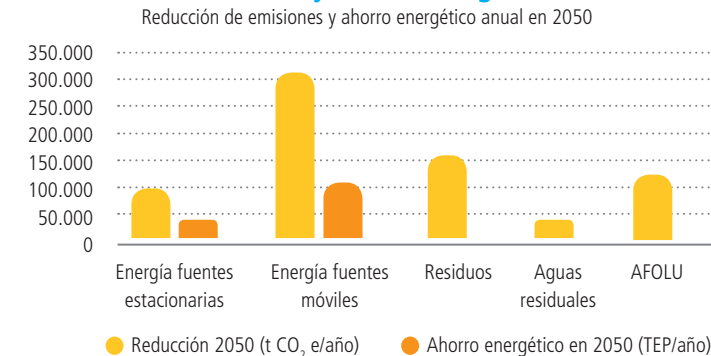
La principal reducción de emisiones, se produce en el sector energía fuentes móviles, con un potencial de reducción de 314.301 toneladas de CO₂e, es decir un 43% de las emisiones totales. En segundo lugar, se encuentran el sector residuos, que reduce 158.784 toneladas de CO₂e, un 22% de las emisiones totales. Y en tercer lugar, se posiciona el sector energía fuentes estacionarias que reduce 95.052 toneladas de CO₂e, representando una disminución del 13% sobre las emisiones totales.

Por acción, la que más reduce es la E.F.M.1 de "Reducción de las necesidades de movilidad a través de la planificación urbana" sumando a las reducciones totales el 20%, seguida de la acción E.F.M.2 de "Mejorar la red de ciclorrutas e implantar un sistema de bicicletas públicas", con un 13%.

En cuanto al ahorro energético, tal como se puede observar en la Figura 6.4, el sector que produce mayor ahorro en el año 2050 es el de energía de fuentes móviles, con un 69% sobre el ahorro total, seguido del sector energía fuentes estacionarias con el 31% sobre el ahorro total.

Figura 6.4

Reducción de emisiones y ahorro energético, 2050



Fuente: IDOM (2016)

Además de la reducción de emisiones, existen otro tipo de beneficios comunes asociados a la implantación de las acciones. De estos beneficios, es necesario destacar tres. Por un lado, el ahorro energético, que contribuye a la seguridad energética de Villavicencio. Por otro, la reducción de la contaminación atmosférica, especialmente a través de las acciones asociadas a la movilidad y finalmente, los servicios ecosistémicos derivados de las acciones asociadas al medio natural. Para garantizar la aplicación de las acciones se recomienda convertir esta hoja de ruta en un plan de cambio climático. Se recomienda también, que además de la mitigación, el plan sea integral e incluya adaptación al cambio climático.

6.2

ESTUDIO DE RIESGOS NATURALES

6.2.1 Selección de amenazas

El objetivo de este estudio es investigar las tres amenazas más importantes del municipio teniendo en cuenta no solamente el nivel de afección que producen en términos de coste de reposición o de personas afectadas, sino también otros parámetros como el impacto en el desarrollo urbano o el grado de estudio y de análisis existente de las amenazas. Es decir, el objetivo final, es cubrir esas amenazas menos estudiadas o sobre las que se tiene menor grado de conocimiento, para no ser redundantes con otros estudios ya realizados previamente y que igualmente se tendrán en cuenta en el presente análisis.

Tras la realización de un análisis multicriterio se seleccionaron las siguientes amenazas a estudiar:

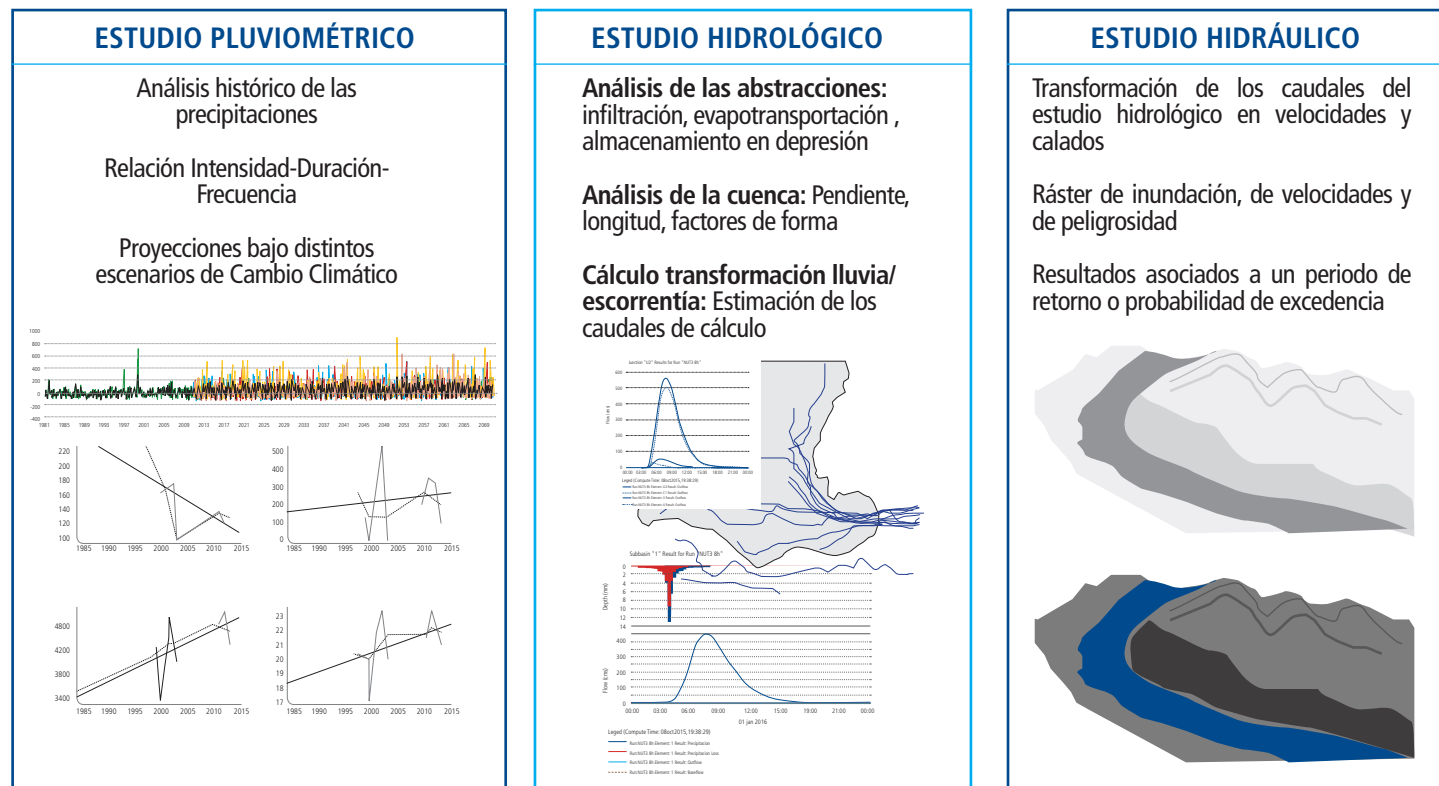
1. Inundaciones
2. Sismo
3. Deslizamientos de ladera

6.2.2 Análisis probabilístico del riesgo de inundación

El estudio de inundaciones fluviales se ha basado en el estudio hidrológico e hidráulico y análisis de las áreas de inundación de las diferentes redes de drenaje que quedan contenidas en el ámbito de estudio de vulnerabilidad y riesgos naturales (Figura 6.5).

Figura 6.5

Esquema metodológico del análisis probabilístico de la amenaza inundación fluvial seguido en Villavicencio



6.2.2.1 Estudio hidrológico

PLUVIOMETRÍA

Se ha realizado un análisis pluviométrico para clima presente y para distintos escenarios de cambio climático. Se utilizaron los datos diarios de la cantidad de precipitación en milímetros (mm), correspondientes a 6 estaciones meteorológicas del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales-IDEAM.

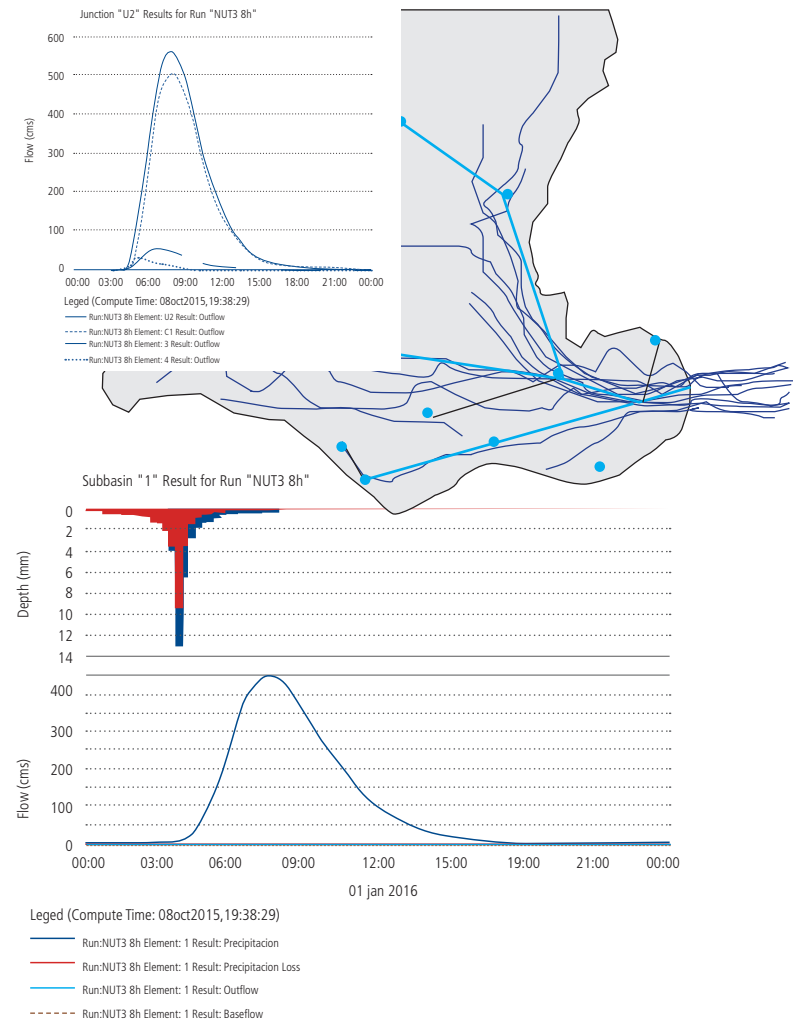
Asimismo, se ha estudiado la precipitación para clima futuro proyectando distintas variables que la definen, como la precipitación máxima diaria, con distintos modelos de proyección y para tres escenarios de emisiones definidos por el IPCC y asumidos por el IDEAM: RCP2.6, RCP4.5 y RCP8.5 (optimista, moderado y pesimista).

Las conclusiones obtenidas tras las proyecciones realizadas, determinan que lo más probable es que exista una disminución de la precipitación máxima diaria, siendo este el resultado obtenido para la mayoría de modelos utilizados, en cada una de las estaciones y para los tres escenarios de emisión. Por lo que no se ha considerado este factor en el cálculo de la amenaza de inundación, al ser más restrictivo el clima presente y no poder contar con esta disminución de la precipitación máxima en la disminución del riesgo debido al alto grado de incertidumbre asociado.

MODELO HIDROLÓGICO

Se ha estudiado la infiltración en las cuencas, la geometría de las mismas y la propagación de los hidrogramas obtenidos en cada subcuenca, para así, obtener el hidrograma en cada punto de estudio y para lluvias de distinto periodo de retorno (frecuencia). Se muestra a continuación el modelo de la cuenca del Guatiquía y sus afluentes, caño Parrado y Gramalote, en la Figura 6.6.

Figura 6.6
Esquema del modelo hidrológico HEC-HMS
realizado para la cuenca del Guatiquía



Fuente: IDOM (2016)

6.2.2.2 Análisis sedimentológico

Los flujos en ríos suelen ir acompañados por transporte de sedimentos, el cual consta de transporte de sedimentos en suspensión y transporte de depósitos arrastrados por la corriente.

El transporte de depósitos arrastrados por la corriente, se da en el área cercana al fondo y es un factor muy importante de moldeado del lecho de río. En aguas de corrientes naturales, los procesos de erosión y sedimentación se alternan constantemente y caracterizan el balance sedimentológico del tramo del lecho de río.

Un estudio confiable de sedimentos en suspensión a partir del análisis de muestras necesita de una campaña sistemática y de larga duración de toma de muestras, incompatible con los plazos y el alcance de este estudio, por lo que no se pretende aquí hacer un estudio riguroso de la sedimentación y la erosión en el río, sino coger el testigo de los estudios parciales realizados por Ingeominas (2003) y por Cormacarena-Ingellanos (2006), analizando la evolución a grosso modo de este fenómeno, desde 2003 hasta 2015, con el MDT realizado para este trabajo.

En la Figura 6.7 se representa este análisis por tramos, mostrándose en verde, los lugares donde existe aporte de material o sedimentación y en rojo, donde hay un arrastre de material o erosión. Dado el nivel de detalle de la topografía disponible, no se han considerado los tramos cuya diferencia de altura media sea menor a 5 cm.

En general, se muestra una tendencia erosiva más que un problema de sobreelevación del cauce, lo que conlleva una revisión periódica de los diques existentes ya que podrían perder estabilidad si se produce erosión en su base.

Figura 6.7
Sedimentación (verde), erosión (rojo)
y no significativo (rayado) entre los años 2015 y 2003



Fuente: IDOM (2016)

Es necesario realizar un estudio a largo plazo de la sedimentación en el cauce con muestras periódicas de elementos en suspensión en la corriente y análisis topográficos periódicos, por ejemplo, en las secciones aquí analizadas y propuestas en el estudio de Ingeominas de 2003.

El plan de extracción de áridos que se extraiga del estudio debe ser dinámico, la cantidad de sedimentos que se depositen variarán con multitud de variables: deforestación de la cuenca, cantidad de lluvia anual, distribución de ésta a lo largo del año, cantidad y ausencia de aguaceros de alta intensidad, movimientos de ladera en la cuenca que aumentan repentinamente el aporte de material, etc.

Este plan de extracción, debe tener en cuenta el equilibrio dinámico del cauce sobre las necesidades del mercado, por lo que posiblemente se necesite un volumen alto de almacenamiento fuera del cauce para compensar las diferencias entre lo disponible y lo requerido durante el año.

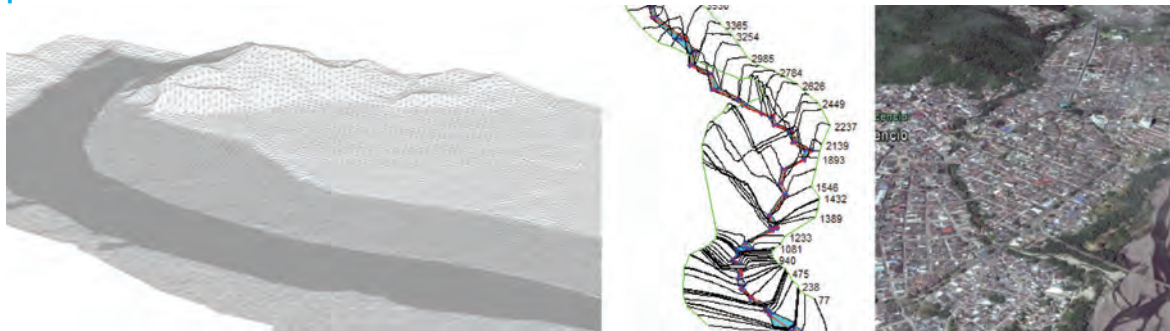
6.2.2.3 Estudio hidráulico

En el presente estudio, no solamente se han actualizado los estudios de inundabilidad de los ríos Guatiquía y Ocoa, mediante modelos bidimensionales (izquierda en la imagen), que se adecúan correctamente a la realidad de ambos cauces, aumentando también la zona de análisis para tener en cuenta las zonas de expansión urbana, sino que también, se ha realizado el estudio para los principales caños que atraviesan la ciudad (derecha).

En el río Guatiquía se realizó el proyecto constructivo que da continuidad a los diques del Guatiquía en ambas márgenes. Se ha estudiado la situación actual, es decir, sin los diques construidos, así como la situación futura. Se muestran a continuación los resultados de la situación futura con los diques ya construidos para no proponer medidas de mitigación ya estudiadas (Figura 6.8 y Figura 6.9).

Figura 6.8

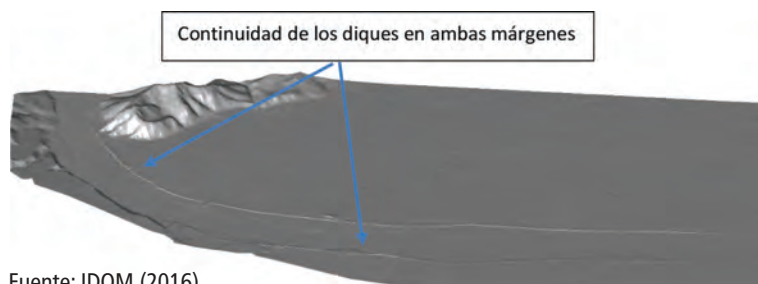
Malla de cálculo no estructurada generada para el cálculo hidráulico de río Guatiquía (izquierda) y geometría basada en secciones transversales para el caño Parrado



Fuente: IDOM (2016)

Figura 6.9

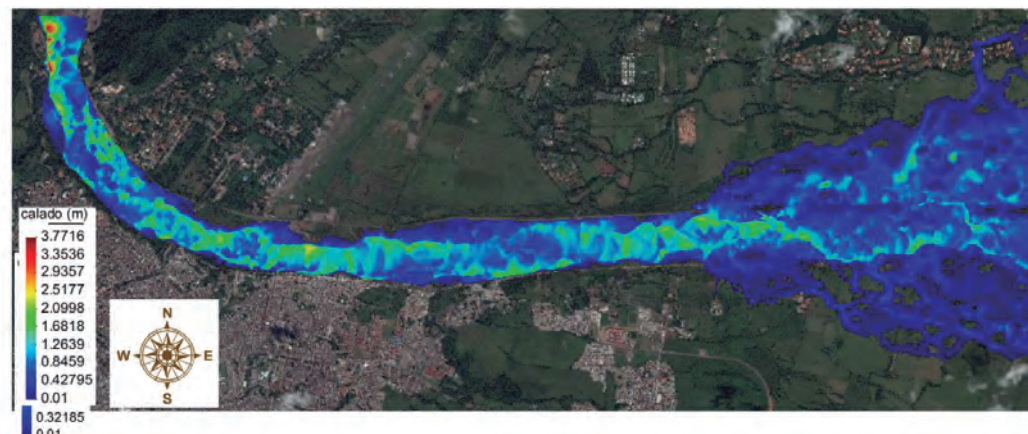
Malla de cálculo para la situación futura con los diques diseñados en 2006 ya construidos



Fuente: IDOM (2016)

En la Figura 6.10, se muestra la inundación correspondiente a una lluvia de 100 años de periodo de retorno con los diques ya construidos. Se aprecia el aumento de superficie ocupada por el agua en la zona donde acaban los diques, aguas debajo de la zona consolidada de la ciudad.

Figura 6.10
Envolvente de las mayores cotas de inundación para un caudal de 100 años de periodo de retorno tras la construcción de los diques diseñados en 2006



Fuente: IDOM (2016)

En la Figura 6.11 se muestra a modo de ejemplo, la inundación para 100 años de periodo de retorno.



Fuente: IDOM (2016)

En la Figura 6.12 se muestra la inundación producida por una lluvia extraordinaria, concretamente 100 años de periodo de retorno en el caño Maizaro, mostrándose en la misma la zona con mayor afección para 100 y 50 años de periodo de retorno.

En la Figura 6.13 se aprecian las zonas ocupadas por las aguas en el río Ocoa para 100 años de periodo de retorno, siendo la margen izquierda del río, situada aguas abajo de la zona de estudio, la de mayor afección.

Figura 6.12

Lámina de inundación para 100 años de periodo de retorno en el caño Maizaro

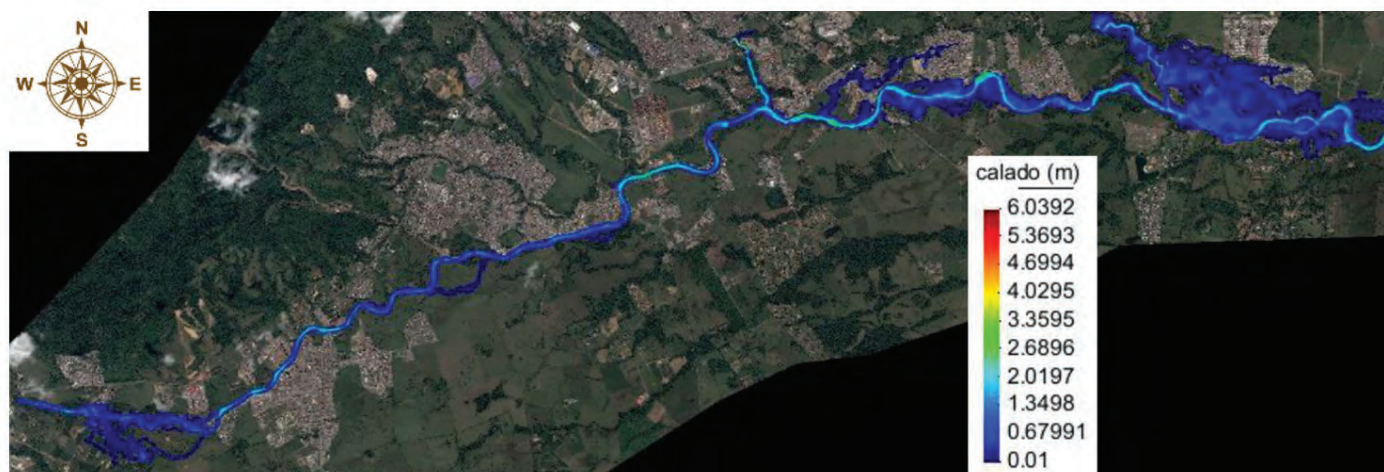


Fuente: IDOM (2016)

Por último, en la Figura 6.14, se muestra la inundación en la zona de estudio para todos los cauces estudiados para 100 años de periodo de retorno, siendo estos los ríos Guatiquía y Ocoa, así como los caños Parrado, Gramalote, Maizaro, Aguas Claras, Buque y Grande.

Figura 6.13

Envolvente de las mayores cotas de inundación para un caudal de 100 años de periodo de retorno en el río Ocoa



Fuente: IDOM (2016)

6.2.2.4 Cálculo del riesgo de inundación

Una vez analizada la amenaza de inundación en términos probabilísticos, se han estudiado los elementos expuestos a esta amenaza y se ha determinado la vulnerabilidad de cada uno de estos elementos mediante funciones de vulnerabilidad, que determinan la relación entre el grado de daño del elemento y el valor de la profundidad de la inundación. Con esto, se han calculado las pérdidas materiales y humanas para cada una de las frecuencias o periodo de retorno estudiados.

Una vez determinada la relación entre el daño y la frecuencia se ha calculado la Pérdida Anual Esperada (PAE), que determina el daño medio anual en términos económicos en el municipio, valor fundamental para calcular la relación costo-beneficio de cada medida de mitigación proyectada, así como para prever las partidas presupuestarias necesarias o el importe de los seguros contratados.

En términos de orden de magnitud para la amenaza de inundación se puede concluir que el valor expuesto de las construcciones del conjunto de la ciudad, varía de acuerdo a los periodos de retorno

de 3 y 100 años respectivamente, entre aproximadamente USD 1.2 y 40 millones. Respecto al reparto entre las tres cuencas indicadas, la que en el corto plazo aporta una mayor proporción a este parámetro es la del Guatiquía con USD 1.1 millones, con periodo de retorno de 3 años. Sin embargo, considerando el periodo de retorno de 100 años, las aportaciones se reparten grosso modo en partes similares.

Se estima que la pérdida máxima probable (PML) por inundación para la ciudad Villavicencio, varía entre USD 45.000 y USD 4.2 millones para el escenario de clima actual y periodos de retorno respectivos de 3 y 100 años.

La pérdida anual esperada (PAE) para la amenaza de inundación considerando el escenario de clima actual ronda grosso modo los USD 170.000, equivalentes aproximadamente al 0.4 % del valor total expuesto del conjunto de la ciudad. De esta cantidad, la mayor aportación a la PAE la hace la cuenca del río Guatiquía con unos USD 56.000.

La afectación humana teórica por amenaza de inundación se cifra entre los periodos de retorno considerados, de 3 a 100 años, respectivamente entre unas 50 y 7.000 personas. Por otro lado, el número de potenciales fallecidos podría variar entre 5 y 70 para los mismos periodos de recurrencia. Estadísticamente se han calculado medias de aproximadamente 0,5 fallecidos y unos 430 afectados al año.

En la Figura 6.14 se muestra la pérdida anual esperada en USD/m² junto con la lámina de inundación correspondiente a una lluvia de 100 años de recurrencia.

Figura 6.14

Pérdida anual esperada (USD/m²) y láminas de inundación para 100 años de periodo de retorno



Fuente: IDOM (2016)

6.2.2.5 Medidas de adaptación

Las medidas de adaptación propuestas, se dividen en medidas estructurales y no estructurales o de gestión. Las primeras, conllevan obra civil con el objeto de eliminar un problema ya producido y tienen un efecto inmediato sobre él. Las actuaciones no estructurales son aquellas que necesitan una planificación previa, una visión de largo plazo y la coordinación de diferentes organismos públicos para que estas sean factibles. En los estudios ambientales realizados se vio que las medidas estructurales analizadas que requieren una inversión son difícilmente recuperables en términos de pérdidas evitadas debido a que las pérdidas importantes se producen con una frecuencia baja, para periodos de retorno de 50 y 100 años. Es decir, hay una baja probabilidad de ocurrencia, siendo por tanto, la pérdida anual esperada más baja.

Por tanto, las principales medidas a adoptar en Villavicencio son:

1. Realización de un POT teniendo en cuenta las zonas inundables.
2. Análisis sedimentológico y plan de explotación de áridos.
3. Plan de revisión de los diques de contención existentes.
4. Llevar a cabo estrategias de compromiso y difusión.
5. Mover a la población situada entre el dique y el cauce en la margen derecha del Guatiquía ya que están afectadas de forma recurrente (3 años).

6.2.3 Análisis de la susceptibilidad a remoción en masa

Dentro de los estudios de amenazas que se realizan con el fin de definir las distintas zonas de expansión de la ciudad y la influencia del cambio climático en la zona de estudio, se analizan los procesos de remoción en masa. Si bien no es un problema de tanta magnitud como el tema de inundaciones, el incremento de asentamientos subnormales y su localización precisamente en zonas poco pobladas como eran las laderas ha disparado las incidencias en la zona de Villavicencio.

El núcleo de Villavicencio se caracteriza por ser un área con un importante desarrollo urbano en épocas recientes; esto es, en los últimos 30 años. Durante este tiempo, se han disparado los asentamientos subnormales en zonas identificadas como de riesgo. La introducción del ser humano en zonas susceptibles a los procesos de remoción en masa ha cambiado la naturalidad del proceso incrementándose su frecuencia, principalmente por la actividad antrópica. Actividades como el lanzamiento de aguas residuales, cortes de taludes, talas y plataformas con escaso control técnico durante su ejecución han incrementado el riesgo, en zonas de estabilidad moderadas.

6.2.3.1 Condicionantes y desencadenantes

En los estudios de susceptibilidad de movimientos en masa, se analizan una serie de factores condicionantes que entran en la dinámica del proceso. Se trata de características del territorio que delimitan la mayor o menor susceptibilidad del mismo, a sufrir un determinado proceso: Pendientes, orientación e insolación, curvatura, litología, geomorfología, estructura y fallas, vegetación y usos del suelo.

Por otro lado, se encuentran los factores desencadenantes, que son los elementos que inician el proceso. Son habituales las precipitaciones intensas, sobresaturación de suelos, sismicidad, erosión fluvial y la acción antrópica.

6.2.3.2 Inventario

De todos los eventos registrados se ha realizado una cartografía georeferenciada con base SIG. Se ha intentado acotar temporalmente la fecha de los deslizamientos inventariados, si bien ha de tomarse dicha información con precaución ya que en ocasiones tan solo se ha tenido como información la periodicidad de las ortofotos.

A continuación, en la Tabla 6.2, se presenta un resumen de los eventos inventariados que se encuentran dentro de la zona de análisis.

Tabla 6.2

Tabla resumen de eventos introducidos en el análisis.

	Activos	Inactivos	Total
Deslizamientos	23	11	34
Flujos	14	15	29
Reptaciones	6	4	10
Total	43	30	73

Fuente: IDOM (2016)

6.2.3.3 Cálculo de la susceptibilidad

Mediante la técnica bivariante, se determina la susceptibilidad de un proceso correlacionando la distribución espacial de los procesos a analizar cartografiados en una fase previa de recopilación de un inventario de eventos, con la distribución espacial de los principales factores que condicionan el desarrollo de dichos procesos. En este planteamiento, se supone que los procesos futuros se generarán de la misma manera que en el pasado.

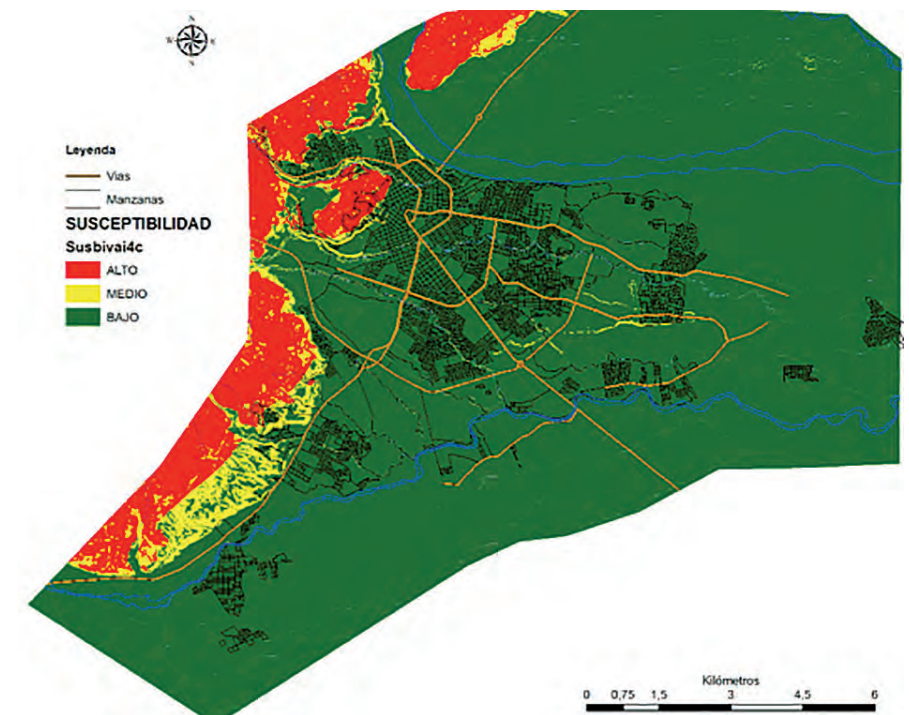
Para ello, se digitalizan las capas temáticas, reclasificándolas y asignándoles pesos mediante el método bivariante, con el fin de introducir la información en la calculadora ráster y obtener una zonificación del proceso.

Se entiende en este documento como “susceptibilidad alta” aquellas zonas de estabilidad marginal susceptibles a procesos denudacionales por el mal manejo del terreno y de las aguas superficiales. Correspondería a una susceptibilidad alta y media definida en el estudio de Ingeominas (2003). En caso de lluvias extraordinarias o efectos sísmicos superficiales fuertes, en ellas podrían generarse deslizamientos que eventualmente afectarían áreas mayores. El mantenimiento o construcción de cualquier estructura dentro de estas zonas requiere el diseño detallado de medidas preventivas, correctivas o de control de deslizamientos, mientras que las zonas de susceptibilidad media corresponderían a zonas relativamente estables en donde no se observan procesos denudacionales severos, pero su estabilidad depende del manejo que se les dé a las mismas y de la estabilidad de las laderas adyacentes. Correspon-

den a zonas de susceptibilidad baja según el documento de Ingeominas (2003). En estas zonas, se requiere tener mucha precaución con el manejo de aguas superficiales, las excavaciones, los rellenos y el control de los procesos de inestabilidad y focos erosivos que se puedan generar en las laderas adyacentes.

En la Figura 6.15, se muestra el mapa de susceptibilidad a procesos de ladera o remoción en masa en la ciudad de Villavicencio.

Figura 6.15

Mapa de susceptibilidad a procesos de ladera

Fuente: IDOM (2016)

6.2.3.4 Estimación del riesgo

A diferencia del cálculo probabilístico del riesgo de inundación, en el caso de los deslizamientos de ladera o remoción en masa, no se puede determinar la probabilidad de que se dé un determinado evento debido a que los desencadenantes de estos procesos son variados, incluida la acción del hombre. Lo que sí se puede determinar, como se ha visto en el apartado anterior, son las zonas más susceptibles por sus condicionantes físicos a tener un deslizamiento, diferenciándose entre alta y media.

Por lo tanto, se puede estimar el valor de los elementos expuestos a la amenaza, pero no el valor de la Pérdida Anual Esperada (PAE). Concretamente, se estima que el valor de los edificios ubicados en zonas susceptibles de sufrir deslizamientos es de unos USD 15 millones, para la susceptibilidad alta y de unos USD 98 millones, para la media.

El número de personas dentro del municipio de Villavicencio que se estima residen en zonas con susceptibilidad alta y media de deslizamiento, asciende a unas 18.000. De acuerdo a los datos históricos, se han registrado unos 0,4 fallecidos y 12 afectados, heridos o damnificados al año en relación a esta amenaza.

Figura 6.16

Izquierda: casas palafitadas, barrio Azoteas. Derecha: derrumbe de casa en Caño Parrado



6.2.3.5 Medidas de adaptación

Dentro de las actuaciones de adaptación se pueden plantear medidas normativas. Se trata de un tipo de actuación que iría relacionada con la mejora de la vulnerabilidad de las construcciones. Dada la clara tendencia de ocupación de zonas de elevadas pendientes, sería bueno definir un manual de buenas prácticas constructivas para dichas zonas, en las que se defina calidad de los materiales de construcción, tipología y cimentación de los palafitos, empotramientos mínimos en roca sana, distancias mínimas al borde de talud y sistemas de lanzamiento de aguas pluviales con el fin de minimizar al máximo la erosión del talud. Dicho manual, debiera ser de obligado cumplimiento. Este tipo de actuación va en la línea de las edificaciones que existen en el barrio Azotea, donde en zonas de fuerte desnivel se edifican estructuras palafitadas, que ejecutadas en buenas condiciones técnicas, de materiales y con un control de las aguas de vertido o de escorrentías, limitarían a riesgos medios o bajos.

Existen también medidas denominadas blandas, como pueden ser el establecimiento de distancias mínimas a los taludes, consideradas entre 5 y 50 metros en función de la altura de los mismos, aplicables a zonas de Playa Rica (Figura 6.16), revegetación de taludes, cunetas de coronación o de pie de desmonte que limiten la erosión de taludes o laderas, así como la ejecución de bermas en taludes altos. Esto evitaría problemas como la caída de casas acaecidas en los márgenes de Caño Parrado en los últimos tiempos o en taludes de desmontes de carreteras.

Figura 6 17

**Izquierda: asentamiento subnormal de La Nohora.
Derecha: edificaciones al pie de talud en Playa Rica**



Fuente: IDOM (2016)

Por otro lado, están las medidas referidas a la planificación, como las contempladas en este documento excluyendo zonas de edificación o limitando la tipología de las construcciones en ciertas zonas donde la susceptibilidad puede ser mayor. Los asentamientos ilegales (Figura 6.17), presentan vulnerabilidades muy altas y ante procesos de pequeñas dimensiones, pueden generarse pérdidas elevadas.

Existe otro tipo de actuaciones enfocadas a la reducción de la periodicidad temporal. Consisten en medidas que reducen el contenido del agua en el suelo. Un correcto sistema de recogida de aguas pluviales y su correcta gestión, limita en muchas ocasiones este tipo de anomalías (Figura 6.18). Por otro lado, la correcta gestión de aguas residuales limita el contenido en agua del sustrato ya que se trata de un aporte continuo a lo largo del tiempo, manteniendo el suelo parcialmente saturado y facilitando los procesos de inestabilidad al alcanzar más fácilmente el grado de saturación del suelo ante eventos de precipitación menores. Dentro de estas medidas se podrían incluir algunas relacionadas con la plantación de especies arbóreas y arbustivas con mayor capacidad radicular, al igual que limitar los lanzamientos de aguas residuales ilegales.

Figura 6 18

Izquierda: abastecimientos no correctos en proximidades de talud en Villa Lorena. Derecha: edificaciones subnormales en Playa Rica a pie de talud de materiales coluvio-aluviales



Fuente: IDOM (2016)

Finalmente, existen las medidas ingenieriles en forma de muros y redes de cables que sostienen la ladera que se ejecutan directamente en la zona afectada o en la propensa a sufrir este tipo de procesos, siendo estas últimas, las más caras. Este tipo de estructuras, deben de tener un mínimo de garantías tanto técnicas como de materiales. La ejecución de este tipo de elementos de contención en materiales pobres son extendidas en asentamientos ilegales como el de La Nohora como se observa en la parte izquierda de la Figura 6.18, donde la presencia de aguas de servicio y de escorrentía debilitarán dichas estructuras poniendo en peligro las edificaciones.

Como se ha venido diciendo en el presente documento, el riesgo es una combinación de distintos factores. Dado que la susceptibilidad a los procesos de remoción en masa está muy limitada en la zona de estudio, las medidas basadas en la planificación y en correctas prácticas constructivas son las idóneas para la zona de estudio que nos concierne.

6.2.4 Cálculo probabilístico del riesgo sísmico

Se presenta un esquema del estudio completo que se requiere para el cálculo del riesgo y que se plantea en tres fases: Bloque 1: estimación de la peligrosidad sísmica y caracterización del movimiento fuerte. Bloque 2: caracterización y asignación de la vulnerabilidad. Bloque 3: estimación del riesgo sísmico. Cada bloque representa una fase del estudio..

6.2.4.1 Peligrosidad sísmica

La zona del presente estudio pertenece al municipio de Villavicencio, ubicado en el Piedemonte Llanero, región que ha estado sometida a grandes esfuerzos tectónicos generando plegamientos y fallamientos intensos.

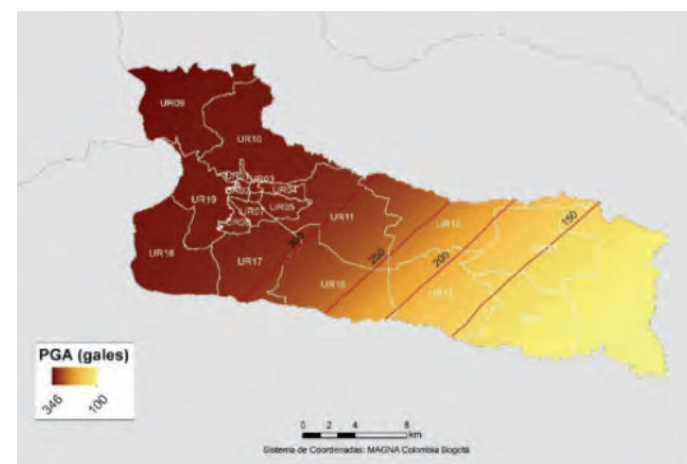
Con el fin de definir la acción sísmica que constituya la base del cálculo para el estudio de riesgo se ha realizado un nuevo estudio de peligrosidad para Villavicencio, con carácter probabilista y para periodos de retorno de 475 y 975 años.

A partir de las aceleraciones obtenidas, se han definido los escenarios sísmicos que más contribuyen a dichas aceleraciones, caracterizados por los denominados sismos de control. Para estos sismos se han estimado los espectros específicos de respuesta, que constituyen las curvas de demanda sísmica a introducir en el cálculo del riesgo.

Para ello, se ha realizado un análisis de la sismicidad y de la tectónica de la zona, se ha confeccionado un catálogo de proyecto, se ha distribuido la sismicidad en zonas sismogénicas, cada una de las cuales presenta un potencial sísmico uniforme, se han calculado las leyes de recurrencia para determinar la distribución temporal de los terremotos y se han determinado las leyes de atenuación para determinar el movimiento del suelo en un emplazamiento dado a partir de la magnitud y distancia del terremoto. Con esto se ha calculado la aceleración en roca, en la Figura 6.19 se muestra la aceleración pico para 500 años de periodo de retorno en gales.

Figura 6.19

Mapa del movimiento esperado como resultado del análisis de amenaza sísmica en roca en términos de aceleración pico (PGA) para periodo de retorno de 500 años

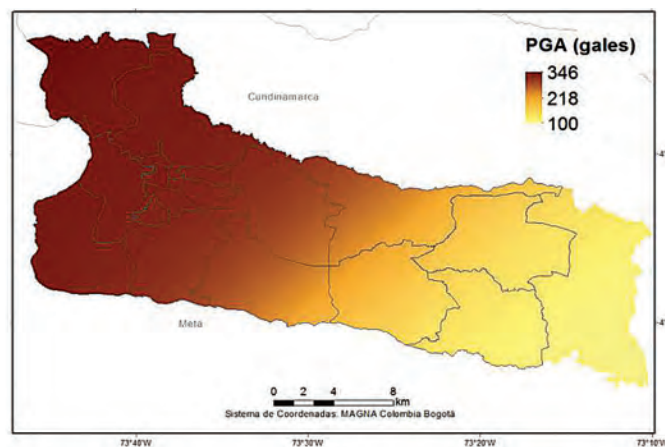


Fuente: IDOM (2016)

Asimismo, se han calculado distintos espectros de amenaza uniforme (UHS), esto representa los valores esperados de una misma probabilidad de excedencia para todas las ordenadas espectrales de interés.

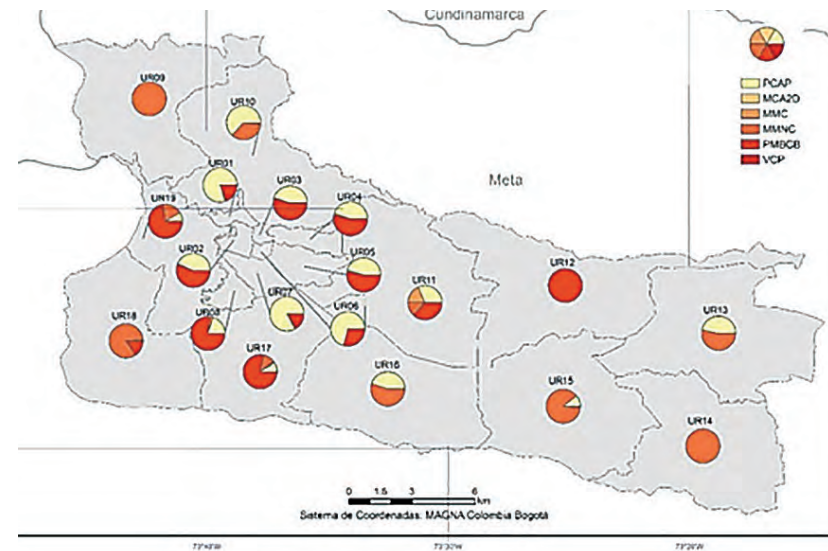
Por último, se ha incluido el efecto local en el cálculo de la amenaza, afectado por la clasificación geotécnica, es decir, se ha tenido en cuenta la forma en la que cada tipo de suelo propaga la onda para poder traducir el movimiento en roca en movimiento en superficie. Esto tiene especial importancia en suelos blandos como los rellenos y los depósitos aluviales que amplifican el efecto del terremoto. En la Figura 6.20, se muestra el movimiento en superficie para 500 años de periodo de retorno en Villavicencio.

Figura 6.20
Mapa del movimiento esperado como resultado del análisis de amenaza sísmica incluyendo el efecto local, en términos de aceleración pico (PGA), para periodo de retorno de 475 años



Fuente: IDOM (2016)

Figura 6.21
Distribución espacial de las tipologías constructivas en la ciudad de Villavicencio



Fuente: IDOM (2016)

6.2.4.2 Exposición al sismo

La exposición se refiere al número de personas e inmuebles expuestos al peligro. En los estudios de riesgo sísmico, se debe crear una base de datos con la localización y características relevantes de los edificios, así como el número de personas que los ocupan.

Para poder aplicar el método analítico de asignación de vulnerabilidad y cálculo de daños, se debe definir un número limitado de tipologías que representen estadísticamente el conjunto del parque inmobiliario. Estas tipologías se han identificado a partir de los atributos de las edificaciones recogidos en la base de datos de exposición.

En la Figura 6.21, se representa la distribución espacial de las tipologías en la ciudad de Villavicencio.

6.2.4.3 Vulnerabilidad al sismo

Una vez que se tiene la base de datos de exposición clasificada en tipología constructiva, número de pisos y nivel de diseño, se procede a asignar a cada una de ellas una curva de capacidad y una función de fragilidad que definen su vulnerabilidad ante terremotos. Una curva o espectro de capacidad, representa el comportamiento de un determinado tipo de edificio ante las fuerzas horizontales causadas por los sismos.

La función de fragilidad representa la probabilidad de que las estructuras sufran daños al alcanzar el máximo desplazamiento horizontal entre plantas debido a la sacudida. Se define como “la representación gráfica de la función de distribución acumulada de la probabilidad de alcanzar o exceder un estado de daño límite específico, dada una respuesta estructural ante una determinada acción sísmica” (Bonnet Díaz, 2003).

6.2.4.4 Cálculo del riesgo sísmico

El cálculo del riesgo, se cuantifica por medio de parámetros de daño, así como de pérdidas humanas y materiales.

Para ello, partiendo de la clasificación de vulnerabilidad anterior, se estima la probabilidad de que una determinada tipología alcance o supere cada uno de los grados de daño predefinidos ante la acción sísmica representativa del escenario de peligrosidad obtenido. En este estudio se ha aplicado el Método Capacidad-Demanda en el que la demanda se identifica con la acción sísmica, mediante el espectro de respuesta y la capacidad viene dada por la curva que refleja el comportamiento de la estructura, desde el régimen lineal hasta el punto de ruptura, mediante el espectro de capacidad. Se determina entonces (1) el punto de desempeño, que corresponde al desplazamiento espectral que se espera que sufra cada tipo de estructura a causa del movimiento sísmico de entrada. Se emplean después (2) las curvas de fragilidad que proporcionan la probabilidad de alcanzar o exceder cada grado de daño, en función del desplazamiento espectral para el punto de desempeño.

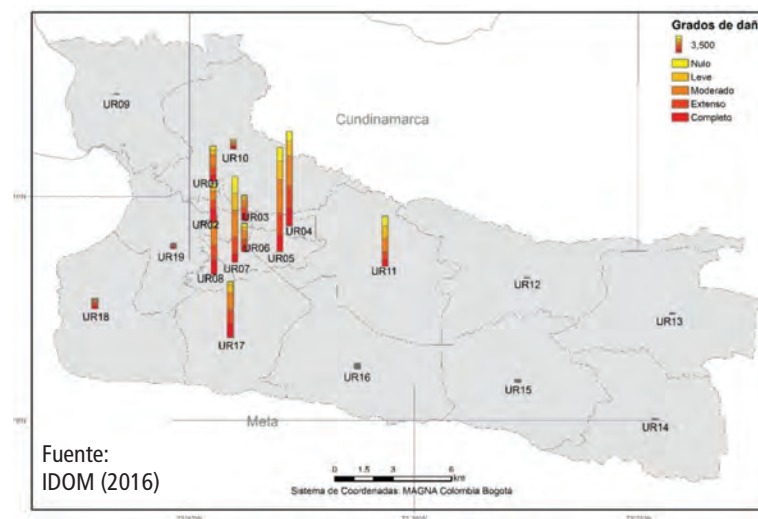
La clasificación de grados de daño de esta metodología se realiza sobre daños estructurales en edificios ordinarios; es decir, de importancia normal y de viviendas convencionales. Los diferentes grados

de daño considerados son: leve, moderado, extensivo y completo, además del daño nulo.

El resultado de un estudio como el propuesto comprende un gran conjunto de variables que dan una visión global del riesgo en el municipio de estudio. Estos resultados están destinados a la interpretación y toma de decisiones de personal no especializado en la materia como gestores económicos, políticos y técnicos de protección civil, cuyo objetivo final, en este caso, es diseñar planes de ordenamiento territorial. Por este motivo, la transmisión concisa y clara de los resultados se considera un apartado de especial importancia dentro del estudio.

Teniendo en cuenta la naturaleza de las variables resultantes y la necesidad de transmitir las de un modo intuitivo y de fácil interpretación, estas son mostradas por medio de una colección de tres mapas donde se expondrán los resultados del estudio: mapa de grados de daños en cada unidad de representación, como lo muestra la Figura 6.22, mapa de viviendas inhabitables (Figura 6.23, izquierda) y mapa de daño medio (Figura 6.23, derecha).

Figura 6.22
Mapa de estimación de grados de daño en viviendas para Mw 7.0 (PR 475 años)



Fuente:
IDOM (2016)

Se observa que el mayor número de viviendas dañadas se espera en el área urbana de Villavicencio, que es donde más densidad de viviendas hay. Las secciones censales de la periferia tienen un menor número de viviendas, y por tanto, menos viviendas dañadas.

Otros parámetros que dan información de la severidad del escenario de riesgo calculado, son el número de viviendas inhabitables y el daño medio. Estos parámetros son más generalistas, lo que permite tener una visión global de los daños esperados.

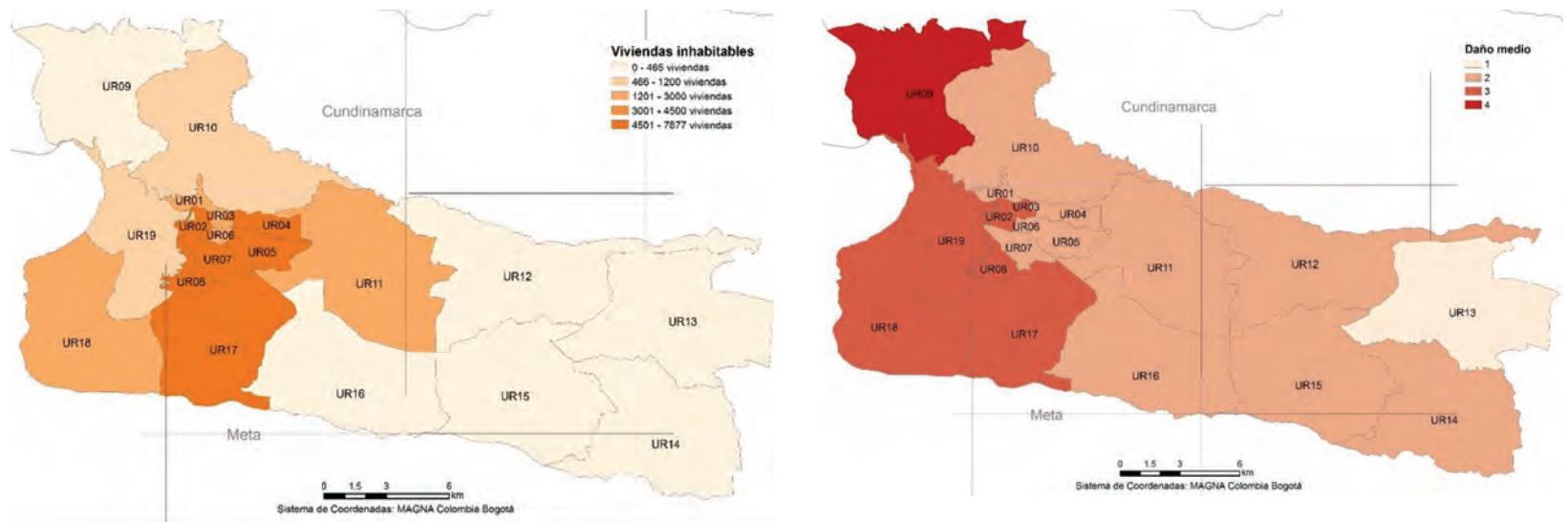
La Figura 6.23, parte izquierda, muestra el número de viviendas que se espera resulten inhabitables en cada unidad de representación. Se

consideran viviendas inhabitables todas aquéllas que han alcanzado daño completo y el 90% de las que han alcanzado daño severo.

Asimismo, en la parte derecha de la Figura 6.23, se observa una representación del daño medio, que pondera los daños en función de su severidad. En este mapa se ve claramente que las unidades de representación de mayor daño medio (4) son las más cercanas a la falla, donde el daño completo es algo más notable. El daño medio disminuye hacia el este, ilustrando la forma como los daños se van reduciendo a medida que la sacudida pierde fuerza al alejarse de la fuente. El daño medio predominante en la ciudad de Villavicencio es 2, en una escala de 0 a 4.

Figura 6.23

Número de viviendas que se estima queden inhabitables (izquierda) y daño medio (derecha) para el sismo Mw 7.0 (PR 475 años)

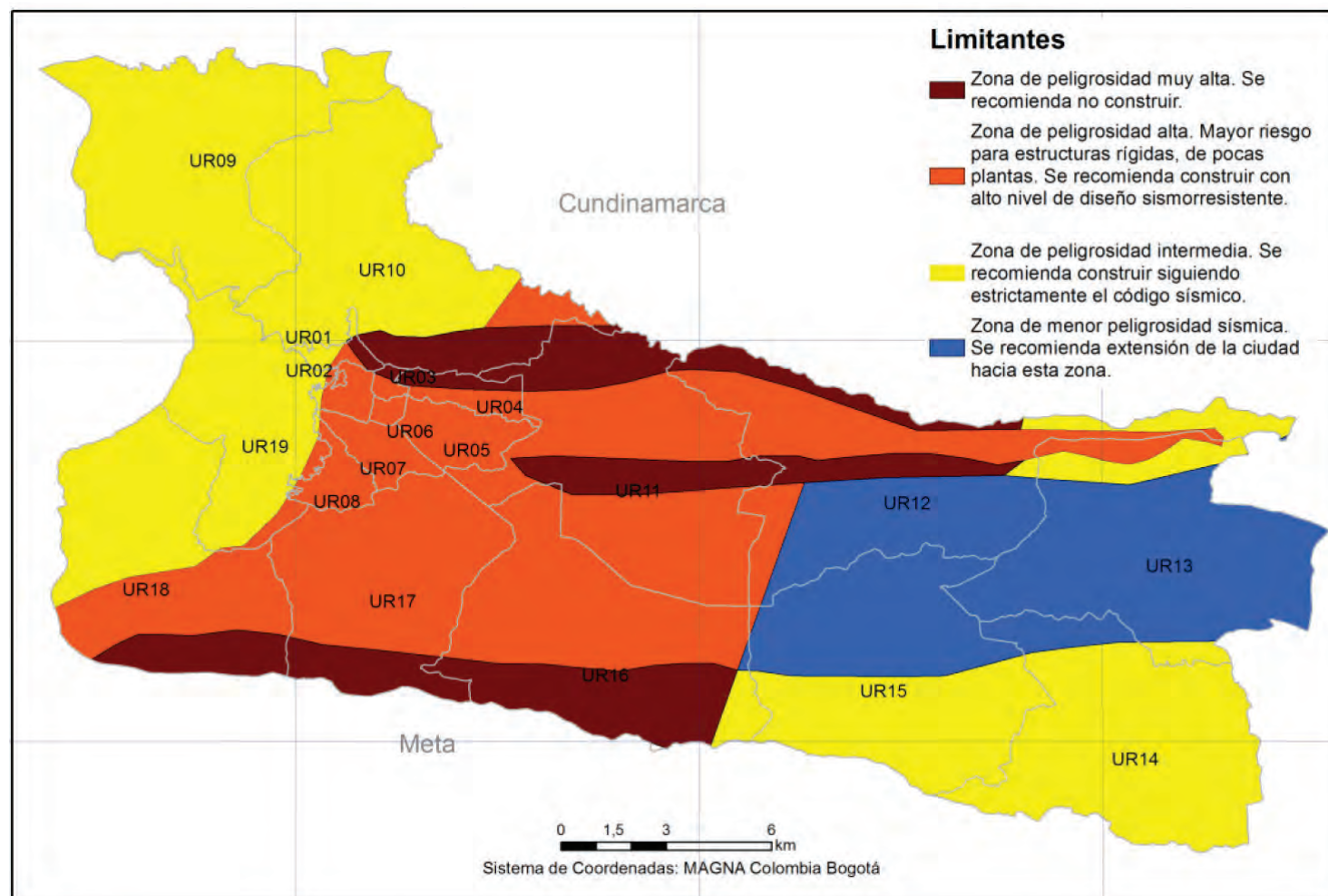


Fuente: IDOM (2016)

En la Figura 6.24, se muestra la forma como la zona de menor amenaza, representada en color azul, se sitúa al este de la ciudad, donde sería más recomendable proyectar el crecimiento urbanístico, cuando se ocupen el resto de zonas más cercanas al núcleo

actual, por lo que esta zona se ocuparía más allá de 2050, horizonte temporal de estos estudios. Por tanto, las construcciones que se realicen en los próximos años, deben tener un alto nivel de diseño sismorresistente al encontrarse en zona de amenaza alta.

Figura 6.24
Mapa de limitantes constructivas para la ciudad de Villavicencio



Fuente: IDOM (2016)

6.3

ESTUDIO DE CRECIMIENTO URBANO

El objetivo de este estudio es comprender las distintas dinámicas que han acontecido en el proceso de crecimiento de la ciudad de Villavicencio, identificando además las fortalezas y debilidades que presenta para su desarrollo futuro. El estudio buscará entregar recomendaciones para un desarrollo urbano sostenible, evitando un crecimiento desordenado y excesivo de la ciudad, con el objetivo final de mejorar la calidad de vida de sus habitantes.

6.3.1 Diagnóstico

6.3.1.1 Evolución histórica de la huella urbana de Villavicencio

El plano más antiguo de la ciudad corresponde al año 1840. En este plano se aprecia la extensión del trazado fundacional. En 1900 la huella urbana se multiplica por 4, comprendida por 10 manzanas, en donde se localizó la Plaza de los Libertadores y la Catedral de Nuestra Señora del Carmen. La población de Villavicencio, empieza a aumentar significativamente a partir del 1936, momento en que se construye el primer puente sobre el río Guatiquía y el carreteable, que comunica a la ciudad con la capital del país.

En 1948, los enfrentamientos entre liberales y conservadores, los cuales se acrecentaron después de la Guerra de los Mil Días, frenan las inmigraciones y producen el desplazamiento forzoso de varias familias. En 1953 se decreta la amnistía de los guerrilleros pacificándose así la ciudad y produciendo la llegada masiva población provenientes de otras regiones de Colombia.

En 1970, la escasez de soluciones de vivienda en el municipio, genera las primeras invasiones de estrato 1 sobre los caños

Parrado, Gramalote y Maizaro. También aparece la invasión del barrio informal La Chorrera sobre la margen derecha del río Guatiquía.

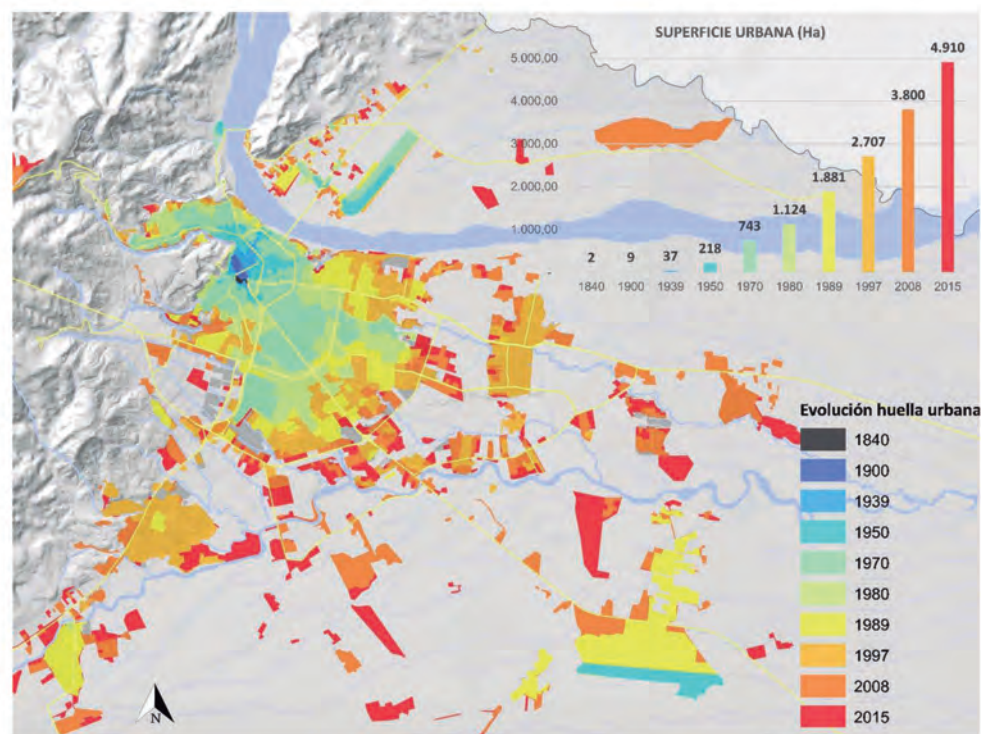
En la década de los años 80, aunque el crecimiento de la huella urbana en consolidación no es significativo, la ciudad crece desarticuladamente en todos sus costados: al norte, sobre la margen izquierda del Río Guatiquía y alrededor de la base militar de Apiay, aparecen los primeros conjuntos cerrados de vivienda campestre. Al sur, sobrepasando el río Ocoa, a más de 5 kilómetros del casco urbano en consolidación, encontramos Ciudad Porfía.

En la primera década del siglo XXI la violencia se incrementa y por lo tanto la población desplazada. Entre 1999 y 2012 llegan a la ciudad 67.717 desplazados. Esto, sumado a la falta de reacción del gobierno, trae consigo un crecimiento explosivo y desordenado en todo el municipio.

Adicionalmente, a finales del 2005 y comienzos de 2006, se presenta una etapa de grave inestabilidad institucional conocida como “La Crisis de los Nueve Alcaldes”, lo cual desencadenó una falta de planeación e inversión en la ciudad.

A raíz de todo esto hoy encontramos una ciudad desarticulada, con un importante porcentaje de suelo vacante, zonas sin mezcla de usos del suelo, áreas industriales absorbidas por la vivienda, conjuntos cerrados de todos los estratos y una grave segregación socio-espacial (Figura 6.25).

Figura 6.25
Crecimiento de la huella urbana para los años disponibles



Fuente: IDOM (2016)

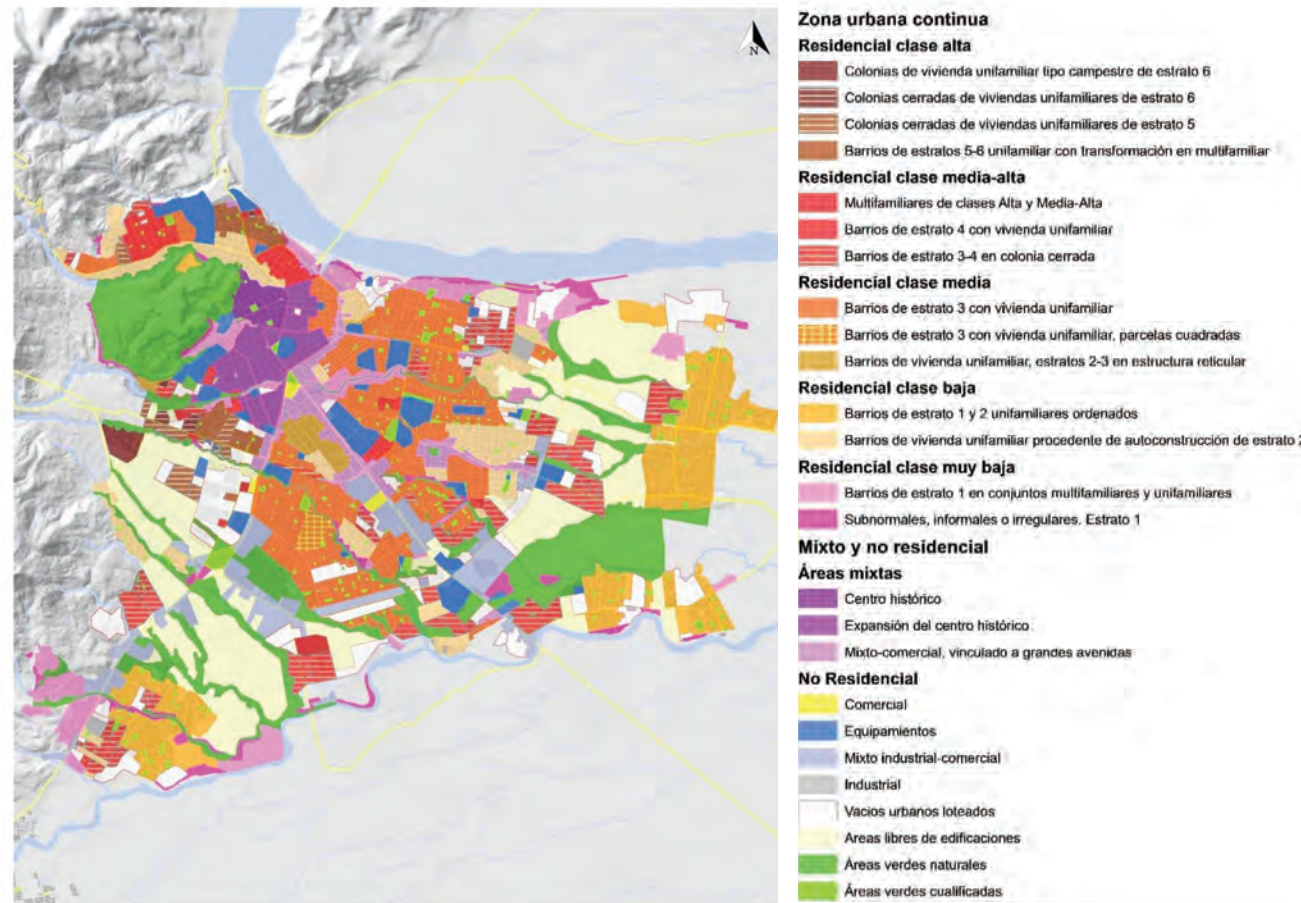
6.3.1.2 Características de la huella urbana actual

Para el análisis espacial del crecimiento se plantea una división del territorio por "clases de análisis homogéneas". Se trata de una división de Villavicencio en segmentos que presentan cierta homogeneidad del hábitat, considerando para ello la morfología, densidad, grado de consolidación, usos del suelo, tipología edificatoria, presencia de áreas verdes y estrato, entre otros (Figura 6.26).

Finalmente, este análisis se usa en el diagnóstico y en el diseño de escenarios, considerando la proyección de las clases o segmentos en el futuro, también nos arroja las primeras conclusiones sobre las características de la huella urbana actual.

Encontramos una ciudad con una baja mezcla de usos del suelo, un déficit importante de zonas verdes, una tendencia de crecimiento a través de conjuntos cerrados en todos los niveles socioeconómicos y una alta segregación social, en donde los estratos menos favorecidos, se han localizado a través de los años en la periferia de la ciudad, algunos en zonas vulnerables por inundación o con problemas de remoción en masa. Eso, mientras los de mayor poder adquisitivo se localizan en los anillos más cercanos al centro de la ciudad y con unas características urbanas de mayor calidad que aquellas de los barrios de estratos bajos.

Figura 6.26
Plano zonas homogéneas



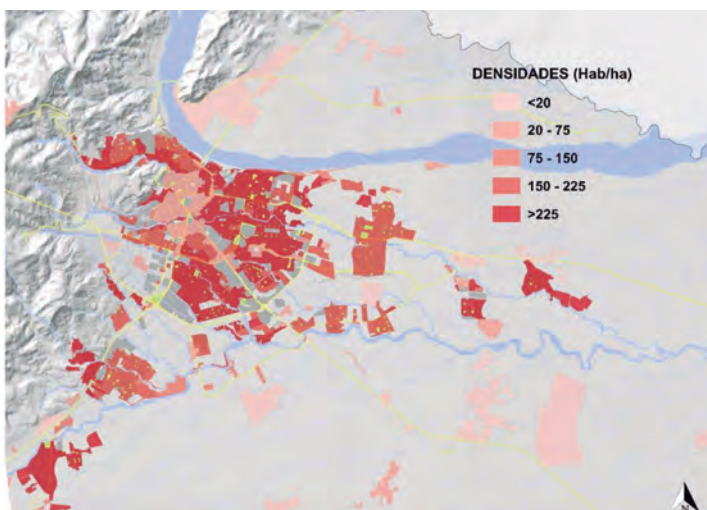
Fuente: IDOM (2016)

6.3.1.3 Aspectos claves del diagnóstico

Al analizar a profundidad la ciudad, se concluye que los aspectos más representativos para estudiar en detalle son: la densidad, la segregación social, los asentamientos subnormales en la periferia de la ciudad y en la margen de ríos y caños, la desarticulación de la ciudad en las nuevas zonas de expansión, la presencia de algunos vacíos urbanos en la mayoría de las comunas y el déficit de zonas verdes y espacio público.

- **Densidad:** la densidad urbana de Villavicencio es similar a la media de otras ciudades internacionales y es algo superior en comparación con otras ciudades de las CES, a pesar de contar con un importante porcentaje de vacíos urbanos en la totalidad de su huella, ubicarse en un entorno más o menos llano con suficiente terreno para el crecimiento y tener una predominancia de tipología de vivienda unifamiliar (Figura 6.27).

Figura 6.27
Distribución de densidad según clases de análisis



Fuente: IDOM (2016)

La densidad bruta de Villavicencio es de 96 hab/ha; ocupando el número 4, entre las dieciséis ciudades estudiadas y está por encima de la media de las ciudades de las CES.

La densidad neta de Villavicencio es de 194 hab/ha, siendo el valor más elevado de todas las ciudades de las CES. La densidad neta construida es de 47 viviendas/ha.

En Villavicencio, exceptuando las áreas mixtas, que obviamente presentan una menor densidad, ya que en las mismas existe predominancia de otros usos diferentes a los residenciales y el segmento social alto (5 y 6) y medio alto (4), menos representativos en la ciudad, ya que el primero abarca 15.000 habitantes ubicados en 111 ha, lo que supone una densidad neta de 136 hab/ha y el segundo 61.500 habitantes en 346 ha, con una densidad de 178 hab/ha y por debajo de los 197 de media de la ciudad. El resto de segmentos (1, 2, y 3), presentan densidades por encima de la media, entre 219 y 234 hab/ha y acogen la mayoría de población de la ciudad.

- **Segregación socio-espacial:** Villavicencio es una ciudad que presenta síntomas de injusticia y segregación social. Una de las causas principales es la estratificación socioeconómica. Ésta división espacial del territorio ha condicionado el desarrollo de la ciudades según el estrato, donde los más pobres deben ubicarse a la periferia, en sectores de bajas calidades urbanas o en zonas de alto riesgo, y los más ricos en las mejores zonas de la ciudad.

Para entender la segregación social en Villavicencio se considera el análisis de las clases urbanas homogéneas, que se usan para caracterizar la segregación e injusticia social en la ciudad. En la ciudad existen unos 200.000 habitantes que se encuentran en estratos 1 y 2, y un hábitat menos cualificado, lo que se corresponde con el 49% de la población urbana, de los cuales, unos 12.000 habitantes (3% de la población urbana) son asentamientos subnormales; estas áreas se caracterizan por estar en la periferia, con una densidad muy alta y muy consolidada.

Una de las consecuencias de esta segregación socio-espacial son los asentamientos subnormales en la periferia de la ciudad y en las márgenes de ríos y caños.

- **Desarticulación de la ciudad en las nuevas zonas de expansión:** Villavicencio presenta una importante descontextualización de los nuevos desarrollos hacia la periferia. A raíz de la falta de control y bajo nivel de respuesta por parte de la administración, la ciudad con el paso del tiempo, fue buscando espacios para suplir las necesidades de vivienda. Esta suma de factores, permitió que los urbanizadores piratas en conjunto con la población más vulnerable generaran barrios ilegales y de invasión, sin ningún tipo de infraestructura, desarticulados de la ciudad y en zonas de alto riesgo, algunas a más de 10 km del casco urbano consolidado.

También se han venido desarrollando en los últimos años conjuntos de vivienda de interés prioritario bajo la iniciativa de viviendas gratis del Gobierno Nacional. Estas viviendas

se encuentran completamente segregadas tanto espacial como socialmente, y serán un problema en el futuro próximo de la ciudad.

- **Vacios urbanos: la expansión no planificada, asociada a la necesidad de tierra de fácil desarrollo que cubra el déficit de vivienda, ha generado múltiples vacíos dentro de la huella urbana.** Este problema se presenta casi en todos los barrios de la ciudad, sin importar el estrato. Encontramos lotes de engorde que no se desarrollaron en el momento adecuado, cuando la ciudad lo requería y hoy están detenidos en el tiempo, perdiendo valor y creando una alta discontinuidad en la huella urbana.

En total, se consideran cerca de 1.010 ha de suelos vacantes en la ciudad. Estos se localizan en forma dispersa, heterogénea e irregular, predominando algunos sectores en la periferia, principalmente en las comunas 4, 5, 7 y 8. Estas 1.010 ha se dividen en 341 ha de vacíos urbanos ya loteados y 669 ha de áreas libres aún sin lotear, dentro del perímetro urbano (Figura 6.28).

Figura 6.28

Localización vacíos dentro de la huella urbana continua y en consolidación



Fuente: IDOM (2016)

- **Áreas verdes y espacio público:** el entorno de la ciudad de Villavicencio es privilegiado. La ciudad y su área de influencia cuenta con importantes áreas de alto valor ecológico y paisajístico, como son el entorno de los ríos Guatiquía y Ocoa, el piedemonte de la cordillera Oriental, un importante sistema de humedales, conformado principalmente por los humedales Coroncoro, Calatrava y Zuria y algunos caños, entre otros. No obstante, la dotación de áreas verdes y espacio público en la ciudad es deficitaria.

La dotación de áreas verdes totales en Villavicencio es de 19,57 m²/hab, lo que se corresponde con un valor medio, en comparación con otras ciudades de la ICES. Este valor se divide en una dotación de áreas verdes calificadas de 2,83 m²/hab, lo que representa un valor muy bajo para los estándares colombianos e internacionales y no calificadas de 16,74 m²/hab. Estas áreas no calificadas se corresponden con importantes parajes naturales forestados en la ciudad, pero que no se constituyen como espacios de esparcimiento y uso público de los villavicenses. En conclusión la dotación de espacio público en Villavicencio es baja, con un valor de 3,49 m²/hab (Figura 6.29).

Figura 6.29

Vista de las áreas verdes consideradas



Fuente: IDOM (2016)

6.3.2 Escenarios de crecimiento urbano

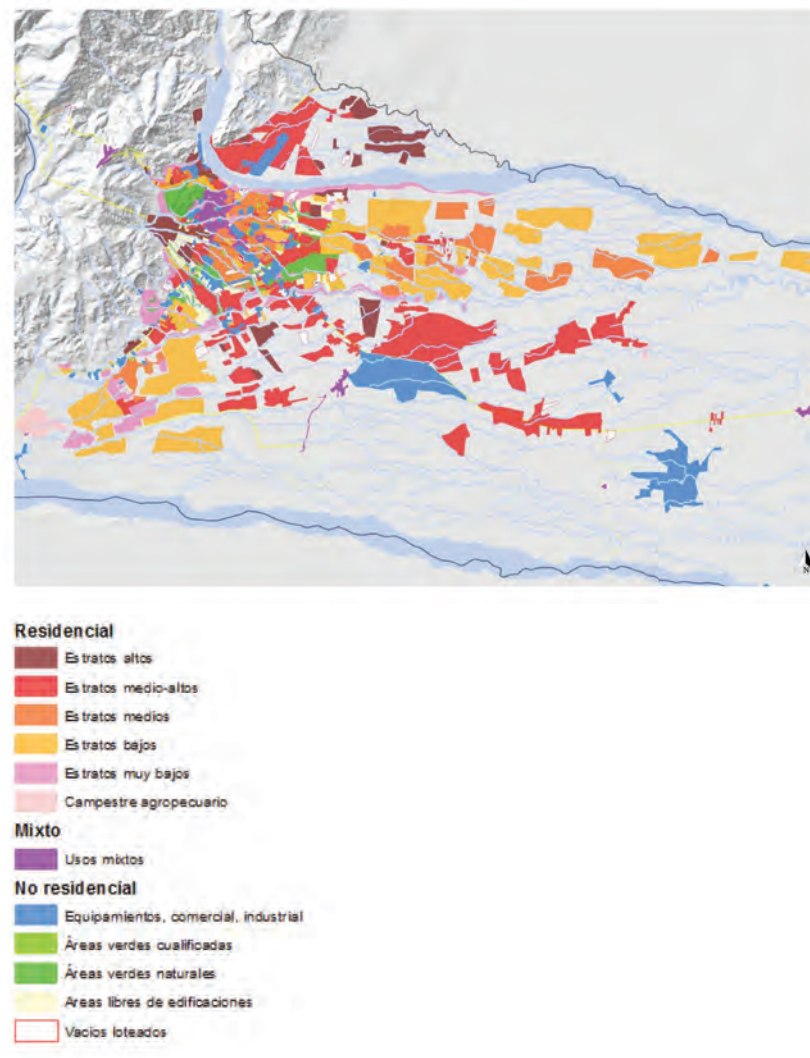
Luego de realizar los distintos análisis multisectoriales y obtener un diagnóstico claro de la situación actual, se procede al diseño de los escenarios de crecimiento. El primer paso es establecer los criterios para el desarrollo futuro de Villavicencio, los que se dividen en dos categorías para los tres escenarios:

- Consolidación y densificación de la huella urbana actual.
- Nuevas zonas de desarrollo.

En primera medida se calcula cuánta población ocuparía las zonas dentro del perímetro urbano actual, luego cuánta entrará en las zonas de expansión y de desarrollo propuestas por el POT y finalmente, se estima cuánta población requerirá aún más suelo nuevo en estos horizontes temporales.

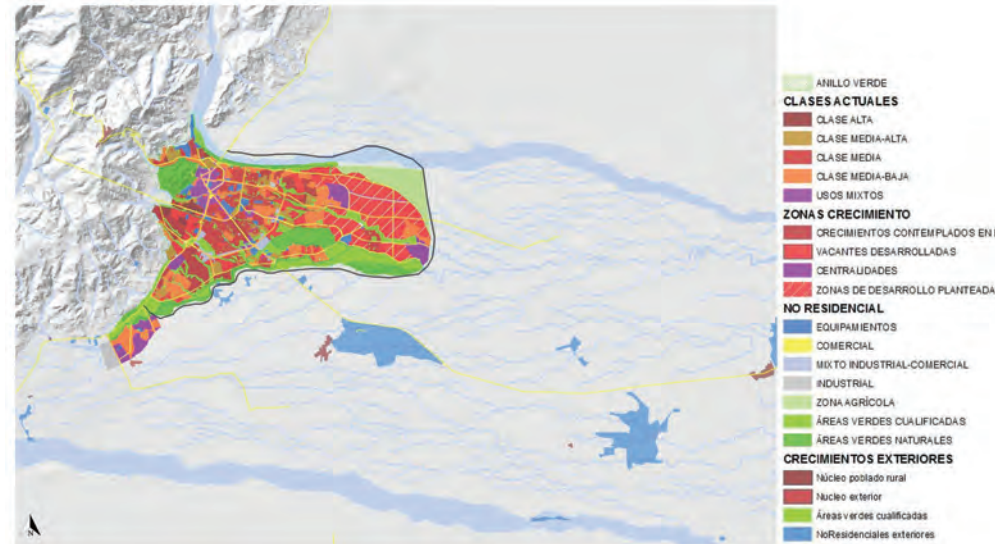
- **Escenario tendencial:** se pronostica un proceso de densificación muy limitado por el alto costo del suelo urbano y la baja tendencia al desarrollo integral y planificado del suelo de expansión y rural. Se pronostica un crecimiento explosivo de la huella urbana y una baja en las densidades construidas y de población. La huella urbana crecería un 88% en el período 2014-2050, llegando a casi 19,4 km², comparados con los actuales 10,3 km². (Figura 6.30).
- **Escenario óptimo:** fuerte proceso de consolidación, renovación urbana y densificación. Relocalización de la población ubicada en la margen de los ríos y caños. Mejoramiento de barrios como La Reliquia, Los Maracos y Ciudad Porfía. Ampliación de los usos mixtos asociados a la malla vial principal, creación de cuatro nuevas centralidades en la periferia de la ciudad y trasladado de la industria fuera del perímetro urbano. Se plantea un anillo verde de contención, conectándose con los parques lineales del río Guatiquía y Ocoa, paralelo a la circunvalar propuesta. De igual forma, se incorporarán nuevas áreas verdes y algunos ejes cívicos que las conectan. La huella urbana crece de modo planificado en zonas sin limitantes para el crecimiento. La huella llegaría a 7,6 km² en el 2050 (Figura 6.31).

Figura 6.30
Escenario tendencial,
mapa de escenario
horizonte 2050



Fuente: IDOM (2016)

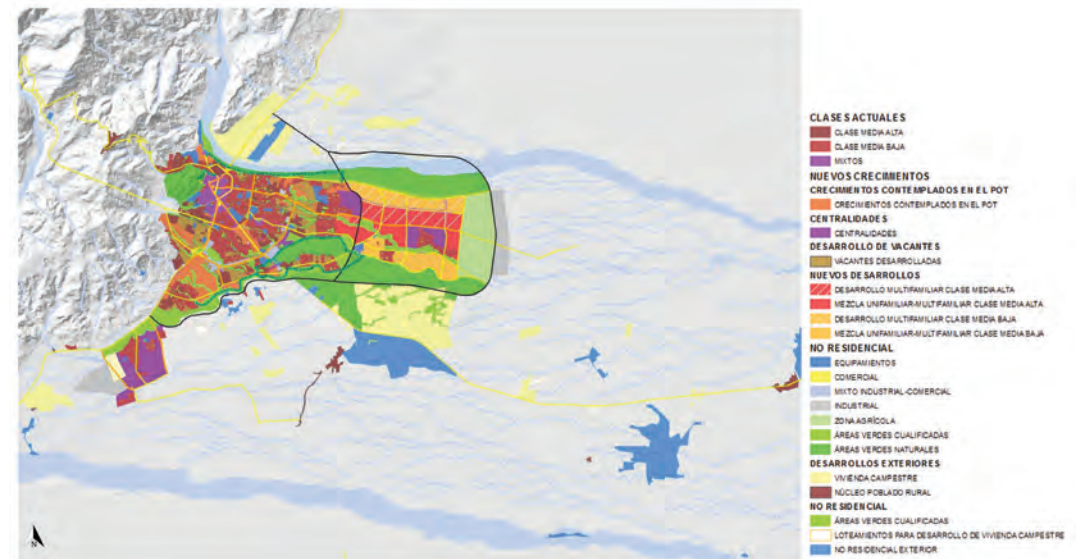
Figura 6.31
Escenario óptimo mapa de
escenario horizonte 2050



Fuente: IDOM (2016)

- Escenario intermedio:** corresponde a un escenario factible de implementar, basado en los mismos objetivos y propuestas urbanas planteadas en el escenario óptimo, pero incorporando variables de dificultad de disponibilidad de recursos, tendencias inmobiliarias y limitantes burocráticos. El crecimiento en este escenario, buscará también la mayor consolidación posible de la huella urbana actual, y un crecimiento planificado en algunas zonas de expansión. La huella urbana crecería un 60% respecto a la huella urbana actual, llegando a los 16,5 km² el año 2050. (Figura 6.32).

Figura 6.32
Escenario intermedio, mapa de escenario horizonte 2050

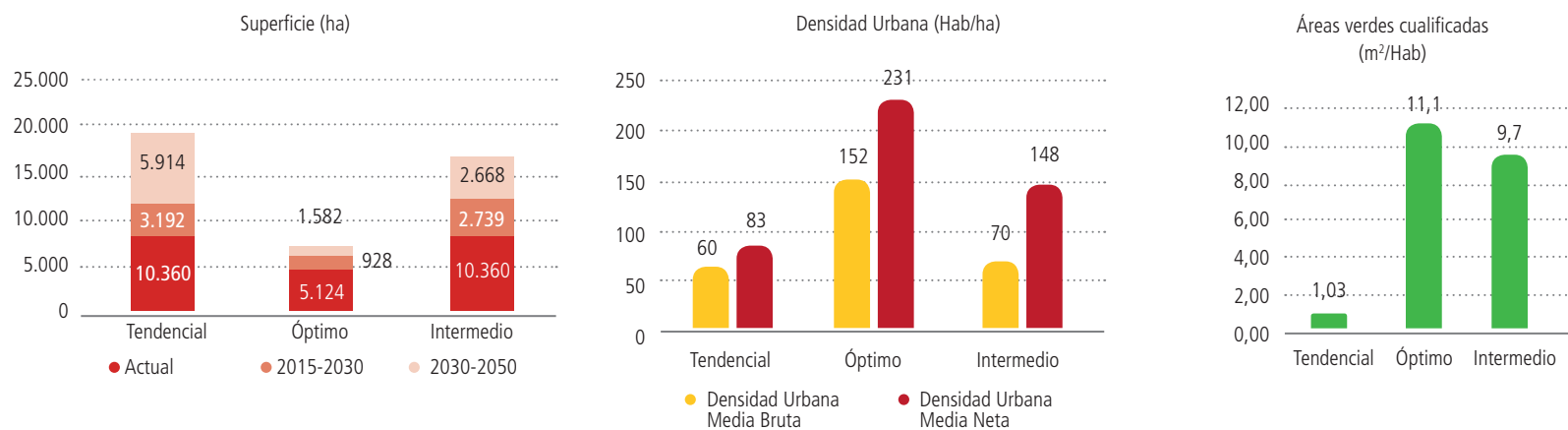
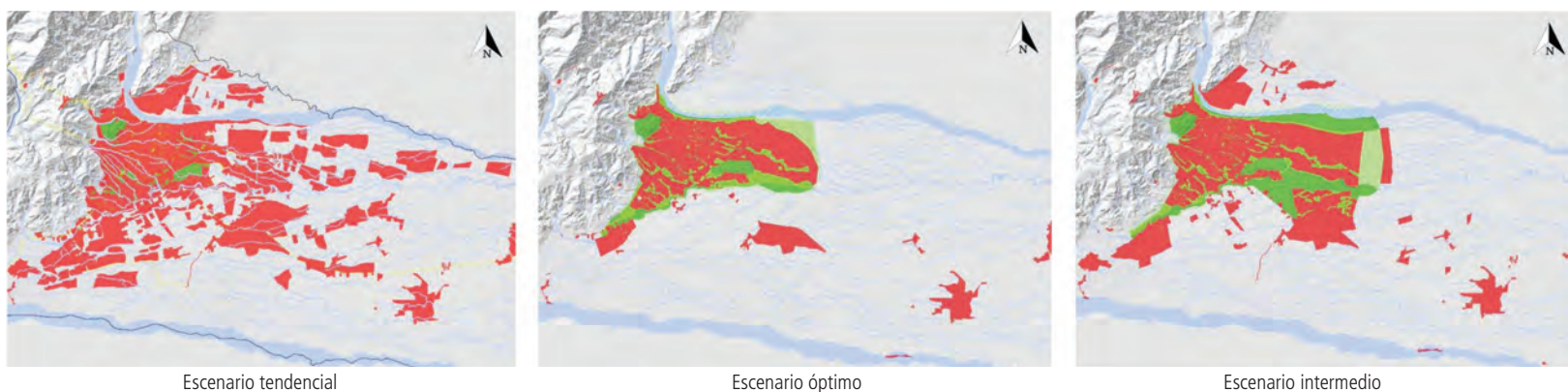


Fuente: IDOM (2016)

Comparación entre escenarios de crecimiento

A continuación, en la figura 6.33, se muestra la huella urbana de los tres escenarios proyectados. El escenario tendencial presenta una situación de expansión, llegando casi a duplicar la huella urbana actual en el horizonte 2050. En el caso del escenario óptimo la huella se reduce un 26% y en el escenario intermedio la huella aumenta en un 52%. De igual forma, en esta figura se observan las diferencias entre los escenarios con respecto a superficie, densidad urbana y áreas verdes cualificadas.

Figura 6.33
Comparativo entre escenarios de crecimiento



Fuente: IDOM (2016)



6.3.3 Hoja de ruta para el crecimiento urbano sostenible

El presente módulo es parte de los estudios base para el desarrollo del plan de acción de Villavicencio. Es por esta razón que, como parte de las conclusiones finales del módulo, se incluyen algunas recomendaciones para el desarrollo de propuestas del plan de acción.

Estas recomendaciones están orientadas a poder cumplir con los objetivos trazados para los escenarios óptimo e intermedio diseñados. Estos escenarios de crecimiento sostenible requieren de un importante flujo de inversiones que garanticen mejoras en la calidad de vida urbana de la ciudad en temas variados como espacio público, movilidad, cohesión social y mejoramiento integral de barrios, entre otros.

Los principales problemas identificados en Villavicencio son consecuencia de una deficiente planificación y gestión del territorio, sumado a una alta segregación socio-espacial. Es importante planificar el crecimiento por prioridades y etapas para que así la ciudad deje de crecer de manera desordenada, conteniendo y controlando la tendencia dominante de crecimiento disperso, desordenado y de baja densidad.

La oportunidad del nuevo POT está en aprovechar los cobros de plusvalía que se generaron por cambios en la normativa y los usos del suelo, permitiéndole recaudar fondos para invertir en la infraestructura que soporte las densificaciones propuestas y en nuevos proyectos urbanos integrales, de gran escala, que transformen la ciudad.

A continuación, se enumeran algunas recomendaciones de actuación priorizada, de cara a lograr un crecimiento sostenible en las próximas décadas para la ciudad de Villavicencio. Estas deben ser consideradas tanto en futuros instrumentos de planificación como en estudios y obras a realizar en la ciudad.

Aumentar el espacio público y generar una infraestructura verde metropolitana

El POT propone llegar a una meta de 6,5 m² de espacio público por habitante a través de parques ubicados en predios vacantes en algunas zonas de la ciudad y unos parques lineales. Sin embargo, no se plantea una red de espacio público que conecte lo existente con lo propuesto y a su vez con los elementos naturales de la ciudad. Es importante aumentar el índice de espacio público por habitante de manera homogénea en todo el territorio. Para esto se plantean las siguientes intervenciones que se complementan entre sí:

Parques lineales de los ríos Guatiquía y Ocoa: estos parques lineales son de vital importancia para la ciudad en términos ambientales ya que a través de estos se lograría recuperar la ronda de los ríos y así disminuir el riesgo de inundación de los barrios de estratos bajos que hoy se localizan en sus márgenes. El parque lineal del río Ocoa se debe convertir en parte del crecimiento de la ciudad.

Estos parques se pueden zonificar en diferentes sectores de intervención dependiendo de su ubicación y de su situación ambiental y jurídica. Para el diseño de estos parques de escala metropolitana se plantea lo siguiente:

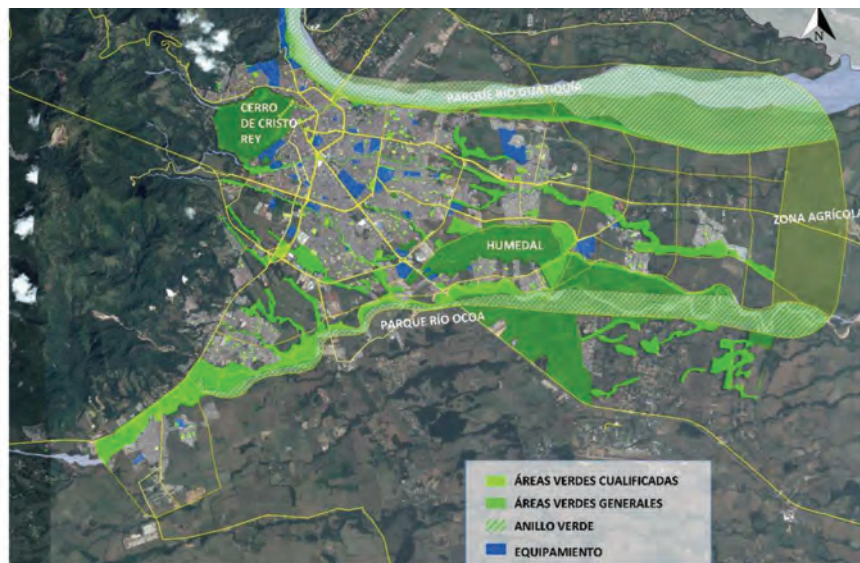
- Concentrar la recreación activa en los sectores que por condiciones ambientales se permita.
- Desarrollar otras zonas de los parques con proyectos de recreación pasiva como senderos ecológicos, playas y terrazas para bañarse y contemplar los ríos.
- Interconectar los sectores seleccionados con ciclorrutas, alamedas, circuitos y senderos.
- Crear dos ejes cívicos respectivamente, con carácter *parkway*, que atraviesen la ciudad de oriente a occidente. No exceder el tamaño de este perfil para no generar una cicatriz que desconecte el parque peatonalmente.
- Conectar los parques con otros espacios públicos de la ciudad a través alamedas u otros parques lineales de menor

escala que atraviesen la ciudad en sentido norte-sur, para así darle una mayor conectividad peatonal. Estos parques lineales deben no solo deben conectar los dos ríos sino a su vez conectarse con el sistema de humedales que se localiza en su intermedio, para así generar una red de espacios públicos que aprovechen los elementos naturales de la ciudad.

- Promover los proyectos de usos mixtos sobre los sectores que den frente al parque para así complementar la zona con usos comerciales, oficinas y equipamientos que le den vida a lo largo del día.
- Dar accesibilidad al parque con transporte público: contemplar dentro del perfil vial un carril para el Sistema Estratégico de Transporte Público y otros dos para vehículos particulares.
- De igual forma, prever zonas para estacionamientos localizadas en los puntos estratégicos de conexión transversal.

Figura 6.34

Infraestructura verde propuesta



Fuente: IDOM (2016)

Anillo verde de contención al sur de la ciudad: generar un área verde de contención para las etapas posteriores de crecimiento de la ciudad, que acompañe el río Ocoa al sur de la ciudad y que se conecte al oriente con el parque lineal del río Guatiquía; de este modo, rodear la ciudad con un cinturón que contenga su crecimiento y dote los barrios de estratos bajos y medios ubicados en la periferia, tanto existentes como propuestos, con un parque de escala metropolitana. (Figura 6.34).

Parques lineales a lo largo de los caños principales (Parrado, Gramalote, Maizaro, Buque y Cuerera): la ciudad debe aprovechar estos elementos naturales para generar una red verde que no solamente dote de espacio público a los barrios que atraviesa sino que adicionalmente conecte la ciudad en todos los sentidos a través de parques y alamedas, que a la vez sirvan como ronda de protección contra posibles inundaciones. Estos pequeños parques deben conectarse con el cerro de Cristo Rey, con los parques del sistema de humedales y con los ríos Ocoa y Guatiquía.

Parque mirador desde el cerro de Cristo Rey: aprovechar el acceso existente al cerro Cristo Rey, para generar senderos ecológicos que se conecten con el parque lineal del caño Parrado y con el centro histórico de la ciudad, a través de recorridos peatonales que creen un circuito turístico dentro de la ciudad y finalicen en un parque mirador de escala zonal, en la cumbre del cerro.

Puesta en valor de vacíos urbanos para espacio público y equipamientos: así como lo propone el POT en algunos sectores de la ciudad, se pueden ubicar algunos vacíos urbanos que por su localización estratégica y su área se aprovechen como zonas verdes o como equipamientos de escala urbana o zonal que complementen la red de espacio público propuesta. La pérdida de su edificabilidad se puede compensar en otras operaciones urbanas que se den en otros suelos de desarrollo.

Tanto en las zonas de expansión urbana como en los sectores consolidados, proyectar una dotación de parques de escala zonal y vecinal que suplan las necesidades locales de los barrios con mayor déficit: sobre todo en zonas como Ciudad Porfía o San Antonio.

Plan de recuperación y revitalización del Centro Histórico

El Centro Histórico de Villavicencio a su vez es el centro económico de la ciudad; es importante anotar que dentro del mismo no se presenta una alta densidad, debido al alto precio del suelo. Por lo anterior, se presenta falta de vivienda y alta presión generada por los usos comerciales. Dado que es la única centralidad de la ciudad, presenta altos niveles de tráfico y por ende, de contaminación durante horas del día; problema que se suma a la no existencia de un sistema integrado de transporte público que circule de manera organizada por este sector de la ciudad.

Asimismo, la escasa densidad de habitacional del centro histórico genera una zona sin vecindad activa, especialmente en la noche, con creciente desarraigo, promoviendo así el aumento de la degradación social y la inseguridad. En general, la zona icónica de la ciudad se ve deteriorada.

En complemento a lo anterior, se resalta la no continuidad de senderos peatonales y la falta de ciclorrutas; así como en ocasiones se presenta obstrucción de los senderos peatonales por parte de vendedores ambulantes.

Por lo anterior, es importante plantear proyectos en los cuales se genere la reubicación de los vendedores ambulantes ya sea en plazas o mercados adaptados para tal fin; se mejore la infraestructura de los senderos peatonales y se generen ciclorrutas, que mejoren la movilidad de la zona. Del mismo modo, se plantea la peatonalización de vías de importante carácter histórico, influenciado por los usos comerciales y por el sector universitario localizado en la zona. Esta red peatonal debe conectarse con los senderos ecológicos que lleven al Cerro de Cristo Rey y su mirador propuesto.

La operación urbana del centro histórico, tiene como objetivo la recuperación y revitalización, a través de la diversificación de usos, complementando el comercio con el uso de vivienda y regeneración barrial, la conservación del patrimonio y la puesta en valor del recurso turístico.

Con esta intervención integral, Villavicencio podría lograr que su centro histórico se convierta en bien de interés cultural, al igual que en otras ciudades colombianas.

Plan parcial de renovación urbana en torno a la Av. Carrera 33 y sobre la Avenida Carrera 40

Generar dos intervenciones urbanas integrales que permitan aprovechar terrenos de gran valor y solucionar el conflicto de usos del suelo que encontramos sobre la Avenida Carrera 33 y sobre la Avenida Carrera 40 al sur del anillo vial. Los objetivos son:

- Crear una nueva centralidad sobre la Avenida Carrera 40, al sur del anillo vial.
- Aprovechar los predios en tratamiento de renovación urbana para diseñar proyectos en altura media; aquellos entre 7 y 9 pisos, con mezcla de usos y zonas verdes que doten esta parte de la ciudad.
- Reordenar los barrios consolidados.
- Relocalizar las industrias existentes sobre las vías a Acacias y sobre la vía Catama, a las afueras de la ciudad, dentro de dos parques industriales planificados.

Plan movilidad y conectividad vial

Para mejorar la movilidad de la ciudad se proponen las siguientes intervenciones (Figura 6.35):

- Trazar una carretera circunvalar los costados sur, oriente y norte, desviando el tráfico pesado que hoy en día atraviesa la ciudad y genera grandes inconvenientes de congestión vehicular y también accidentes. Esta circunvalar, conecta la vía a Acacias con la Avenida Carrera 22 y con la Avenida Catama, hasta llegar a la vía del Piedemonte Llanero. Se recomienda planificarla en dos etapas, tanto para el año 2030 como para el 2050, debe delimitar el crecimiento propuesto para cada escenario temporal.
- Generar una red primaria de avenidas y calles en las zonas bajo el tratamiento de desarrollo tanto en suelo urbano como en suelo de expansión.

- Trazar dos vías tipo *parkway* o vías paisajísticas, paralelas a los parques lineales de los ríos Guatiquía y Ocoa, que atraviesen la ciudad en sentido oriente-occidente y rodeen el sistema de humedales.
- Diseñar un sistema de peatonal y de ciclorrutas que se integre tanto con los espacios públicos existentes y propuestos como con los elementos naturales que distinguen a la ciudad, tales como el cerro Cristo Rey, el sistema de humedales y los caños, entre otros.
- Generar nuevos pasos sobre los principales caños que le den continuidad a la malla vial secundaria, para así disminuir el tráfico sobre las vías principales.
- Darle continuidad a la malla vial secundaria de los barrios informales.
- No permitir conjuntos cerrados en grandes supermanzanas que interrumpan el trazado normal de la malla vial, esto genera aún más tráfico sobre la malla vial principal.

Figura 6.35

Plan de movilidad propuesto



Fuente: IDOM (2016)

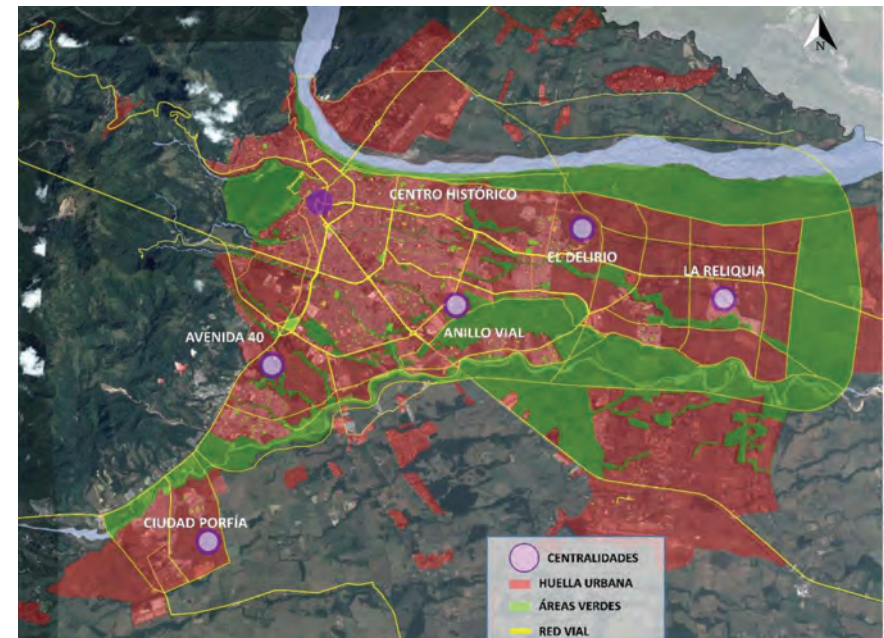
Creación de nuevas centralidades

La huella urbana de Villavicencio presenta una baja mezcla de usos del suelo. Los usos comerciales y de oficinas se localizan principalmente en la comuna 2 y 6 y sobre las principales vías de comunicación, en especial en las avenidas Carrera 33, Maracos y Carrera 40. Esto conlleva a una ciudad poco sostenible en temas de movilidad ya que se generan mayores desplazamientos vehiculares y una mayor congestión del tráfico.

Para esto, se propone la creación de 5 nuevas centralidades ubicadas en la periferia de las comunas 4, 5, 7 y 8. Se plantea que los nuevos proyectos urbanos que aquí se desarrollen incluyan una importante mezcla de usos (Figura 6.36).

Figura 6.36

Propuesta de centralidades



Fuente: IDOM (2016)

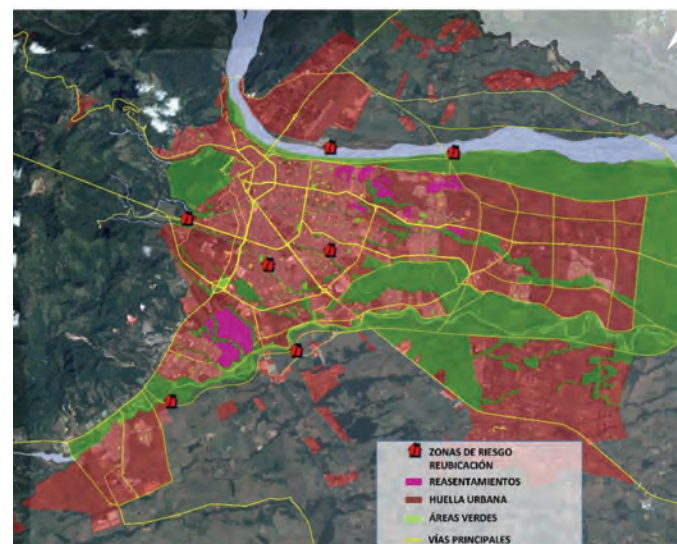
Reasentamientos de los barrios de invasión localizados en zonas de riesgo por remoción en masa y en el área inundable de los ríos y caños

Sobre la margen derecha del río Guatiquía, sobre las dos márgenes del río Ocoa y sobre las rondas de los principales caños de la ciudad se encuentran 1.825 viviendas con bajas condiciones de habitabilidad y un alto índice de vulnerabilidad. Están localizados en una zona de alto riesgo de inundación para un periodo de retorno de 100 años. De igual forma existen algunos barrios como San José y Los Libertadores ubicados en zonas de alto riesgo por remoción de masa sobre la falda de la cordillera Oriental.

En el caso de los barrios ubicados sobre las márgenes de caños y ríos, ha influido el poco control e intervenciones por parte de los entes ambientales sobre la ronda hidráulica y la zona de manejo y preservación ambiental de los mismos. Hasta el momento la ciudad le ha dado la espalda al problema cercando las zonas de mayor conflicto con rejas que aumentan la inseguridad y las invasiones.

Para esto se propone el reasentamiento de los mismos sobre los predios en tratamiento de desarrollo, preferiblemente cercanos a los barrios de invasión. Por ejemplo los barrios ubicados sobre la margen derecha del Guatiquía se deben relocalizar sobre la zona de expansión al sur del mismo. De esta forma, la población no se aleja de su entorno, pero se ubica en un hábitat urbano cualificado y dotado de espacio público. También, se pueden poner en valor algunos vacíos urbanos que permitan acoger parte de esta población. (Figura 6.37).

Figura 6.37
Propuesta de reasentamientos



Fuente: IDOM (2016)

Programa de mejoramiento de barrios informales.

Se plantea el mejoramiento de barrios en situación precaria como La Reliquia, Los Maracos y Ciudad Porfía, ubicados en la periferia de la ciudad, y dentro del casco urbano consolidado el barrio Santafé. La mayoría se ubican en un entorno urbano de baja calidad, vías aún sin pavimentar, con baja dotación de espacio público y mala calidad de los servicios básicos.

Las acciones para su mejoramiento deben ir encaminadas a corregir las deficiencias urbanísticas que presentan:

- Construyendo o renovando el espacio público, los equipamientos y las infraestructuras viales y de servicios públicos.
- Mejorando las condiciones de habitabilidad y de construcción por medio del reforzamiento estructural, ya que son casas de materiales precarios y reciclados, altamente vulnerables.
- Legalizando la tenencia.
- Reconociendo las edificaciones existentes.

Modelo de cohesión social en las nuevas intervenciones urbanas

Villavicencio es una ciudad con un alto nivel de segregación socio-espacial. Esto se debe a varias razones, entre ellas la estratificación de los servicios públicos, la cual segrega y predispone el territorio según la capacidad económica de sus habitantes. Otra de las causas de esta distribución es la expansión mediante asentamientos informales o urbanizaciones piratas en el extrarradio de la ciudad, donde la tenencia de la tierra no está fuertemente definida y el valor del suelo es mucho menor.

Para combatir este problema se plantea un modelo de crecimiento y densificación de la ciudad que incluya dentro de sus parámetros la mezcla de clases sociales. Esto se debe dar tanto en las zonas en tratamiento de desarrollo, dentro y fuera del perímetro urbano, como en los proyectos de renovación urbana y consolidación que se logren llevar a cabo.

Plan maestro para los predios urbanizables localizados en suelo urbano o de expansión

Para lograr un crecimiento planificado y sostenible es necesario realizar una serie de estudios e inversiones previas que generen unas directrices generales en temas de movilidad y espacio público ya que la tendencia en las ciudades colombianas es ocupar estos terrenos con pequeños proyectos que no se integran entre sí y que finalmente no generan ciudad.

Las acciones propuestas son las siguientes:

- Estudios de factibilidad de provisión de servicios básicos, infraestructuras, conectividad vial y de transporte público.
- Estudios de factibilidad de provisión de equipamientos de salud, educación, seguridad, deporte y cultura.
- Desarrollo de proyectos piloto en loteos o supermanzanas que acojan edificios multifamiliares en alturas medias; es decir de 4 a 6 pisos, con tipología abierta.
- Estudio de posibles usos del suelo que complementen el uso residencial y generen nuevas centralidades.
- Análisis integral del posible reparto equitativo de cargas y beneficios, Esto permitirá que las nuevas urbanización aporten a la ciudad el espacio público y la infraestructura correspondiente, integrándose entre sí.
- Modelo de cohesión social que integre los diferentes estratos sociales. Macroproyectos urbanos al estilo de Ciudad Verde en el municipio de Soacha, Cundinamarca.



7





SANTA MARTA

LA PERLA DEL CARIBE

7.1

ESTUDIO DE CAMBIO CLIMÁTICO

La ciudad de Santa Marta se ubica en el distrito Santa Marta, perteneciente al departamento de Magdalena, en la vertiente atlántica del país. Es capital del departamento y además distrito turístico, cultural e histórico. Cuenta con una extensión de 24.000 km². Para la ciudad se adelantaron los estudios base con el objeto de establecer los escenarios tendencial, intermedio e inteligente de crecimiento urbano, teniendo en cuenta los posibles riesgos naturales a los cuales la ciudad es vulnerable; los resultados, fueron entregados en el mes de septiembre de 2016. Es de anotar que para Santa Marta a diferencia de las anteriores ciudades, no se realizó el estudio que permite contar con un inventario de gases de efecto invernadero (GEI) donde se contemple el aporte de los diferentes sectores, tales como agricultura, silvicultura y otros usos del suelo (AFOLU) y transporte, entre otros. Asimismo, no se contó con la elaboración de la hoja de ruta para la mitigación de estos GEI.

7.1.1 Diagnóstico

7.1.1.1 Encuadre territorial

La ciudad de Santa Marta cuenta con una geografía particular en cuanto a su posición junto al mar y la topografía montañosa a los pies del Parque Natural Sierra Nevada de Santa Marta (Figura 7.1).

La población proyectada por IDOM, con base en los censos y estimaciones del DANE para el 2015, fue de 459.985 habitantes, lo que coloca a la ciudad en el puesto número 11, entre las más pobladas de Colombia.

Son de importancia en el estudio las unidades territoriales rurales de Bonda, Taganga y Minca, por la proximidad con el área urbana y como parte activa del territorio. Estos tres núcleos, junto con Santa Marta, definen el ámbito de estudio.

Figura 7.1
Ubicación de Santa Marta



Fuente: IDOM (2016)

7.1.1.2 Perímetro urbano actual

En Santa Marta, existe una transición compleja y desordenada, apareciendo un espacio periurbano; es decir un suelo en transición entre el espacio urbano y el rural, poco denso y de mala calidad en cuanto a las condiciones de habitabilidad, dotación de infraestructuras y equipamientos, al igual que los desarrollos exteriores como sucede en Bonda. Estos espacios son menos sostenibles en términos de ahorro de suelo urbano y áreas de protección ambiental, tales como ríos y bordes de montañas, que para el caso de la zona sur de Santa Marta, se dan por la presencia del turismo, segunda vivienda y actividad aeroportuaria. Lo mismo ocurre en ciudades costeras como Florianópolis, en Brasil y Ciudad de Panamá; en algunos de estos casos, el área periurbana desordenada es mayor que el área urbana.

Las particularidades del territorio samario hacen que sea necesario definir una terminología adecuada para cada una de las zonas que conforman el suelo urbano y el rural. El equipo de IDOM ha definido estas zonas de la siguiente forma:

- **Núcleo urbano principal Santa Marta:** corresponde a la ciudad a partir del Centro Histórico y el desarrollo consolidado al norte del cerro Ziruma.
- **Núcleos urbanos secundarios de carácter turístico:** corresponden al corregimiento de Taganga y al sur con El Rodadero; zona de turismo y segunda vivienda.
- **Desarrollos exteriores:**
 - Núcleo rural de Bonda.
 - Pozos Colorados y aeropuerto.

Para el caso de Santa Marta, la superficie de la huella urbana corresponde casi al 70% del área total del municipio con 3.165 ha, incluyendo el núcleo urbano principal Santa Marta y los núcleos

urbanos secundarios de Taganga y El Rodadero, frente a la superficie de los desarrollos exteriores que corresponderían al 30% con 1.375 ha (Figura 7.2).

7.1.1.3 Análisis del crecimiento histórico de la huella urbana

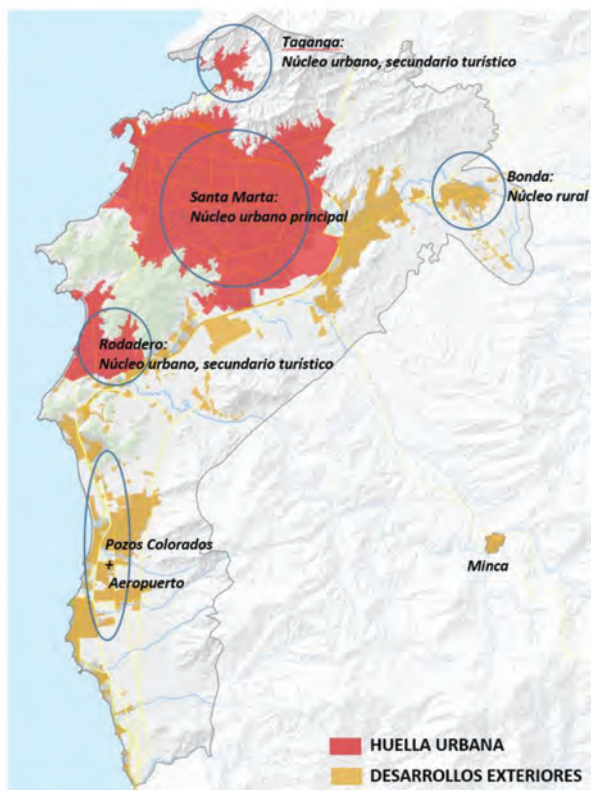
La evolución de la huella urbana de Santa Marta hace parte de la consolidación de un centro histórico abierto al mar Caribe. La influencia de hechos como la llegada de la industria portuaria y de la bananera, junto con el fenómeno del desplazamiento por el conflicto armado han generado una expansión urbana gradual hasta definir el área actual de la ciudad.

Fundada en 1529, se le dio un valor al territorio por sus componentes naturales como el enclave de la bahía de Santa Marta. La forma original tipo cuadrícula fue adoptada por las Leyes de Indias que tuvo su origen en la Plaza Mayor.

Para el siglo XVIII, la ciudad de Santa Marta contaba con construcciones coloniales de gran importancia: La Catedral, construida entre 1766 y 1794, la Casa de la Aduana, edificada en 1730 y el Seminario San Juan Nepomuceno cuya construcción duró 140 años (1671-1811).

En 1834, la ciudad de Santa Marta fue víctima de un terremoto que la dejó en ruinas durante varios años. Contaba con pocas edificaciones de valor como la catedral, el palacio gubernamental y algunas residencias de comerciantes. A pesar de estas circunstancias adversas, Santa Marta se consolidó como principal puerto de la entonces llamada Nueva Granada. No obstante su gran dinámica comercial, padeció la disminución de su población, especialmente por la epidemia de cólera en la ciudad.

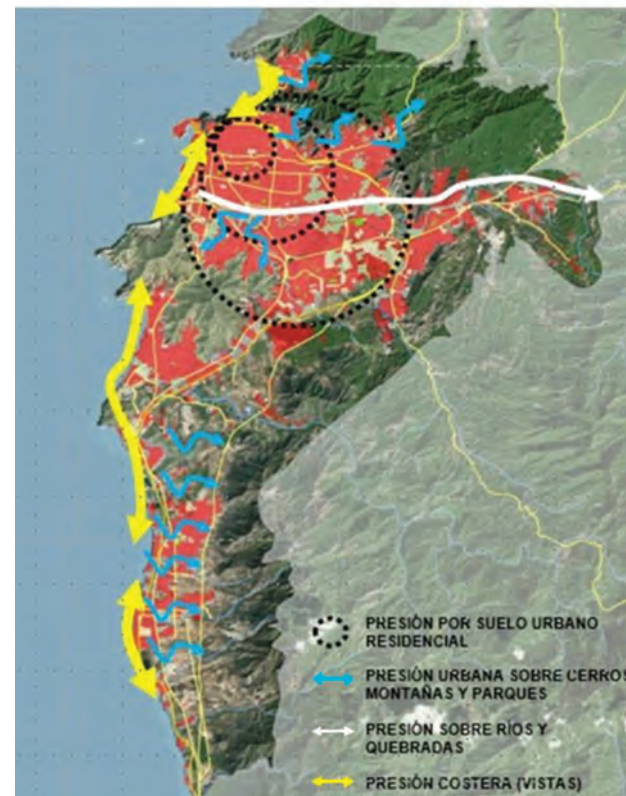
Figura 7.2
Núcleos urbanos y rurales



Fuente: IDOM (2016)

El principal detonante de la extensión del límite urbano ha sido la actividad residencial, especialmente por los desarrollos informales de estrato 1 y en menor medida la actividad de soporte a la industria. Es importante analizar cómo los mismos proyectos de promoción de vivienda patrocinados por el Gobierno Nacional han contribuido con la extensión de dicho límite (Figura 7.3).

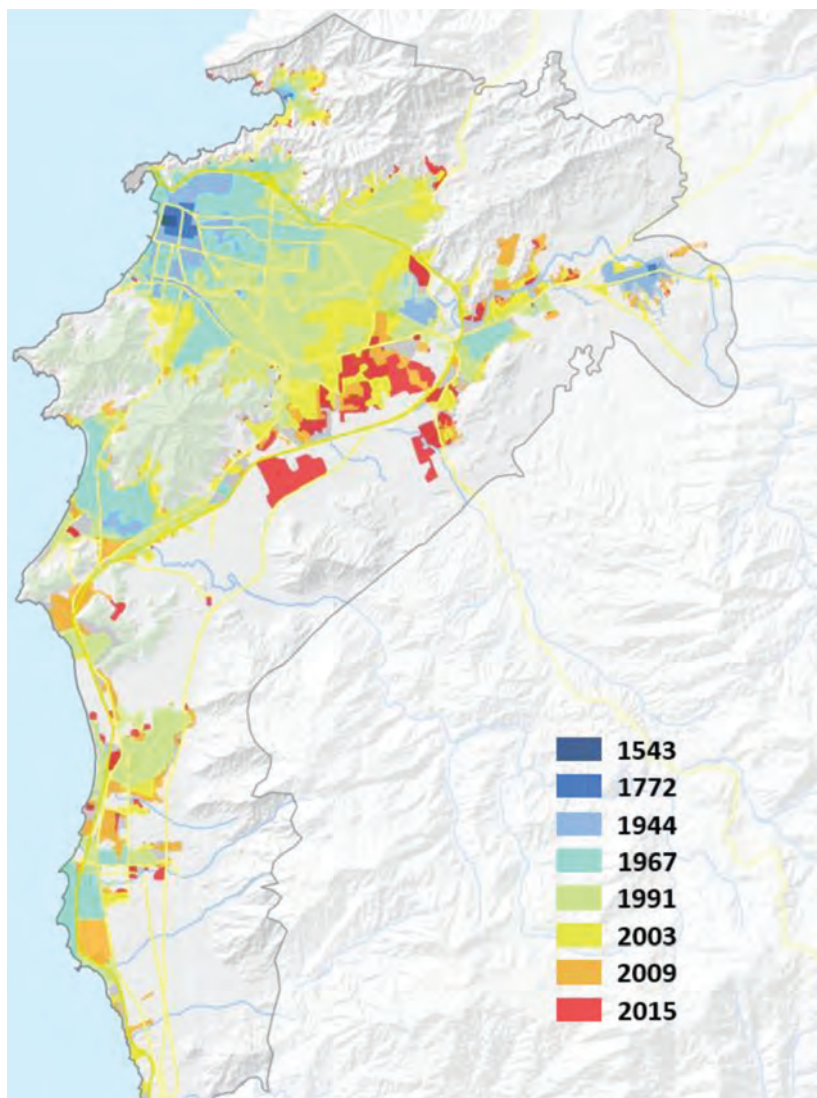
Figura 7.3
Vectores crecimiento



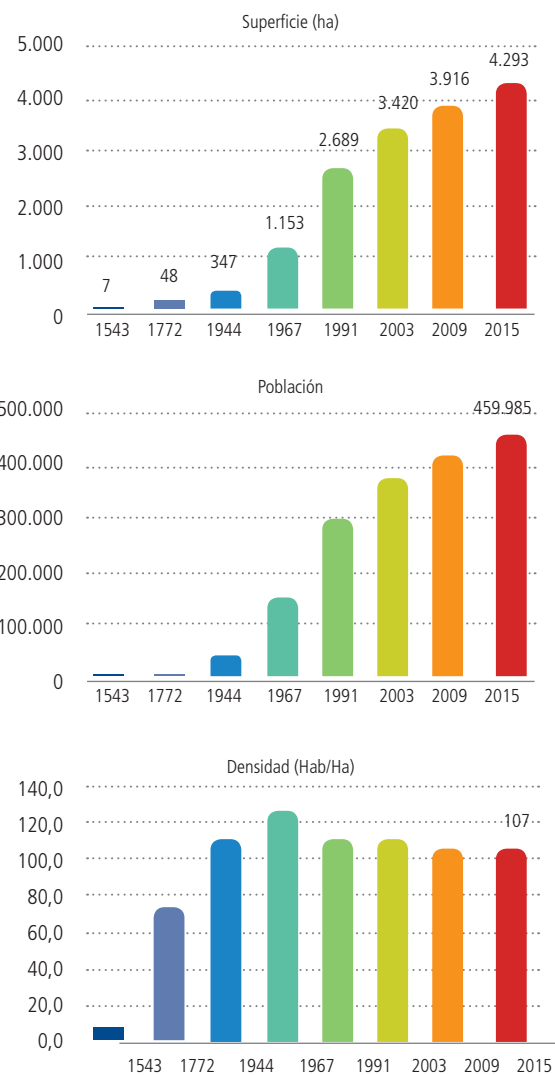
Fuente: IDOM (2016)

El contexto natural es un condicionante del crecimiento urbano. Para el caso de la ciudad de Santa Marta, esta situación se define a partir de la cadena montañosa de la Sierra Nevada de Santa Marta e incluso de accidentes como el cerro Ziruma, que por su presencia ha separado de lo que hoy es el núcleo urbano principal de Santa Marta del núcleo secundario de turismo de El Rodadero. Asimismo, es de vital importancia mencionar la presencia del borde costero como límite urbano que demarca la fachada principal de la ciudad y de los cuerpos de agua representados en los principales ríos y quebradas (Figura 7.4).

Figura 7.4
Crecimiento urbano histórico de Santa Marta



Fuente: IDOM (2016)



Se observa un desarrollo lineal con vectores claros de crecimiento hacia Ciénaga (Figura 7.5), siguiendo el borde costero con ciertas discontinuidades que generan una huella desarticulada. También, es importante mencionar el rol del contexto natural como condicionante de crecimiento urbano, sin embargo éste se ha expandido por encima de los límites naturales. Tanto en el norte como en el oriente, los asentamientos informales (Figura 7.6) y la industria (Figura 7.7) han encontrado allí el lugar para establecerse, dejando grandes retos para los planificadores. Las mismas rondas de los ríos Manzanares y Gaira, han sido ocupadas en lo que deberían ser espacios verdes para el beneficio de todos los ciudadanos.

Podría decirse que Santa Marta es una ciudad planificada en el papel con grandes lineamientos por medio de los instrumentos de planificación como el POT, los planes parciales y los acuerdos urbanos. En contraposición, su realidad física se desarrolla por medio de los mismos habitantes que colonizan espacios, que en muchos casos están en suelos de expansión o en las extensiones de las principales vías de conexión de la ciudad con los municipios cercanos.

Figura 7.5 Crecimiento urbano y referentes arquitectónicos de Santa Marta



Esquema crecimiento, 1530



Catedral



Avenida Libertador, 1928



Aeropuerto, 1967

Fuente: IDOM (2016)

Figura 7.6
Invasiones zonas protegidas.
Vía Parque Tayrona



Fuente: IDOM (2016)

7.1.1.4 Análisis de la huella urbana por sectores o unidades morfológicas homogéneas

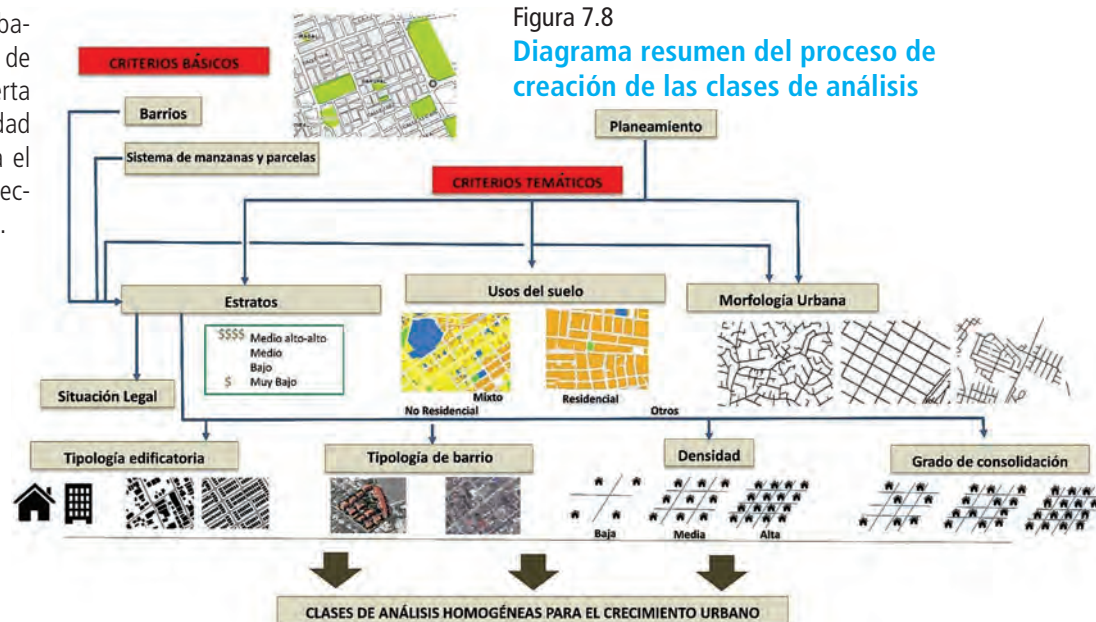
Las clases de análisis para el crecimiento urbano (Figura 7.8) se definen como la división de la huella urbana en sectores que tienen cierta homogeneidad por el uso del suelo, densidad y morfología, entre otros y que se usan para el análisis del crecimiento de la huella y su proyección hacia el futuro (Figura 7.9 y Figura 7.10).

Figura 7.7
Desarrollo industrial en Bureche



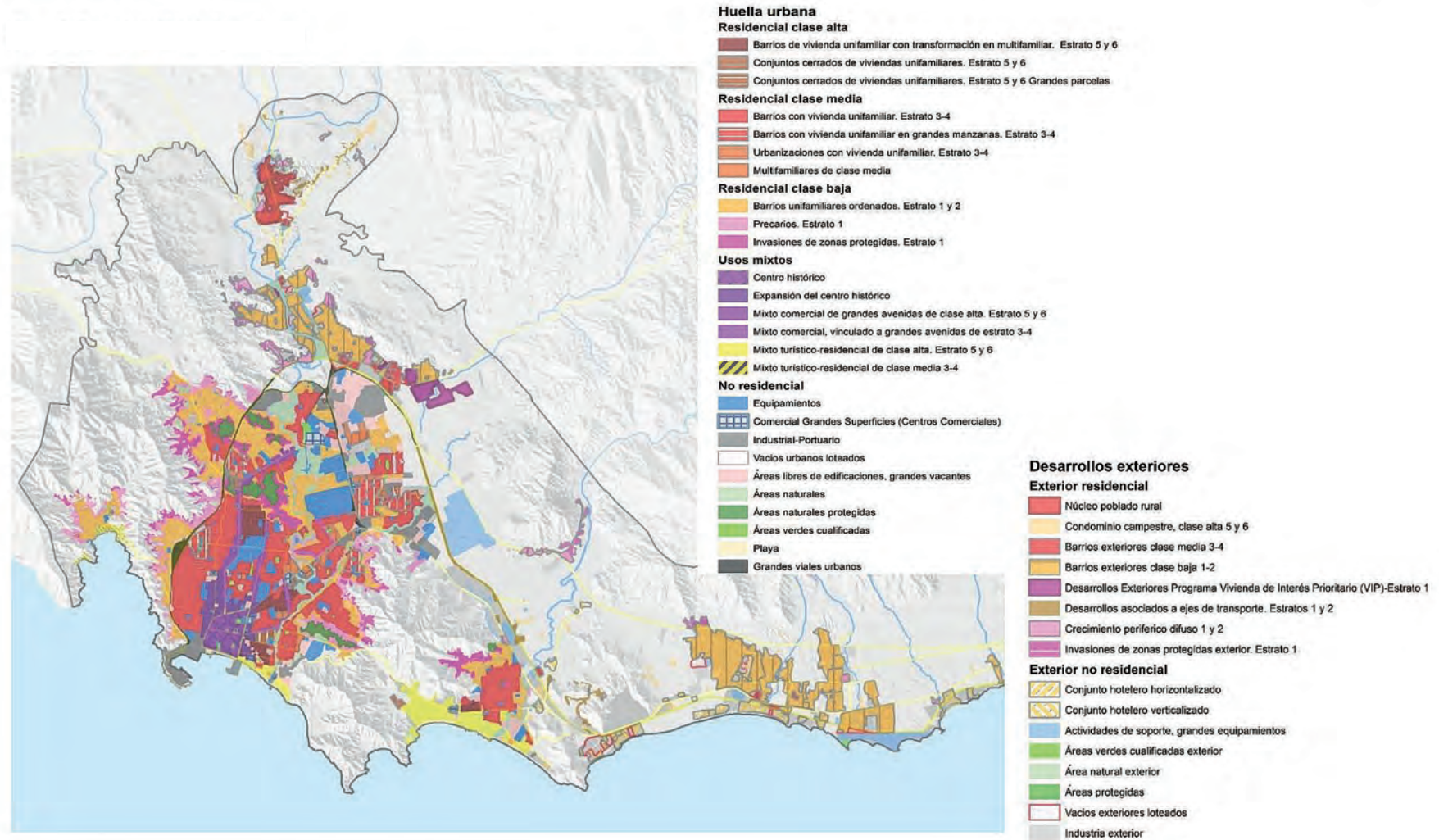
Fuente: IDOM (2016)

Figura 7.8
Diagrama resumen del proceso de creación de las clases de análisis



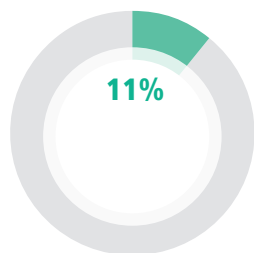
Fuente: IDOM (2016)

Figura 7.9
Clases de análisis de Santa Marta



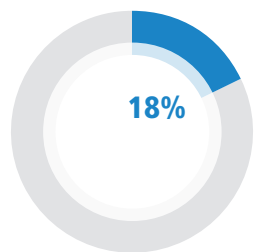
Fuente: IDOM (2016)

Figura 7.10

Crecimiento urbano histórico de Santa Marta

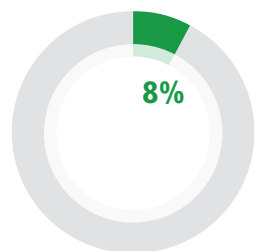
Áreas mixtas

- Centro Histórico
- Expansión del Centro Histórico
- Mixto comercial, vinculado a grandes avenidas
- Mixto turístico residencial
- Conjuntos hoteleros
- Núcleo poblado rural



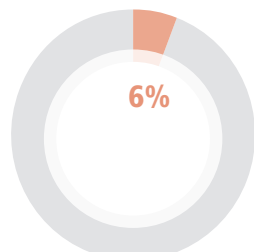
Áreas no residenciales

- Equipamiento
- Comercial grandes superficies
- Industrial



Áreas verdes

- Áreas verdes cualificadas
- Áreas naturales protegidas
- Áreas naturales



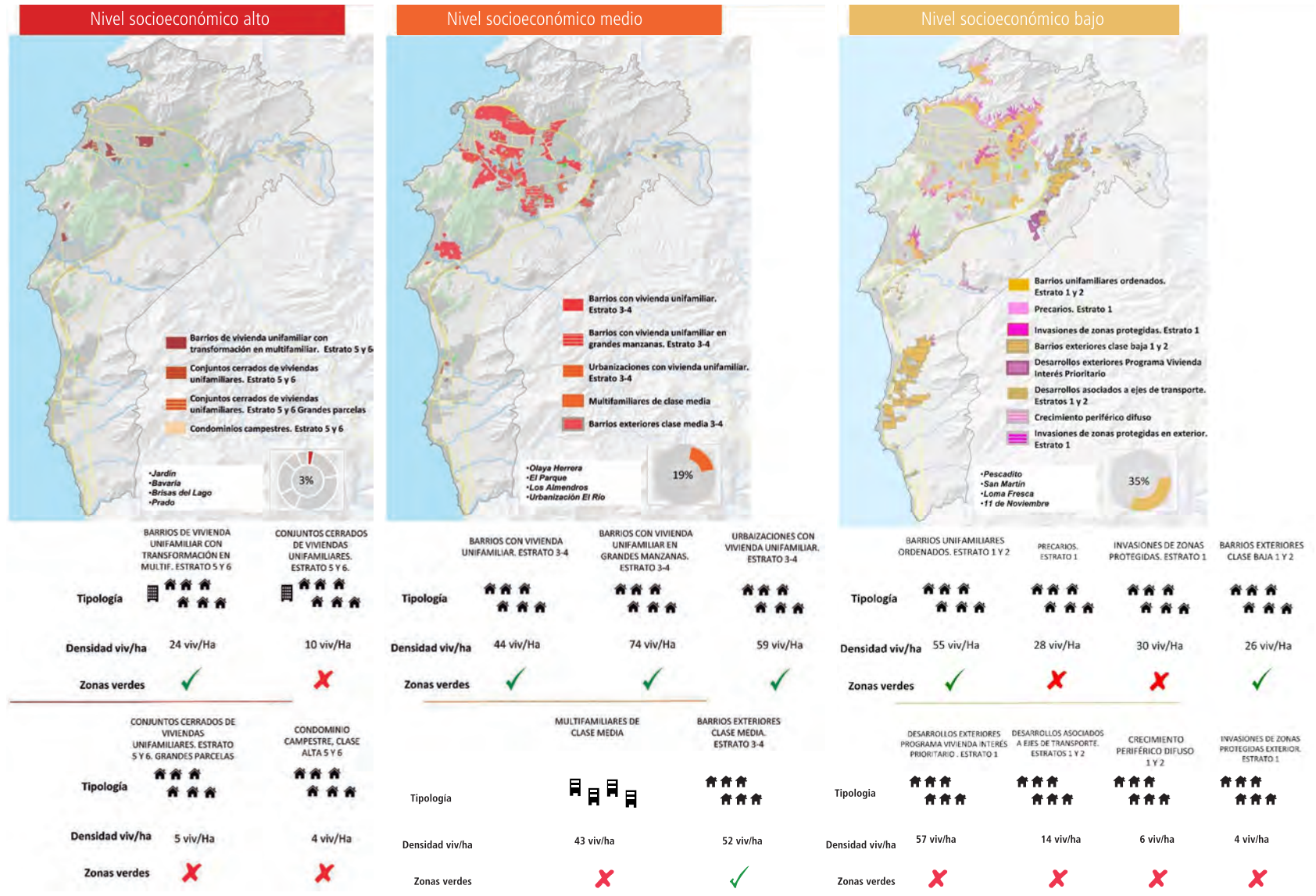
Zonas no edificadas

- Vacíos loteados
- Áreas libres de edificaciones, grandes vacantes



Fuente: IDOM (2016)

Figura 7.11
Predominantes residenciales



Fuente: IDOM (2016)

A continuación se citan los elementos de mayor interés para el diagnóstico de la ciudad, dentro de todos los analizados.

7.1.1.5 Turismo

La población flotante es una característica importante de la ciudad de Santa Marta que debe incorporarse al análisis demográfico y en las proyecciones poblacionales. Esta se compone esencialmente de individuos no residentes que se alojan en hoteles, hostales, viviendas secundarias o en apartamentos de temporada, lo cual ha venido cambiando a través de los años como se evidencia en la Figura 7.12. El DANE, no presenta informaciones y proyecciones de población flotante en Santa Marta y tampoco el estudio realizado por Geografía Urbana para el Expediente Urbano de la revisión del POT.

Sin embargo, los estudios de Metroagua y de la Universidad de los Andes, debido a sus demandas técnicas, lo presentan como se muestra en la Tabla 7.1.

Tabla 7.1

Proyección de la población fija – Universidad de los Andes

Población flotante – visitantes medios	2015
Crucelistas - Secretaria de Turismo	15.091
Hoteles (camas) - Secretaria de Turismo	20.018
Viviendas Secundarias - Universidad de los Andes	24.724
TOTAL	59.833

Fuente: IDOM (2016)

Figura 7.12

Zona turística de El Rodadero en 1967 y el presente 2016



Fuente: IDOM (2016)

7.1.1.6 Planeamiento

Para el caso de la ciudad de Santa Marta rige actualmente:

POT “Jate Matuna” 2000-2009 por medio del acuerdo # 005 del 2000

Es relevante mencionar que en etapas posteriores dentro del año 2016 se hará la aprobación del denominado POT Quinto Centenario para este estudio de crecimiento urbano. Se tendrán en cuenta los documentos del proyecto de acuerdo y sus correspondientes documentos técnicos, que han sido resultado de los estudios previos contratados por la Fundación Pro-Sierra y ejecutados por la firma AECOM y Geografía Urbana.

7.1.1.7 Áreas verdes y espacio público

El entorno de la ciudad de Santa Marta es privilegiado y de gran importancia ambiental; la ciudad se ubica en la costa, muy cercana a parques nacionales y distritales, tanto existentes como propuestos y con presencia de playas e importantes ríos como el Manzanares y el Gaira; lo que le confiere un entorno de gran valor ecológico, paisajístico y el potencial turístico reconocido.

En la Tabla 7.2 y en la Figura 7.13, se destaca el entorno natural con el que cuenta Santa Marta.

Tabla 7.2
Entorno natural de Santa Marta

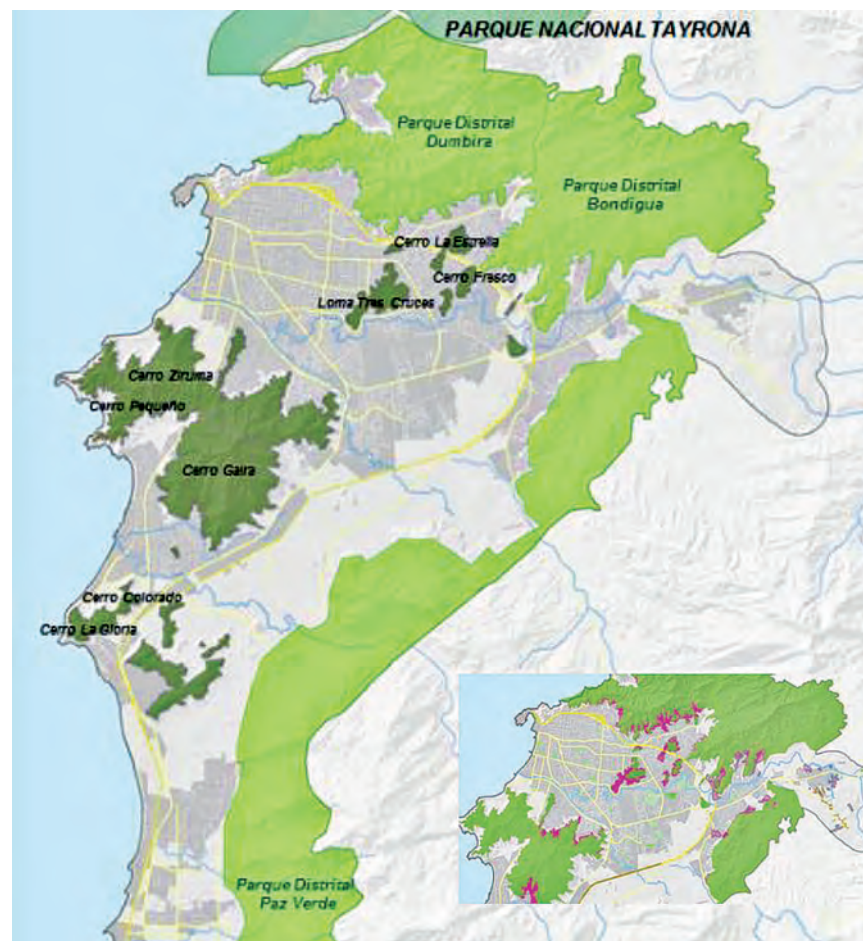
Parque Nacional	Sierra Nevada	Tayrona	
Parque Distrital Natural	Pazverde	Bondigua	Dumbira
Cerros	La Estrella	SUHAGUA	La Loma Tres Cruces
	Cerro Fresco	Cerro Ziruma	Cerro Gaira
Ríos y quebradas	Río Manzanares	Río Gaira	Quebrada Tamacá
Playas y playones	Desde el límite con el corregimiento de Taganga hasta la Quebrada del Doctor		

Sin embargo, como se ve en el recuadro de la Figura 7.13 en muchos de estos entornos naturales aparecen fenómenos de invasión de asentamientos informales, representados por las áreas rosadas.

En cuanto a áreas verdes cualificadas, los samarios no disponen de tantas zonas recreativas: según las estimaciones realizadas de los parques y plazas de buena calidad, solamente se dispone de 0,5 m² de áreas verdes cualificadas por habitante, frente a los 10 m² por habitante recomendados por la OMS.

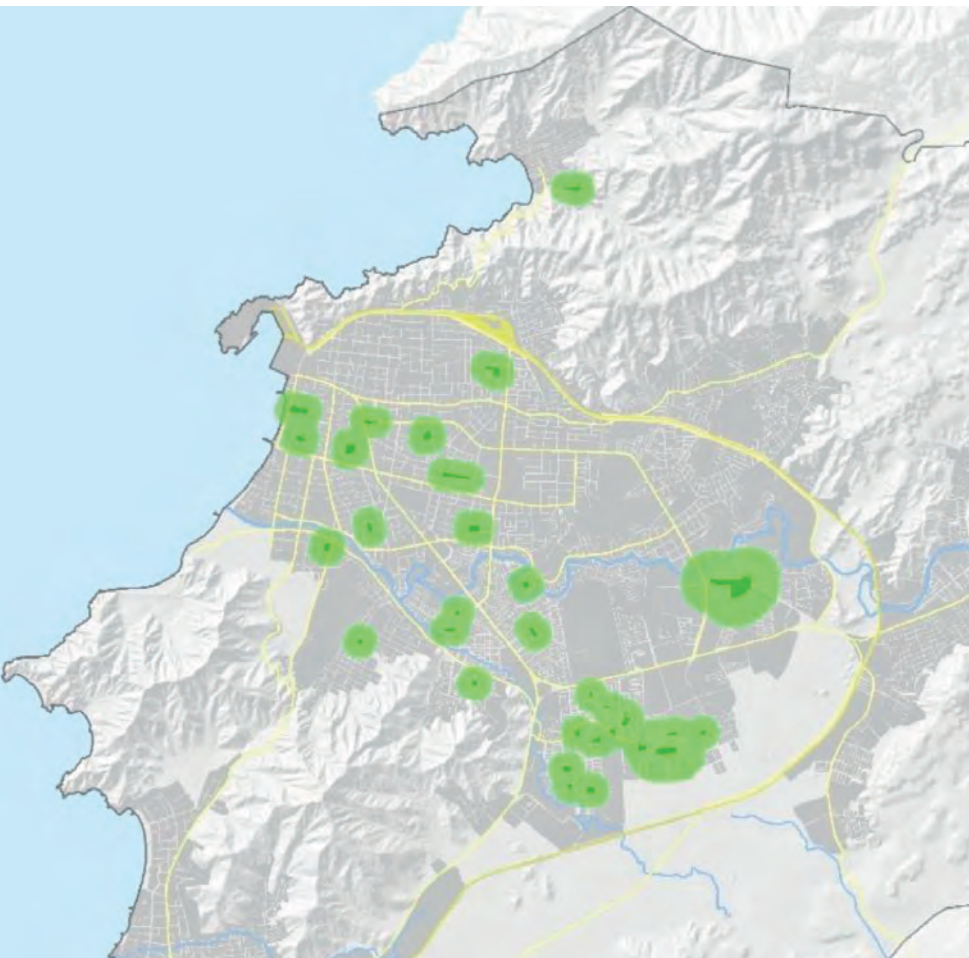
Si el análisis se realiza sobre su distribución, solamente el 16% de la población de Santa Marta dispone de un área verde a menos de 10 minutos caminando (Figura 7.14).

Figura 7.13
Ubicación de las principales zonas verdes de Santa Marta.



Fuente: IDOM (2016)

Figura 7.14
Distribución de áreas verdes cualificadas de Santa Marta y población servida

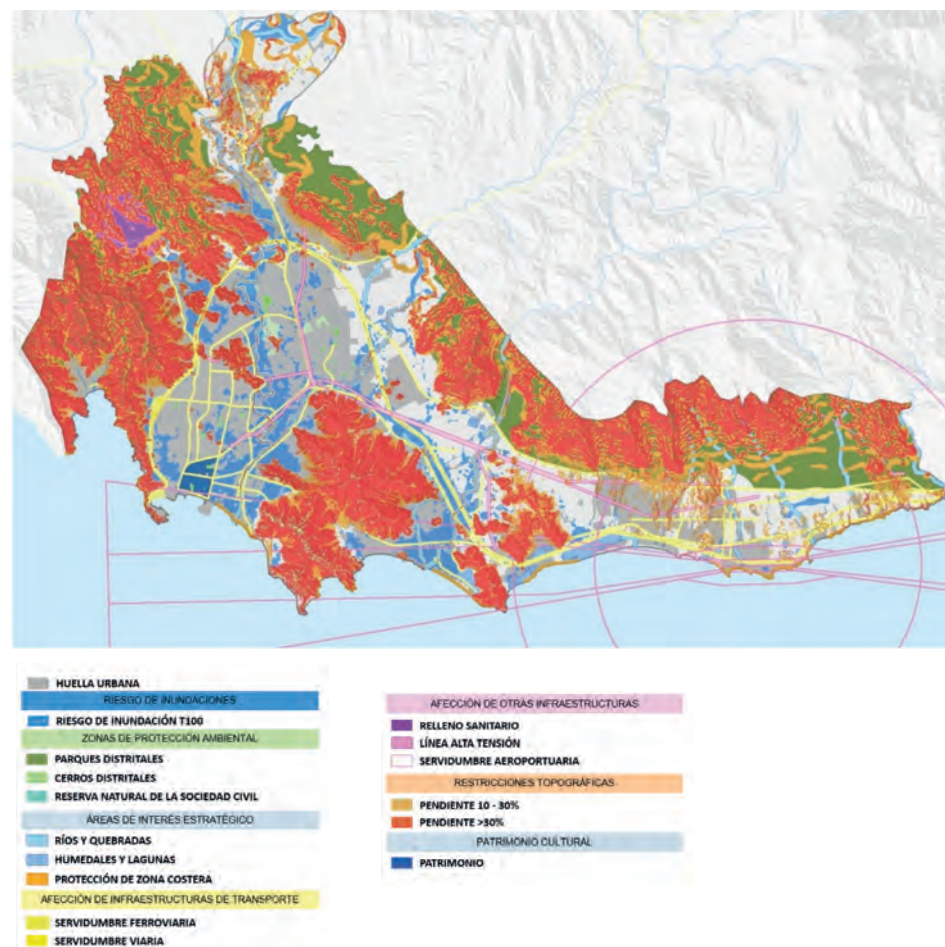


Fuente: IDOM (2016)

7.1.1.8 Condicionantes y limitantes

Se entiende por limitantes al desarrollo urbano (Figura 7.15), el conjunto de variables que impiden o dificultan el crecimiento de los núcleos de población, ya sean por cuestiones ambientales, legales o de otra índole.

Figura 7.15
Mapa de limitantes



Fuente: IDOM (2016)

7.1.1.9 Análisis FODA

CAUSAS

- Deficiente planificación y gestión del territorio. A pesar de tener un Plan de Ordenamiento Territorial, el control que ejercen los entes territoriales sobre la correcta aplicación de las normas es bajo.
- Expansión no planificada asociada a las de tierra de fácil desarrollo que cubra el déficit de vivienda.
- Baja y lenta respuesta al fenómeno de población desplazada por la violencia.

CÓDIGO	DEBILIDAD
DEB01	Asentamientos urbanos de baja calidad técnica y sobre áreas inundables (riegos y vulnerabilidad): barrios periféricos a Santa Marta Rodadero y Pozos Colorados, con población de estratos sociales bajos, con la falta de infraestructura y saneamiento básico.
DEB02	Tres ciudades en la misma ciudad: turística, formal e informal. Poca integración y gran segregación socio-espacial.
DEB03	Dicotomía entre la falta de agua para los habitantes en zonas vulnerables por falta de acceso al servicio y/o fuertes temporadas de sequías en contraposición con las fuentes temporadas de inundaciones.
DEB04	Poca articulación con los asentamientos rurales y falta de gestión de ordenamiento territorial: Bonda y Taganga (conurbación urbana descontrolada de baja densidad y consolidación).
DEB05	No hay jerarquía vial clara y funcional: pocos accesos a Santa Marta y entre Santa Marta Rodadero, y otros puntos de interés.
DEB06	No hay espacios adecuados para los peatones y ciclistas, sin aceras arborizadas (mucho calor en algunas horas de día, que dificultan los desplazamientos), pocas y desarticuladas calles peatonales y espacio de permanencia y ocio en Santa Marta.
DEB07	Crecimiento urbano lineal alrededor de las principales carreteras y sobre áreas de protección ambiental, con vacíos urbanos y áreas residenciales pocos densas.
DEB08	Viviendas secundarias y presión turística: construcción de edificios y casas muy cercanos al mar/arena (islas de calor, erosión costera, presión sobre ecosistemas frágiles).
DEB09	Falta de espacios verdes calificados dentro de la ciudad (Santa Marta y Rodadero) y frente marítimo discontinuado, con poca presencia de equipamientos urbanos.
DEB10	Presencia de grandes barreras urbanas: puerto de Santa Marta y su área portuaria, vía férrea, áreas militares, usos no conformes (cárcel de Santa Marta), entre otros.
DEB11	Fuerte vertificación de algunos barrios, sin planificación adecuada, sin la infraestructura adecuada y sin la recuperación de plusvalías por parte de la municipalidad.
DEB12	Los proyectos de Vivienda de Interés Social (VIS) y de Vivienda de Interés Prioritario (VIP) no están articulados con el centro de la ciudad, son asentamientos aislados y distantes que no están integrados adecuadamente.

CÓDIGO	FORTALEZAS
FORT01	Gran potencial natural y turístico - importancia económica y de desarrollo urbano.
FORT02	Proceso de revisión de POT de Santa Marta, que planificará y reglamentará el desarrollo urbano a futuro.
FORT03	Presencia y propuestas de Parques Naturales alrededor de Santa Marta, como forma de límite al crecimiento urbano y protección de áreas naturales frágiles y potencial turístico.
FORT04	Presencia de patrimonio histórico, natural y urbano poco explorados, principalmente dentro de la ciudad.

CÓDIGO	FORTALEZAS
FORT05	Presencia de vacíos urbanos y áreas de oportunidades en los límites urbanos de la ciudad, con potencial para nuevos usos y población (fuera de áreas inundables).
FORT06	Otros estudios y propuestas de recalificación urbana (realizados y propuestos por diversos actores de Santa Marta).
FORT07	Calles peatonales con uso comercial en planta baja y malecón en el centro de Santa Marta como área de interés turístico calificado.

7.1.2 Diseño de escenarios de crecimiento urbano

La prospectiva urbana es un enfoque o forma de ver el desarrollo territorial de manera futurista, es decir, pensando cómo es, cómo puede ser y cómo sería deseable que fuera la ciudad de Santa Marta. Se trata de plantear el modelo territorial futuro con horizonte a los años 2030 y 2050.

La construcción de los escenarios parte del modelo territorial actual bajo dos perspectivas: un escenario tendencial, es decir, sin ningún tipo de intervención desde el punto de vista de la planificación de actividades sobre el territorio y un escenario óptimo, que es la situación territorial idealizada con todos los elementos de planificación deseados.

Demanda de vivienda

Para el diseño de escenario se han establecido en un valor de 105.984 viviendas en 2015, alcanzando las 153.972 y 235.829 en 2030 y 2050 respectivamente. Por lo tanto, se plantea la construcción de al menos 130.000 viviendas en los próximos 35 años: casi 4.000 viviendas al año.

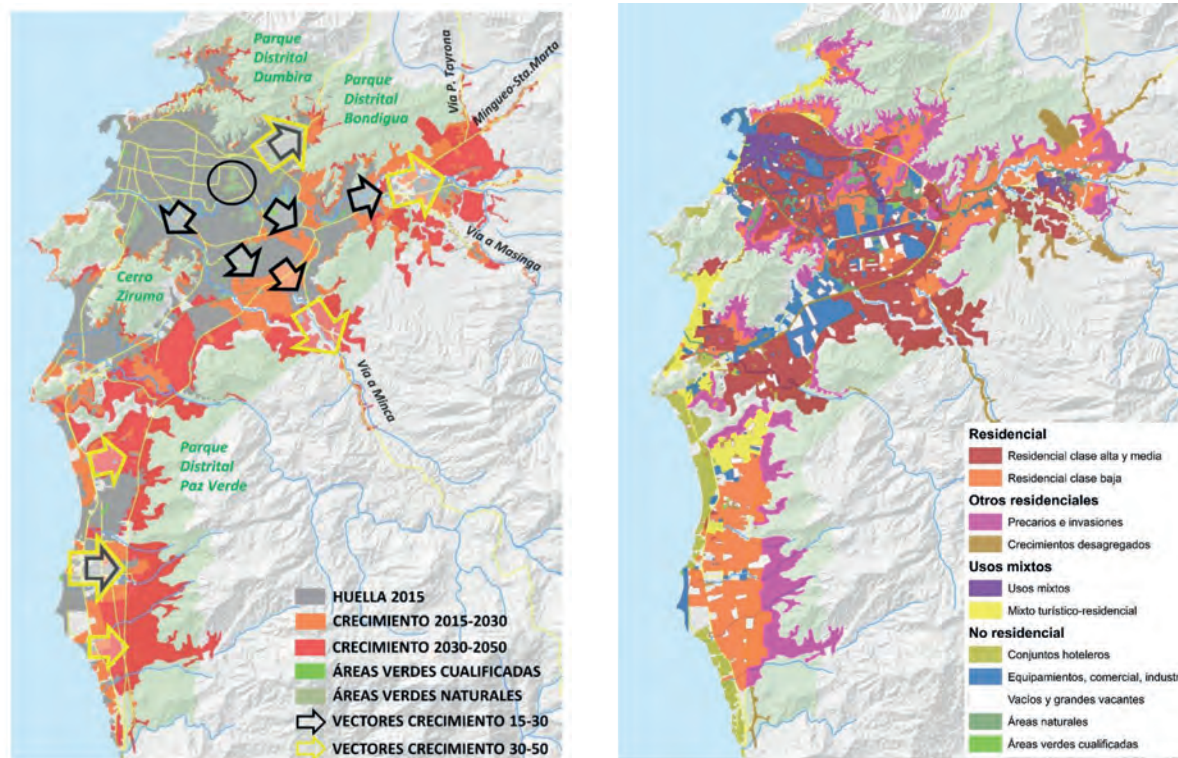
7.1.2.1 Escenario de crecimiento tendencial

Con base en los análisis realizados en el diagnóstico y en el proceso del estudio de crecimiento urbano, se ha generado un conocimiento importante y detallado de la ciudad de Santa Marta, lo cual permite hacer una predicción sobre las características de las tendencias de

crecimiento más probables en una prospectiva al año 2050 (Figura 7.16). Santa Marta ha experimentado una expansión de la huella urbana, especialmente a partir de la década de los noventa y principios de siglo XXI; según los análisis realizados la tendencia de la ciudad está enfocada a desarrollarse por medio de las siguientes características:

- Proliferación de viviendas precarias en los cerros de la ciudad, al igual que en las rondas de los principales ríos.
- Las zonas de nivel socioeconómico alto se desarrollan mayoritariamente bajo un modelo de viviendas multifamiliares.
- Fuerte presencia de desarrollos exteriores de segunda vivienda en las zonas de Playa Salguero, Pozos Colorados y Bello Horizonte.
- Incompatibilidad de la actividad aeroportuaria con las viviendas precarias cercanas.
- Deficiencia en las infraestructuras de servicios en los barrios de la periferia de la ciudad.
- Se incrementan los problemas de movilidad y la conexión centro-periferia.
- El suelo destinado a zonas de expansión está siendo utilizado para desarrollar proyectos de conjuntos de vivienda sin contemplar otros usos que puedan dar soporte a las necesidades de la ciudad.
- Los nuevos desarrollos de vivienda aparecen con bajas densidades, lo cual implica mayor consumo de suelo urbano.
- Existe deficiencia en la infraestructura de servicios de abastecimiento y electricidad.

Figura 7.16
Escenario tendencial y vectores de crecimiento del escenario tendencial



Fuente: IDOM (2016)

A continuación, se presentan los datos que resumen a grandes rasgos la configuración del escenario tendencial, así como los mapas elaborados para ese escenario.

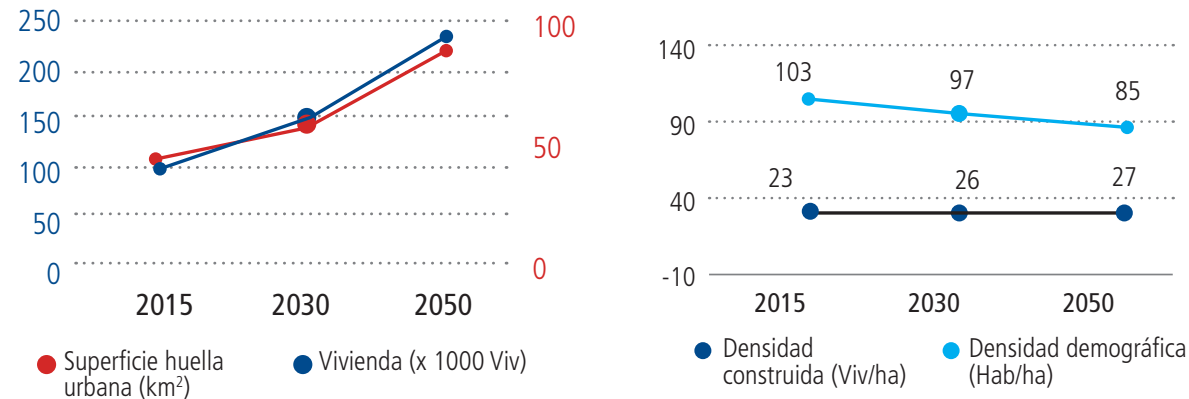
Tabla 7.3
Datos del escenario tendencial

		Tendencial		
		2015	2030	2050
Superficie Huella Urbana	Ha	4.516	5.988	8.729
Densidad Urbana Media Bruta	Hab/ha	103	97	85
Viviendas	Viv	105.984	153.972	235.829
Densidad Urbana Media Construida Bruta	Viv/ha	23	26	23

Fuente: IDOM (2016)

En la Figura 7.17, aparece una comparativa de la evolución del número de viviendas, contadas en miles y de color azul y la superficie de la huella urbana, en km² de color rojo.

Figura 7.17
Resumen de variables del escenario tendencial



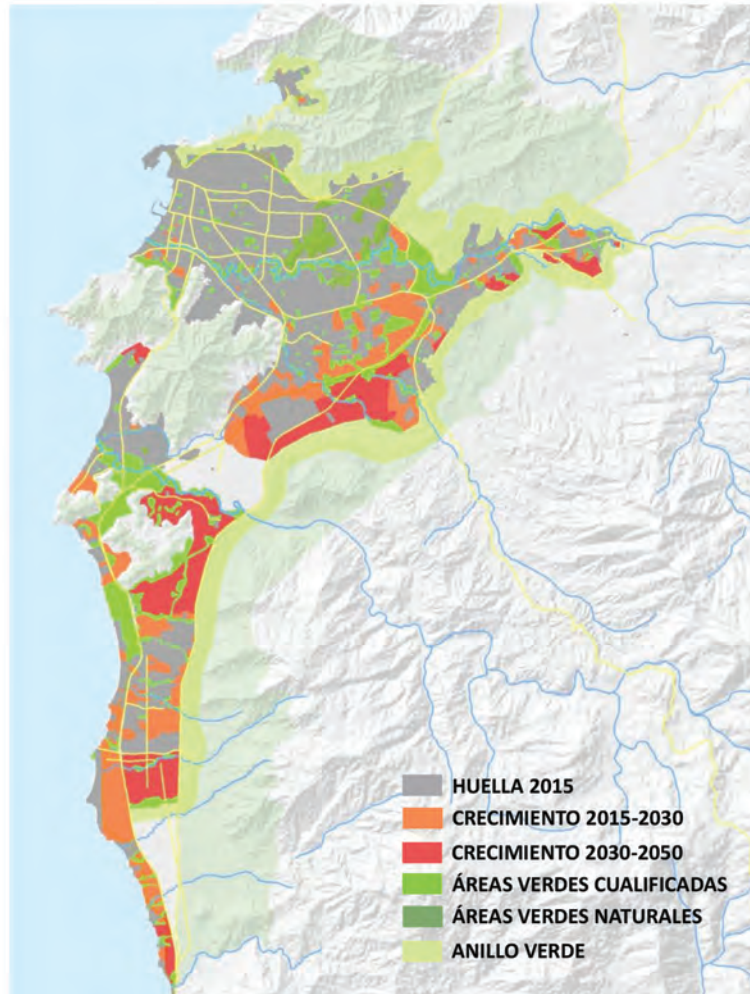
Fuente: IDOM (2016)

7.1.2.2 Escenario de crecimiento óptimo

Uno de los objetivos del escenario óptimo es generar una ciudad compacta con una densidad alta, bien conectada, con una mayor cohesión social, una mayor mezcla de usos y un mayor equilibrio en cuanto a sus equipamientos y espacios públicos (Figura 7.18 y Figura 7.19). Es importante mencionar, que la huella urbana debe modelarse y tratar de establecer un límite urbano, es por eso que dentro de este escenario se deben incorporar medidas que permitan revertir los procesos descritos para el escenario tendencial. Para lograr este objetivo se definen los siguientes criterios:

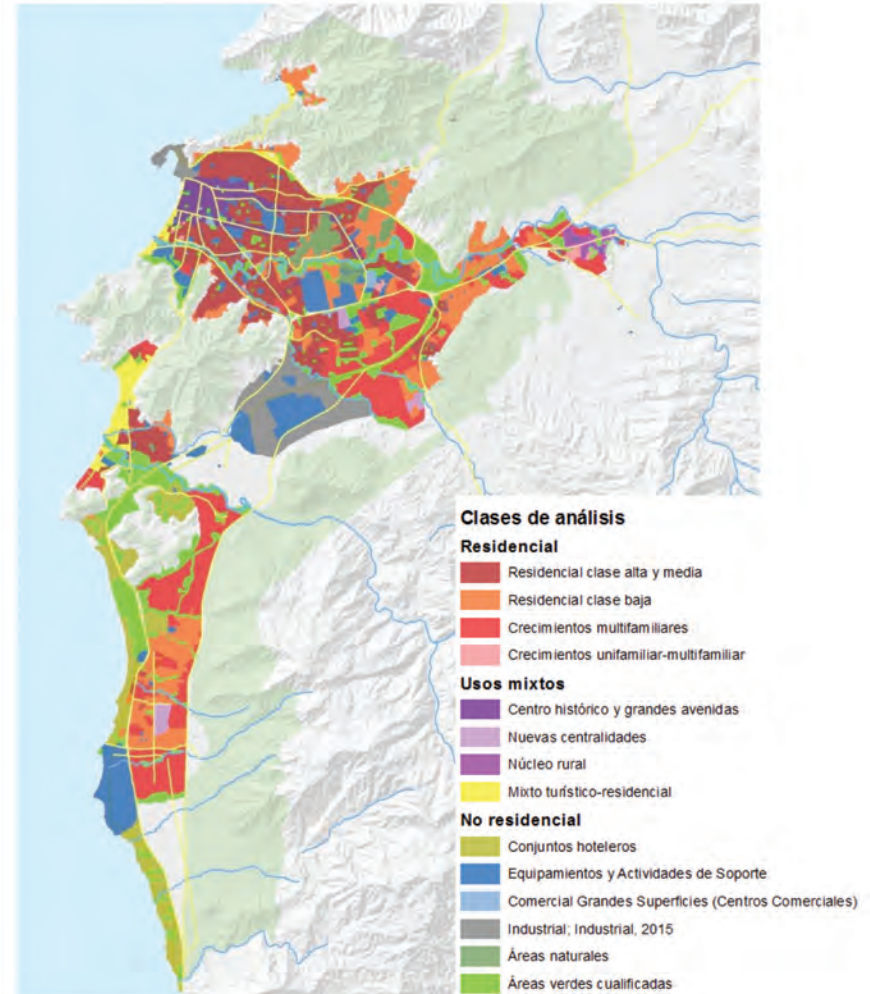
- Desarrollar un modelo de ciudad compacta.
- Reubicación de las viviendas en riesgo.
- Mejoramiento de barrios.
- Protección de cerros y espacios de interés ecológico e incremento áreas verdes.
- Habilitación de espacios públicos: extensión de paseo marítimo y arborización de ejes principales.
- Mejoramiento de las conexiones mediante el Sistema Estratégico de Transporte Público y posibilidad de generar redes de ciclorrutas y ejes peatonales.
- Utilización del corredor férreo como sistema de tren de cercanías que conecte la periferia con el centro de la ciudad.
- Implantación de proyectos de espacio público y equipamientos en los desarrollos de segunda vivienda.
- Consolidación de vacantes y consolidación en altura.
- Densificación entorno estaciones SETP o BRT.
- Relocalización de barrios con afectación aeroportuaria.
- Generación de zonas mixtas y mezcla de tipologías.
- Desarrollo de proyecto de transporte marítimo.
- Creación de un anillo verde.
- Fortalecimiento de centralidades y creación de nuevas centralidades.

Figura 7.18
Escenario óptimo. Fases de crecimiento



Fuente: IDOM (2016)

Figura 7.19
Escenario óptimo



Fuente: IDOM (2016)

La información que describe el escenario óptimo planteado se presentan a continuación (Tabla 7.4).

Tabla 7.4

Datos del escenario óptimo

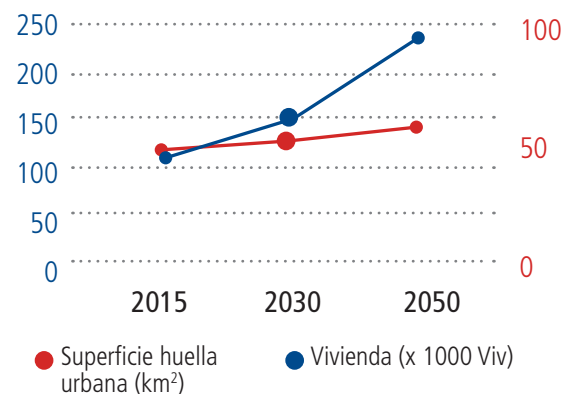
		Óptimo		
		2015	2030	2050
Superficie huella urbana	Ha	4.516	4.992	5.614
Densidad urbana media bruta	Hab/Ha	103	116	132
Viviendas	Viv	105.984	153.972	235.829
Densidad urbana media construida bruta	Viv/Ha	23	31	42

Fuente: IDOM (2016)

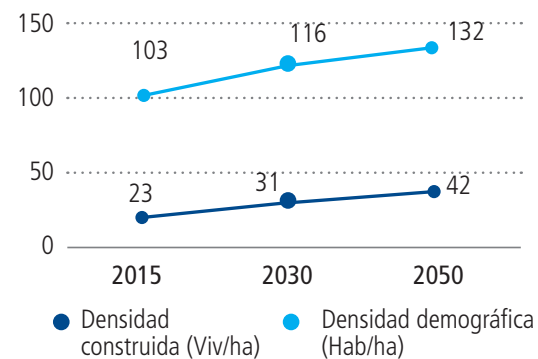
En la Figura 7.20, aparece una comparativa de la evolución del número de viviendas contadas por miles de viviendas, en color azul y la superficie de la huella urbana en km² de color rojo.

Figura 7.20

Resumen de variables del escenario óptimo



Fuente: IDOM (2016)



7.1.2.3 Escenario de crecimiento intermedio

Dentro de la metodología desarrollada hasta este momento, en la cual se ha realizado la descripción de los escenarios, tendencial y óptimo. Se han presentado dos visiones que difieren respecto a la planificación de la ciudad en la línea de tiempo a largo plazo. En este punto, se desarrolla el escenario intermedio, consensuado a través de talleres en la ciudad.

Para el escenario intermedio se han considerado criterios que abarcan diferentes grupos de temáticas, como se muestra en los mapas relacionados a continuación:

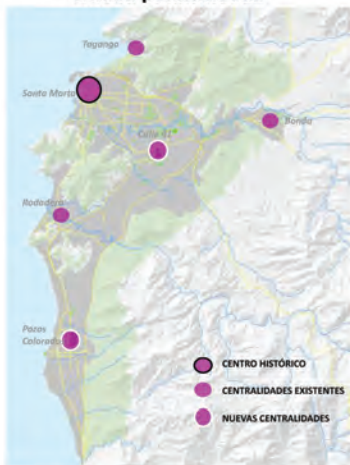
Figura 7.21

Criterios para crecimiento intermedio

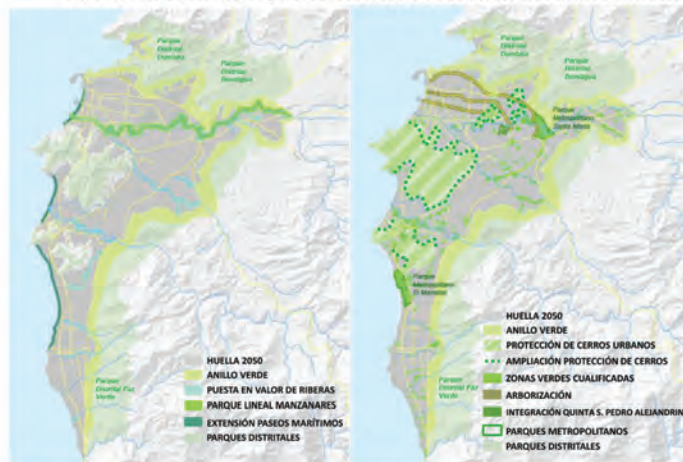
Mejoramiento Integral de Barrios (MIB)



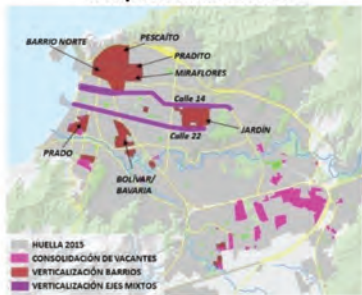
Ciudad polinucleada



Puesta en valor de espacios verdes/ Protección del límite urbano



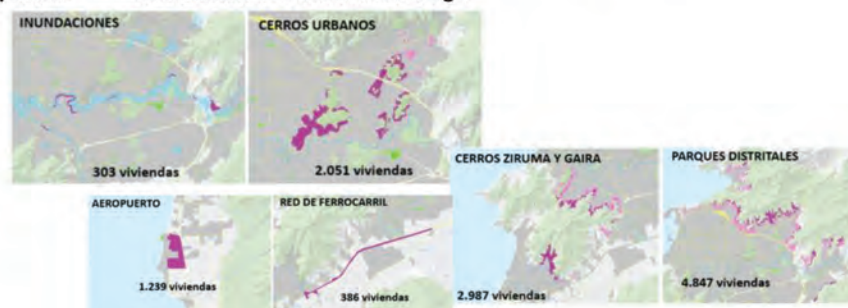
Ocupación de vacantes



Mejora de las conexiones mediante red de transporte público

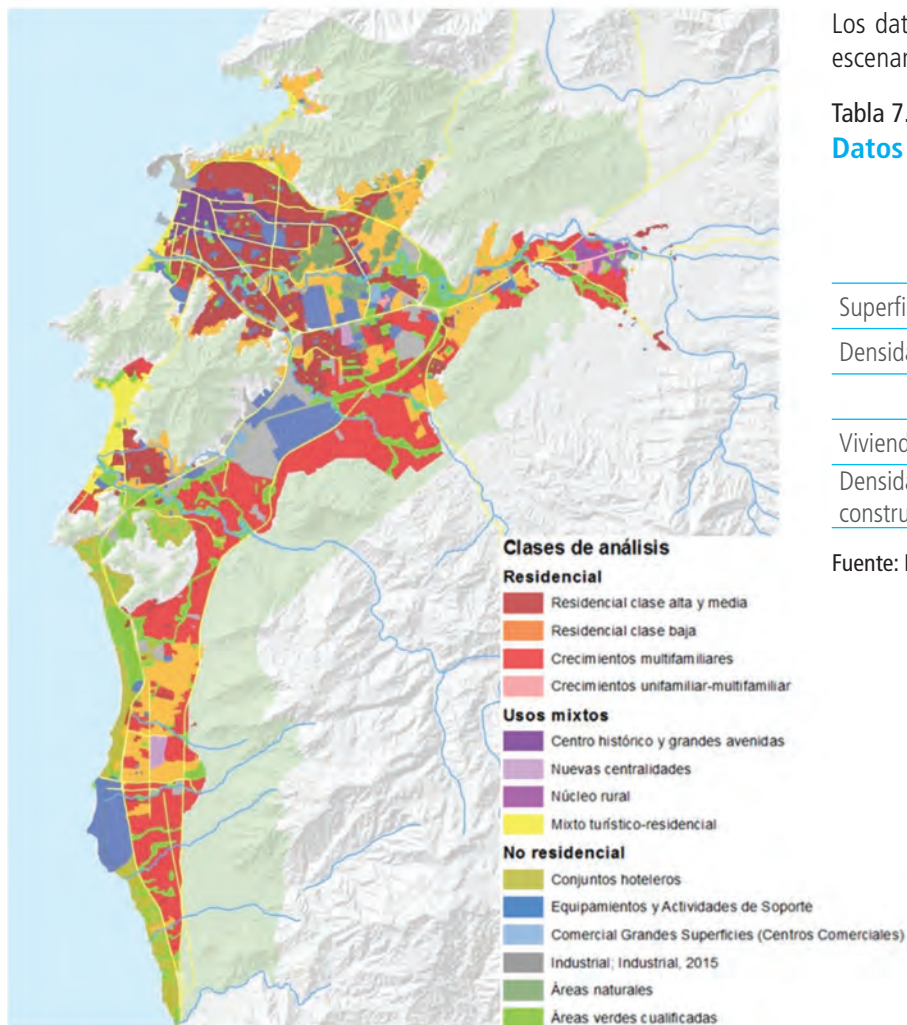


Reubicación de viviendas en riesgo



Fuente: IDOM (2016)

Figura 7.22
Escenario intermedio



Fuente: IDOM (2016)

Los datos ofrecidos a continuación describen la configuración del escenario intermedio (Tabla 7.5).

Tabla 7.5
Datos del escenario intermedio

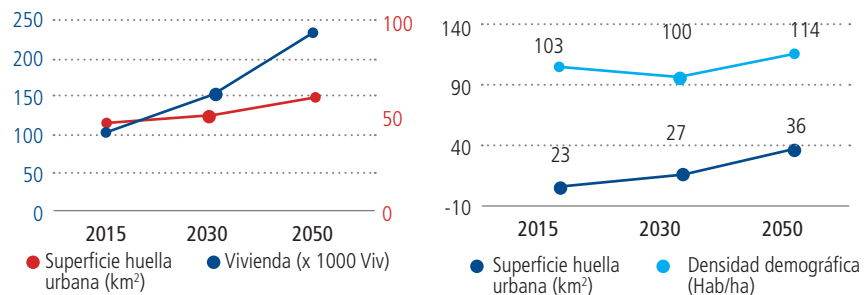
		Intermedio		
		2015	2030	2050
Superficie huella urbana	Ha	4.516	5.793	6.512
Densidad urbana media bruta	Hab/ha	103	100	114
Viviendas	Viv	105.984	153.972	235.829
Densidad urbana media construida bruta	Viv/ha	23	27	36

Fuente: IDOM (2016)

En la Figura 7.23, aparece una comparativa de la evolución del número de viviendas, contadas por miles y de color azul y la superficie de la huella urbana, en km² de color rojo.

Figura 7.23

Resumen de variables del escenario intermedio



Fuente: IDOM (2016)

7.1.2.4 Comparativa de escenarios

A continuación se incluyen datos comparativos que permiten contrastar las estimaciones realizadas para los tres escenarios de crecimiento para la ciudad de Santa Marta, al 2030 y 2050.

En la Tabla 7.6, podemos observar la comparación de los factores más relevantes de los tres escenarios propuestos contra la situación actual.

Tabla 7.6

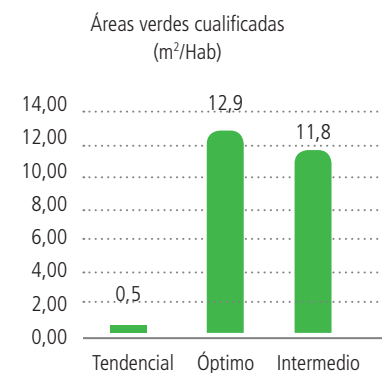
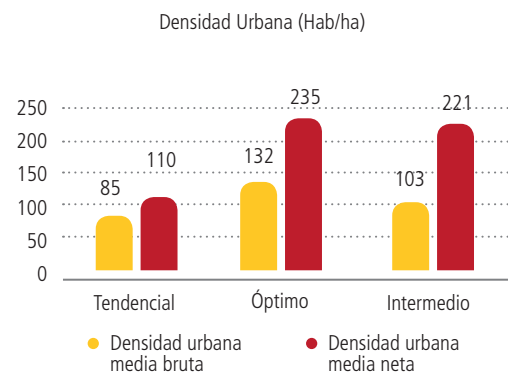
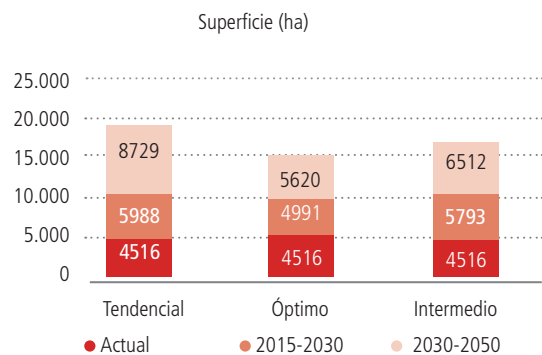
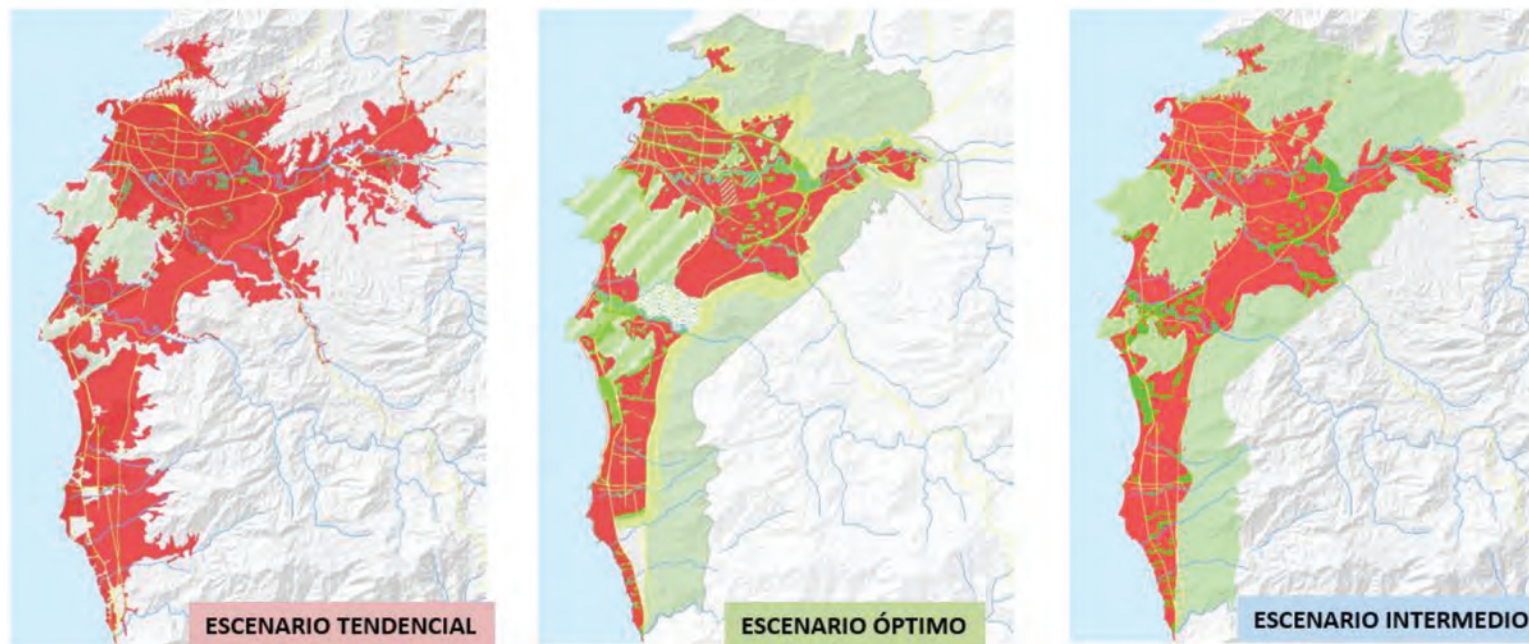
Comparativa por Escenarios al 2050

		Actual	Tendencial	Óptimo	Intermedio
Superficie huella urbana	ha	4.516	8.729	5.620	6.512
Densidad urbana media bruta	Hab/ ha	103	85	132	114
Densidad urbana media neta	Hab/ ha	157	110	235	221
Viviendas	Viv/ ha	105.984	235.829		
Densidad urbana media construida	Viv/ ha	23	27	42	36
Habitantes por vivienda	Hab/Viv	4,39	3,15		
Población	Hab	465.000	743.000		
Áreas verdes cualificadas	m ²	175.489	241.627	9.547.928	8.731.639
Áreas verdes cualificadas	m ² /Hab	0,5	0,3	13	12
Población en riesgo	Hab	115.230	121.500	0	54.500

Fuente: IDOM (2016)

El escenario tendencial presenta una situación de expansión explosiva, llegando casi a duplicar la huella urbana actual en el horizonte 2050.

Figura 7.24
Comparativo entre escenarios de crecimiento



Fuente: IDOM (2016)

7.1.3 Hoja de ruta para el crecimiento urbano sostenible

A continuación, se describe en forma detallada el derrotero a seguir en lo referente a ordenamiento urbano, movilidad, protección de recursos naturales y políticas de control.

Ordenamiento urbano y Mejoramiento Integral de Barrios (MIB)

1. Ocupación de vacantes (200 ha), en el espacio delimitado por la vía del ferrocarril hasta Bureche.
2. Verticalización en ejes mixtos y barrios residenciales; desde el entorno del centro histórico hacia el exterior: Barrio Miraflores, Norte, Pescaíto, Pradito y Calles 14, 15 y 22.
3. Potenciar los centros de Taganga, Bonda y El Rodadero.
4. Consolidar la nueva centralidad de Pozos Colorados.
5. MIB en áreas deterioradas, comenzando con el entorno de las zonas con mayor atractivo para la población: Pescaíto y barrios al norte de la Diagonal 7/Calle 2, barrio 11 de Noviembre.
6. Reubicación de población en zonas de riesgo en el río Manzanares (Santa Marta) y Gaira (El Rodadero) y en invasiones de cerros, riberas y otras zonas protegidas: Cerro Ziruma, cerros urbanos en Comuna 4.
7. Elaboración de planes específicos para el desarrollo urbano de alta densidad de las zonas de expansión según fases: 1) Calle 30 hacia Bonda 2) El Rodadero hasta vía alterna al puerto 3) Pozos Colorados 4) Bello Horizonte 5) Pozos Colorados-El Rodadero.
8. Gran potencial de desarrollo para la ciudad en los terrenos que ocupa el Batallón Córdoba, ya que a pesar de ser zona inundable, puede completar el rol del río Manzanares como un gran espacio verde y pulmón para la ciudad (Figura 7.25) y la cárcel municipal. Podría pensarse en tener este espacio como parque zonal o lugar de encuentro para eventos al aire libre o algún equipamiento de servicio educativo tipo biblioteca, que hoy generan grandes barreras urbanas, al igual que los predios vacantes en cercanías al complejo olímpico.

Figura 7.25
Acción 1.1 Propuesta de Intervención Río Manzanares (tramos a relocalizar población)



Fuente: IDOM (2016)

Figura 7.26
Acción 1.2: Barrios propuestos para proyecto piloto



Barrio	Superficie	Viviendas	Población
San Jorge	18,81	848	2.668
San Martín	6,14	241	758
Pescaíto	30,17	1.170	3.684
Obrero	11,38	499	1.572
20 de Julio	17,12	748	2.356
11 de Noviembre	38,60	1.446	4.553

Fuente: IDOM (2016)

Movilidad e infraestructura urbana

1. Continuación del modelo realizado en el Centro Histórico respecto a la peatonalización de ejes principales.
2. Generación de un sistema de ciclorrutas que permita el desplazamiento entre los ejes más importantes de la ciudad, tales como Calle 22, Avenida del Ferrocarril, Carrera 4ª, Carrera 5ª, Avenida El Libertador, en una primera fase para continuar con otros ejes posteriormente.
3. En los núcleos urbanos secundarios turísticos como El Rodadero y Taganga, es importante implementar un sistema de ciclorrutas.
4. Incentivar el uso del SETP por medio de rutas eficientes y de acuerdo a las necesidades de los usuarios.
5. Ofrecer alternativas de transportes alternativos como bicicleta, tren de cercanías y línea aeropuerto, que conecten con el SETP.
6. Implementación de un tren de cercanías en la vía férrea existente, que articule los recorridos entre el centro de Santa Marta con Taganga y El Rodadero, y los desarrollos exteriores, Pozos Colorados, Bello Horizonte.
7. Contemplar alternativas de rutas de transporte público para conectar Minca y Bonda.
8. Generar una línea de autobús exclusiva aeropuerto-ciudad-aeropuerto, con servicio eficiente y gran número de frecuencias.
9. Implementar un sistema de transporte marítimo que realice los trayectos: aeropuerto - Pozos Colorados - Playa Salguero - El Rodadero - Santa Marta centro - Taganga. Se pueden contemplar rutas a las playas del norte de los parques naturales.

Figura 7.27

Acción 2.1: Red de ciclovías propuestas



Fuente: IDOM (2016)

Figura 7.28

Acción 2.3: Red de transporte marítimo



Fuente: IDOM (2016)

Protección y puesta en valor de los recursos naturales

1. Protección y cualificación del espacio de ribera en el entorno del río Manzanares.
2. Extensión de paseos marítimos en Santa Marta, El Rodadero y Pozos Colorados.
3. Arborización de ejes viales principales: Calle 22, Av. Libertador y ejes requeridos.
4. Crecimiento limitado por elementos de protección natural: Parque Distritales (Dumbira, Bondigua, Paz Verde), línea de costa, cerros urbanos y anillo verde (Bonda).
5. Mejoramiento de la red de parques existentes en las zonas de centro histórico (parque San Miguel), El Rodadero (parque de Gaira), núcleo urbano principal (parque de Manzanares, parque de Taminaka, parque de Pescaíto, parque Sesquicentenario, parque de Villas de Santa Cruz, parque de Santa Cruz y parque de Los Trupillos).
6. Integración de los espacios verdes de la Quinta de San Pedro Alejandrino como articulador del sistema de parques.
7. Implementación de planes de integración de los cerros (morros) existentes en el área urbana: Cerro de las Tres Cruces, La Llorona, Cundí, Manzanares, San Fernando. Así mismo, la revitalización de los Cerros Ziruma y Gaira.
8. Implementación de planes de integración de los cerros (morros) en desarrollos exteriores: Cerro San Fernando, La Gloria y los que rodean a Ecopetrol.
9. Núcleo urbano principal: proyecto para crear un parque metropolitano en el área al noreste de Mamatoco.
10. Desarrollos exteriores: proyecto para crear el parque metropolitano El Manantial.

En el tema de la protección y puesta en valor de los recursos naturales se priorizaran las siguientes acciones en el corto plazo. A continuación la descripción de las mismas.

Figura 7.29

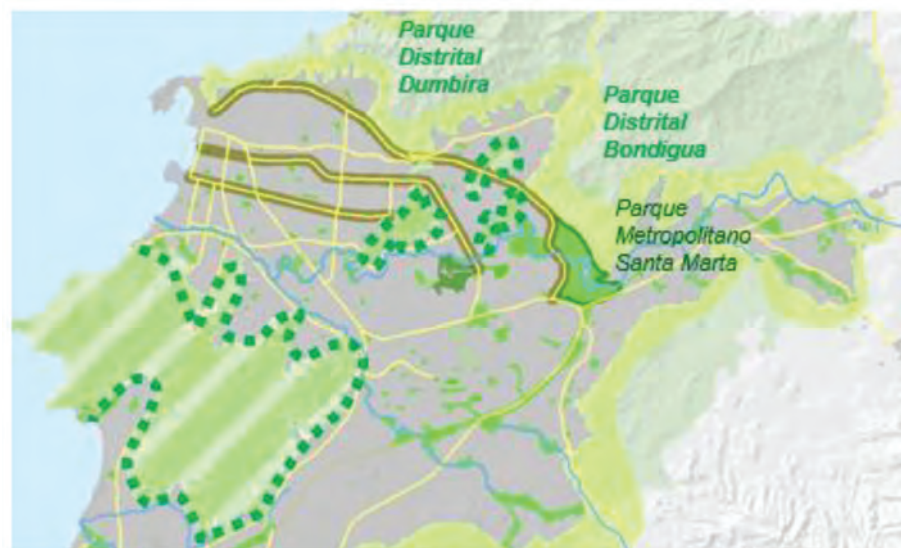
Acción 3.1: Fases de recuperación de la Ribera del Manzanares



Fuente: IDOM (2016)

Figura 7.30

Acción 3.2 Cerros protegidos y ampliación de su protección



Fuente: IDOM (2016)

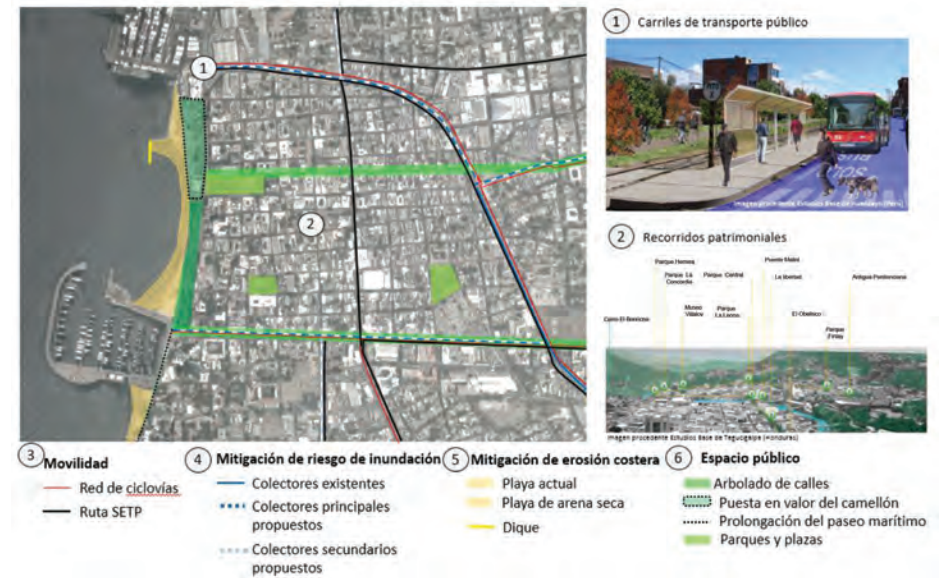
Políticas de control urbano

Se proponen las siguientes acciones:

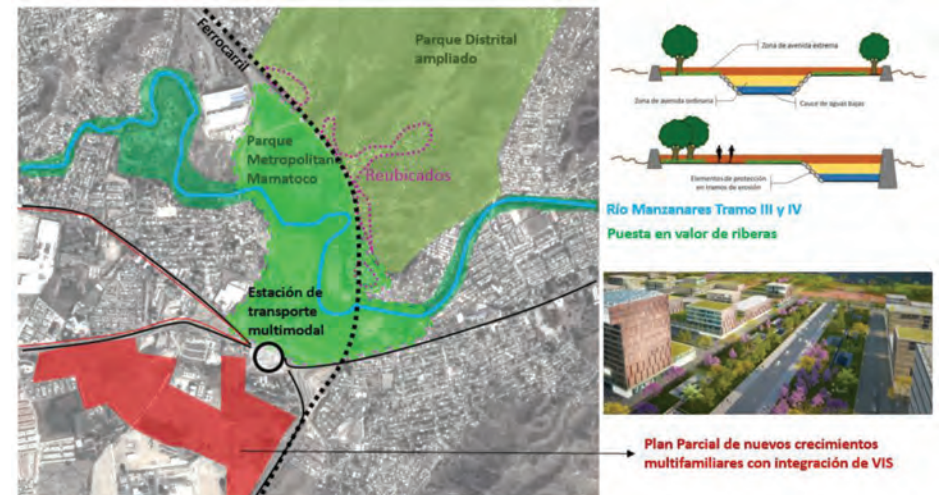
1. Implementación en el corto plazo del POT Quinto Centenario, dado que el POT 2000 se encuentra desactualizado.
2. Participación de los entes territoriales de la ciudad en la aplicación de los proyectos contenidos en el documento de aprobación POT Quinto Centenario.
3. Seguimiento en la línea de tiempo en la aplicación de políticas, como se resalta en el POT Quinto Centenario.
4. Captación de plusvalías por medio de la contribución por medio del impuesto predial.
5. Seguimiento a la especulación inmobiliaria.
6. Revisión de la norma actual respecto al uso del suelo urbano y rural.
7. Creación de la norma de integración de barrios deprimidos de la ciudad y mejoramiento de barrios.
8. Implementación de norma urbana frente a la expansión de la ciudad y el uso eficiente del suelo.
9. Revisión de la política habitacional fijando un porcentaje de vivienda factible en todas las zonas de la ciudad con el fin de evitar la segregación socio-espacial y de evitar generación de guetos o zonas de barrios en conflicto en la ciudad. Esto, además de la integración de políticas de creación de espacio público de calidad en todas las zonas de la ciudad.
10. Fortalecimiento y/o creación de norma para diseño bioclimático en edificaciones.
11. Implantación de plan de ahorro energético en edificios y alumbrado público.
12. Elaboración de un plan con visión metropolitana que integre junto a la ciudad de Santa Marta, los núcleos de Bonda, Taganga y Minca.

Propuestas integrales: Operaciones multisectoriales

1. Operación urbana de mejoramiento integral del centro de Santa Marta.



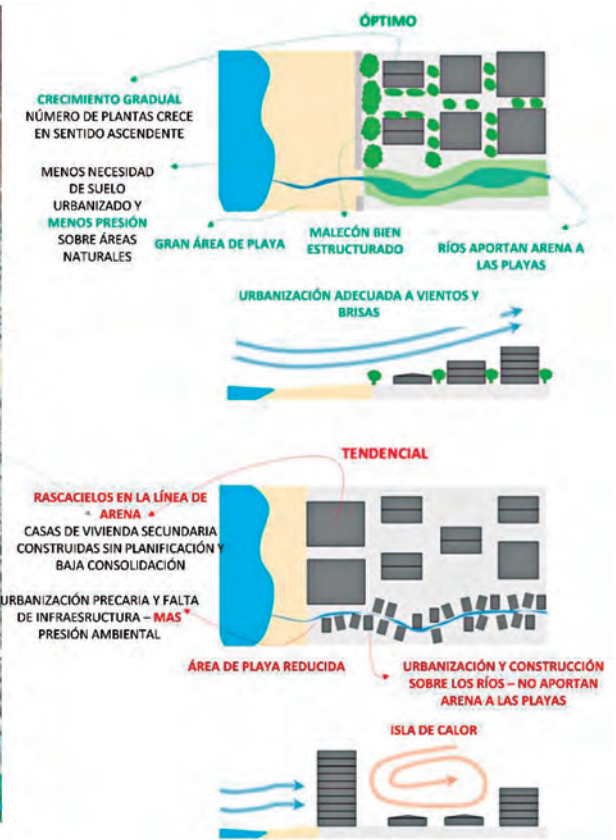
2. Planificación estratégica del borde urbano de Mamatoco



3. Mejora integral de la relación costa ciudad en El Rodadero



Fuente: IDOM (2016)



REFERENCIAS

GeoAdaptive LLC (2013). Estudio Base de Vulnerabilidad y Cambio Climático, Gases Efecto Invernadero y Huella Urbana – Barranquilla, Colombia. Boston.

GeoAdaptive LLC (2014). Desarrollo Urbano y Cambio Climático – Montería, Colombia. Boston.

IDOM CONSULTING, ENGINEERING, ARCHITECTURE SAU (2015). Estudio Base de Vulnerabilidad y Cambio Climático, Gases Efecto Invernadero y Huella Urbana – Pasto, Colombia. Medellín.

IDOM CONSULTING, ENGINEERING, ARCHITECTURE SAU (2015). Estudio Base de Vulnerabilidad y Cambio Climático, Gases Efecto Invernadero y Huella Urbana – Valledupar, Colombia. Medellín.

IDOM CONSULTING, ENGINEERING, ARCHITECTURE SAU (2016). Estudio Base de Vulnerabilidad y Cambio Climático, Gases Efecto Invernadero y Huella Urbana – Santa Marta, Colombia. Medellín.

IDOM CONSULTING, ENGINEERING, ARCHITECTURE SAU (2016). Estudio Base de Vulnerabilidad y Cambio Climático, Gases Efecto Invernadero y Huella Urbana – Villavicencio, Colombia. Medellín.

