



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Análisis de vulnerabilidad y planes de adaptación urbana para la reducción de los efectos del cambio climático en Medellín

Carolina Pérez Muñoz

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Arquitectura

Medellín, Colombia

2016

Análisis de vulnerabilidad y planes de adaptación urbana para la reducción de los efectos del cambio climático en Medellín

Carolina Pérez Muñoz

Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de:

Magister en Estudios Urbano-Regionales

Director:

Geógrafo Peter Charles Brand

Especialista en Planeación Urbana PhD. en Diseño Urbano

Posgrado en Planeación Urbano-Regional

Profesor de la Escuela de Planeación Urbano-Regional

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Arquitectura

Escuela de Planeación Urbano-Regional

Maestría en Estudios Urbano-Regionales

Medellín

2016

Para mis sobrinos, como siempre.

Agradecimientos

El interés inicial al problema objeto de esta tesis lo tuve gracias a las preocupaciones escuchadas en las clases de la Maestría, sobre los pocos avances que en materia de cambio climático, se tiene en la ciudad, así que para los docentes de la Escuela de Planeación Urbano-Regional son mis primeros agradecimientos y además, por haberme recibido en sus aulas y mostrarme el apasionante camino de los estudios urbanos-regionales.

Quiero darle un especial reconocimiento a Peter Charles Brand, mi profesor y asesor, por sus enseñanzas, por su paciencia y por depositar en mí su confianza para la realización de este proyecto y de igual forma, el profesor Luis Carlos Agudelo Patiño quien fue, el que me impulsó a desarrollar esta propuesta con su apoyo incondicional. Gracias a ellos, mi interés por los procesos de planificación y el ordenamiento territorial se ha convertido en una pasión. También al profesor Carlos Gutiérrez por su acompañamiento en los análisis de los datos.

Por último, es necesario hacer una mención a mi padre y mis hermanos por ser mi fuente de inspiración, así como a Juan Guillermo Sánchez por siempre estar conmigo y creer en mí.

Resumen

Esta tesis plantea como problema de investigación el vacío que existe en materia de cambio climático, vulnerabilidad y adaptación en la ciudad de Medellín. En este sentido, se realiza una extensa revisión bibliográfica sobre el cambio climático y sus implicaciones urbanas, y cómo la mitigación, y en especial la adaptación, son herramientas que deben enfocar la planificación urbana actual hacia una planificación para la adaptación con base en la construcción de Planes de Acción de Adaptación Urbana -PAAU-. Asimismo, se propone como punto de partida una aproximación metodológica de análisis de vulnerabilidad para conocer la exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa con el que cuenta la ciudad para enfrentar los posibles efectos de este fenómeno a partir de un enfoque integrado que combine indicadores de orden físico y social. Como resultado, se ofrecen criterios y elementos para la construcción de un PAAU para Medellín, articulado al Plan de Ordenamiento Territorial -POT-, y formulado sobre una línea base construida a partir del análisis de vulnerabilidad de la ciudad.

Palabras clave

Cambio climático, adaptación, planes de adaptación urbana, vulnerabilidad, planificación urbana.

Contenido

	Pág.
Resumen	XI
Lista de figuras	XV
Lista de tablas	XVI
Lista de acrónimos, siglas y abreviaturas	XVII
Introducción	1
1. Marco teórico	9
1.1 ¿Qué es el cambio climático?	9
1.2 Adaptación, capacidad adaptativa y vulnerabilidad.....	12
1.3 El cambio climático y su problemática	16
1.4 Cambio climático, adaptación y vulnerabilidad en las ciudades	17
2. Las ciudades en la aplicación de planes de adaptación urbana y análisis de vulnerabilidad para prevenir los efectos del cambio climático	21
2.1 Marcos propuestos para el desarrollo de planes de adaptación al cambio climático como instrumentos de planificación	22
2.2 Planificación de la adaptación en las ciudades	30
2.2.1 Ciudad de México	30
2.2.2 Durban	34
2.2.3 Quito	39
2.2.4 Comparativo de los planes de adaptación de los ejemplos expuestos	42
2.3 Fuentes de financiación para el análisis de vulnerabilidad y procesos de adaptación al cambio climático.....	45
2.3.1 Fondo para el Medio Ambiente Mundial	47
2.3.2 La Prioridad Estratégica sobre la Adaptación (PEA)	49
2.3.3 Fondo para los Países Menos Adelantados (FPMA)	49
2.3.4 Fondo Especial para el Cambio Climático	49
2.4 Limitaciones en el modelo de financiación actual.....	50
3. Planes de adaptación en las ciudades colombianas	53
3.1 El cambio climático en Colombia	53
3.2 Avances en materia de cambio climático en Colombia	57
3.3 Problemática del cambio climático en Medellín.....	64
4. Análisis de vulnerabilidad urbana al cambio climático para la ciudad de Medellín	69

4.1	Análisis de vulnerabilidad con base en la metodología adoptada por el IPCC	71
4.1.1	Experiencias internacionales	71
4.2	Análisis de vulnerabilidad urbana al cambio climático	87
4.3	Enfoque integrado de vulnerabilidad urbana para la ciudad de Medellín	89
5.	Análisis de vulnerabilidad y plan de adaptación urbana para Medellín	113
5.1	El POT en el contexto del cambio climático.....	113
5.2	Síntesis de los resultados del análisis de vulnerabilidad al cambio climático para Medellín	117
5.3	Lineamientos para un Plan de Adaptación Urbana en Medellín.....	119
	Conclusiones	125
	Bibliografía	129

Lista de figuras

Figura 2-1: Etapas para la construcción de procesos de adaptación propuestos por la OECD.....	23
Figura 2-2: Pautas que deben tener los PAAU	25
Figura 2-3: Pautas para la construcción de PAAU en 13 ciudades.....	27
Figura 2-4: Resumen de las principales categorías de los marcos metodológicos propuestos para la construcción de PAAU	28
Figura 2-5: Análisis de los ejemplos en las categorías propuestas.....	44
Figura 2-6: Los tres fondos administrados por el FMAM relacionados con la adaptación	48
Figura 4-1: Articulación ciudades-cambio climático	87
Figura 4-2: Temperatura máxima anual para Medellín 1941-2015.....	91
Figura 4-3: Precipitación máxima anual para Medellín 1941-2015.....	91
Figura 5-1: Principales temas de las discusiones en el Concejo Municipal.....	114

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1-1: Evolución de la definición de Cambio Climático.....	11
Tabla 3-1: Políticas construidas sobre el cambio climático.....	55
Tabla 3-2: Proyectos realizados en Colombia sobre adaptación y Cambio Climático.....	57
Tabla 4-1. Experiencias internacionales.....	73
Tabla 4-2. Experiencias nacionales.....	78
Tabla 4-3: Frecuencia de eventos extremos 2007-2014.....	92
Tabla 4-4: Incidencia del Dengue 2000-2015	94
Tabla 4-5: Indicadores de índice de exposición.....	96
Tabla 4-6: Índice de exposición base y futura al cambio climático en Medellín	97
Tabla 4-7: Subíndice de residuos sólidos.....	98
Tabla 4-8: Indicador de volumen anual de aguas residuales tratadas en Medellín	99
Tabla 4-9: Indicador de volumen anual de aguas residuales tratadas en Medellín	100
Tabla 4-10: Crecimiento del parque automotor en Medellín	101
Tabla 4-11: Indicador de Emisión de CO2.....	101
Tabla 4-12: Indicadores del subíndice de población de Medellín	102
Tabla 4-13: Indicadores de índice de sensibilidad.....	102
Tabla 4-14: Índice de sensibilidad base y futura al cambio climático en Medellín.....	104
Tabla 4-15: Indicadores de la dimensión social.....	105
Tabla 4-16: Indicadores de la dimensión político-administrativa.....	107
Tabla 4-17: Indicadores de la dimensión física	107
Tabla 4-18: Indicador de la dimensión económica	108
Tabla 4-19: Indicadores de índice de capacidad adaptativa	108
Tabla 4-20: Índice de capacidad adaptativa base y futura al cambio climático en Medellín	110
Tabla 4-21: Análisis de vulnerabilidad para Medellín	111
Tabla 5-1: Dimensiones de mayor énfasis según escala de análisis.....	119

Lista de acrónimos, siglas y abreviaturas

ASOCARS	Asociación de Corporaciones Autónomas Regionales y de Desarrollo Sostenible
AMVA	Área Metropolitana del Valle de Aburrá
AVA	Proyecto Agricultura, Vulnerabilidad, Adaptación
BAFD	Banco Africano de Desarrollo
BASD	Banco Asiático de Desarrollo
BERD	Banco Europeo de Reconstrucción y Desarrollo
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
CENICAFE	Centro Nacional de Investigaciones de Café
CEPAL	Comisión Económica para América Latina y el Caribe
CDKN	Alianza Clima y Desarrollo
CIAT	Centro Internacional de Agricultura Tropical
CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático
CONPES	Consejo Nacional de Política Económica y Social
CORALINA	Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina
CORPOGUAVIO	Corporación Autónoma Regional del Guavio
CORPORINOQUIA	Corporación Autónoma Regional de Orinoquía
CPC	Campaña de Protección del Clima
DGA	Departamento de Gestión Ambiental
DGR	Dirección de Gestión del Riesgo
DNP	Departamento Nacional de Planeación
EIB	Banco Europeo de Inversiones
EPM	Empresas Públicas de Medellín
EQCC	Estrategia Quiteña para el Cambio Climático
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
FECC	Fondo Especial para el Cambio Climático
FCMC	Programa Carbono Forestal, Mercados y Comunidades
FIDA	Fondo Interamericano de Desarrollo Agrícola
FMAM	Fondo para el Medio Ambiente Mundial
FPMA	Fondo para los Países Menos Adelantados

GEI	Gases de Efectos Invernadero
GMCC	Grupo de Mitigación de Cambio Climático
ICGM	Instituto Colombiano de Geología y Minería
ICLEI	Gobiernos Locales por la Sustentabilidad
IDEAM	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia
IISD	Servicio Informativo sobre Negociaciones relacionadas con el Medio Ambiente y el Desarrollo Sostenible
INVERMAR	Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras
INS	Instituto Nacional de Salud
IPCC	Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático
IRA	Infección Diarréica Aguda
JICA	Organismo Japonés de Cooperación Internacional
KFW	Banco Alemán de Desarrollo
MADT	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Territorial
MAVDT	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial
MADR	Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural
MADS	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible
MDL	Mecanismos de Desarrollo Limpio
ODM	Objetivos de Desarrollo del Milenio
OECD	Organización para la Cooperación Económica y el Desarrollo
OMM	Organización Meteorológica Mundial
ONG	Organización No Gubernamental
ONUDI	Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial
OPIC	Corporación para la Inversión Privada en Ultramar
OPS	Organización Panamericana de la Salud
PAAU	Plan de Acción de Adaptación Urbana
PACCM	Programa de Acción Climática de la ciudad de México
PNACC	Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático
PEA	Prioridad Estratégica Sobre la Adaptación
PNAA	Programas Nacionales de Acción para la Adaptación
PDD	Plan de Desarrollo Departamental
PDM	Plan de Desarrollo Municipal
PGAR	Plan de Gestión Ambiental Regional
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas Para el Medio Ambiente
POT	Plan de Ordenamiento Territorial
PRICC	Plan Regional Integral de Cambio Climático
SEDEMA	Secretaría de Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal
SMA	Secretaría de Medio Ambiente
STAP	Grupo Asesor Científico y Tecnológico
SIATA	Sistema de Información de Alerta Temprana

UAESPNN	Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales Naturales
UNICEF	Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia
USAID	Agencia de Estados Unidos para el Desarrollo Internacional
TACC	Enfoque Territorial al Cambio Climático

Introducción

Según el Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, 2007a), el cambio climático se define como el cambio de clima atribuible directa o indirectamente a la actividad humana, que altera la composición de la atmósfera mundial y la variabilidad natural del clima. Éste fenómeno es producido por la acumulación y retención de gases en la atmósfera y su efecto es similar a los invernaderos.

El principal gas que produce el efecto invernadero es la concentración del dióxido de carbono (CO₂). Del total de emisiones de gases de efecto invernadero en el mundo, el CO₂ representa más del 75% de las emisiones totales y se libera al quemar combustibles fósiles como el carbón, el petróleo o el gas natural que son permanentemente utilizados por la humanidad para la producción de electricidad, el calor y la utilización de los medios de transporte (Comisión Europea, 2013).

Esta concentración de gases genera alteraciones que afectan el planeta. De acuerdo con el quinto informe de cambio climático presentado en 2013 por el IPCC, si las emisiones de gases de efecto invernadero -GEI- continúan creciendo al ritmo actual o superior, se intensificaría el calentamiento global y se tendrían numerosos cambios en las temperaturas mundiales durante el siglo XXI, las cuales probablemente superarían en magnitud a las ocurridas durante el siglo XX (Comisión Económica para América Latina - CEPAL-, 2013).

Es por esto que países en todo el mundo están reconociendo cada vez más la presión que ejerce los impactos sobre el medio ambiente y el reto que les plantea el cambio climático. La principal respuesta mundial que estos países están aplicando a esta amenaza es la mitigación que consiste en reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, aunque ya existe un consenso por aceptar que algunos efectos del cambio climático son inevitables (IPCC, 2007b; Schipper, 2007).

De hecho, en la actualidad ya se evidencian estos impactos alrededor del mundo, a saber: la fundición de los casquetes polares y por ende, aumento del nivel del mar y riesgo de inundación de islas y zonas costeras, el desequilibrio de la superficie marina cubierta por los hielos árticos y el retiro de los glaciares. También, contaminación de suelos agrícolas y fuentes de agua potable, fenómenos meteorológicos extremos como tempestades, inundaciones, sequías y olas de calor y, respecto a la salud humana, expansión de enfermedades tropicales (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo -PNUD-, 2010).

En las ciudades, la infraestructura en todo el país y los asentamientos precarios y en zonas de alto riesgo pueden verse afectados por el aumento de eventos extremos como lluvias fuertes, tormentas, vendavales y deslizamientos, lo que deteriora las condiciones de habitabilidad y la calidad de vida de las poblaciones. Y para las ciudades costeras, la elevación del nivel del mar aumenta el riesgo de inundaciones, afectando a millones de personas, las actividades económicas, la infraestructura, las instalaciones turísticas y los cultivos.

Estos efectos producidos particularmente en las ciudades se deben a que la urbanización es uno de los principales factores que aumentan la temperatura a nivel local (Oke, 1987). Inclusive, el riesgo de sufrir estos impactos se ha incrementado en las últimas décadas, dado el acelerado crecimiento espacial y la sustitución de usos y coberturas de suelos naturales y agrícolas por superficies urbanas. La conformación de islas de calor y de humedad y la contaminación de la atmósfera, entre otros efectos, son consecuencias derivadas de los procesos de urbanización (Romero *et al.*, 2010).

De acuerdo con lo anterior, los investigadores se están enfocando en la construcción de mecanismos alternativos para reducir la vulnerabilidad y los impactos de este fenómeno (Garnaut y Rudd, 2008; IPCC, 2007a; Stern, 2007). La alternativa que están desarrollando son las estrategias de adaptación, que consisten en generar un desarrollo resistente y con capacidad de adaptarse al cambio climático, logrando una articulación entre las actividades humanas y el territorio.

Dado que las poblaciones que generan la mayor producción de gases de efecto invernadero se ubican en las ciudades, el control y manejo de los efectos ambientales urbanos es una tarea que debe ser delegada a la planificación y gestión territorial

(Romero *et al.*, 2010). Por lo tanto, se hace urgente tomar medidas de adaptación y desarrollar Planes Acción de Adaptación Urbana (PAAU) al cambio climático con el fin de contrarrestar sus efectos y conducir al crecimiento y desarrollo sostenible de las ciudades actuales y futuras.

No obstante, para desarrollar PAAU eficaces para contrarrestar los efectos del cambio climático, es necesario conocer el nivel de vulnerabilidad de la población y su capacidad de preparación para adaptarse a los posibles impactos. Analizar la vulnerabilidad es fundamental para desarrollar estrategias de adaptación acertadas para cada territorio. De esta manera, este análisis permite a los responsables de decisiones de política, conocer el enfoque, mapear y cuantificar no sólo los impactos del cambio climático, sino también la capacidad de las sociedades para hacer frente a estos impactos (Vogel y O'Brien 2004; Dunford *et.al.*, 2014). En síntesis, apoya la toma de decisiones sectoriales y aquellas decisiones de acuerdo con las condiciones particulares de cada territorio. Además, permite disminuir los riesgos inherentes a las decisiones de política pública basadas en modelos netamente climáticos, ya que éstos albergan una incertidumbre que es inevitable (Agricultura Vulnerabilidad Adaptación -AVA-, 2013).

En Colombia, el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales -IDEAM-, ha venido desarrollando y acompañando diferentes acciones y proyectos relacionados con la vulnerabilidad de los ecosistemas y del sistema socioeconómico nacional frente al cambio climático en algunas zonas del país. Sin embargo, en el Departamento de Antioquia no se evidencian estudios particulares relacionados con el nivel de vulnerabilidad en la región.

De hecho, según Paniagua y Hernández (2013), la perspectiva del cambio climático en Antioquia aún presenta vacíos y falta de compromiso para la prevención de los efectos asociados al cambio climático, así como para el conocimiento de la vulnerabilidad de los territorios. Esta afirmación fue confirmada luego de una investigación de estos autores en los sectores académicos, institucionales y municipales del departamento.

En este sentido, las grandes incertidumbres acerca de las posibles pérdidas asociadas con el cambio climático y la posibilidad de riesgos catastróficos, permiten justificar una propuesta de intervención temprana en la ciudad de Medellín, de tal forma que la sociedad esté preparada para estos efectos en un futuro y tome las medidas correctivas

frente al riesgo al que se verían expuestos sino se implementaran medidas de prevención.

Pero, los mecanismos aplicados para disminuir los efectos del cambio climático deben estar acompañados de una institucionalidad comprometida desde las políticas públicas y concebida como un elemento estratégico de los principales instrumentos de planificación y de gestión local y regional en el departamento de Antioquia como son: El Plan de Desarrollo Departamental (PDD), los Planes de Desarrollo Municipal (PDM), los Planes de Gestión Ambiental Regional (PGAR) y los Planes de Ordenamiento Territorial (POT) (Paniagua y Hernández, 2013).

Este último instrumento de planificación territorial es fundamental dado que según el PNUD (2010), se requiere integrar las consideraciones sobre el cambio climático en los procesos de planeación y ordenación de los usos en los territorios, de tal forma que se tengan en cuenta los impactos esperados de este fenómeno y se puedan tomar medidas de adaptación a tiempo pero con visión de largo plazo.

Dado lo anterior, vale la pena preguntarse ¿Cuál es el nivel de vulnerabilidad al que están expuestos los habitantes de Medellín frente a los posibles efectos asociados al cambio climático? ¿Cómo se puede incluir el análisis de vulnerabilidad de la ciudad en las decisiones de planificación territorial? ¿Se podría implementar un plan de adaptación en el marco de la planificación urbana para disminuir los efectos del cambio climático?

Integrar esta relación de cambio climático en la planeación urbana contribuiría a disminuir la vulnerabilidad de los territorios frente a los impactos negativos de los fenómenos climáticos, aumentaría la capacidad de las comunidades para resistir los eventos extremos y recuperarse tras éstos, aumentaría la capacidad de adaptación al cambio climático de las comunidades y los sectores productivos de los que depende la región; y, finalmente, evitaría tomar decisiones que no sean sostenibles y que a su vez contribuyan a la reducción de las emisiones de GEI.

En este sentido, esta tesis planteó como objetivos: caracterizar las metodologías adoptadas en el mundo y en Colombia para enfrentar los impactos del cambio climático, con énfasis en la planeación urbana/territorial; explorar las estrategias de adaptación desarrolladas en el caso de Medellín: avanzar en una propuesta metodológica para conocer la vulnerabilidad de la ciudad e identificar las implicaciones para el ordenamiento

territorial; y finalmente, formular lineamientos para un PAAU urbana en la ciudad que permitan reducir la vulnerabilidad encontrada frente a los efectos potenciales del cambio climático.

Para cumplir con los objetivos propuestos, la metodología empleada consistió en hacer una amplia revisión de la literatura nacional e internacional que identifica el fenómeno del cambio climático y las respuestas generales que se han desarrollado para disminuir sus efectos en Colombia. De igual forma, se revisaron los estudios que abarcan la relación existente entre las decisiones de planificación con los procesos de adaptación como dos elementos correlacionados para la toma de decisiones sostenibles para los territorios, donde se da paso a la descripción de PAAU.

Posteriormente, se describió el grado de exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa por medio de algunas experiencias de carácter nacional e internacional. Luego, se dio paso a escoger los indicadores que pudieran explicar cada uno de estos conceptos específicamente para Medellín, que contaran con información, que fuera actualizada y que tuviese a su vez, relación entre el ordenamiento territorial y el cambio climático. Y finalmente, se hizo un análisis del POT de 2014 para conocer qué aportes tiene éste sobre este fenómeno y se proponen otros.

La tesis se divide en cinco capítulos. El primer capítulo corresponde al marco teórico en donde se describen los conceptos de cambio climático, mitigación, adaptación, vulnerabilidad y su problemática alrededor del mundo. Una de las principales lecciones de este capítulo se refiere a la desarticulación de los avances técnicos que se han presentado mundialmente para enfrentar este fenómeno y el papel de los tomadores de decisión, donde se evidencian los factores que dificultan la concreción de respuestas, tales como la incertidumbre del fenómeno, su manifestación diferente en contextos geográficos particulares, la falta de investigaciones aplicadas, la poca financiación, las rigideces institucionales y administrativas y su baja prioridad política.

En el capítulo dos se revisa los esquemas metodológicos existentes para la elaboración de estrategias de adaptación y analiza las iniciativas tomadas por algunas ciudades que están incorporando mecanismos de adaptación dentro de la planificación urbana,

partiendo del hecho de que si bien, no existe un marco metodológico consolidado que establezca claramente las diversas etapas para la construcción de PAAU, algunos autores han avanzado en esta dirección en cuanto a procedimientos y categorías básicas.

El propósito de este capítulo es el de establecer el estado del arte en cuanto a las respuestas de la planificación urbana frente a los desafíos del cambio climático, además de identificar las fortalezas y debilidades de las propuestas tanto metodológicas como aplicadas. Por lo tanto, se propuso resaltar aquellos factores que definen las posibilidades concretas y realistas por medio de algunos ejemplos, o la hoja de ruta que proviene de la trayectoria y condiciones actuales de estas ciudades en particular.

En el capítulo tres se entregó una revisión de los avances que en materia de cambio climático se han hecho en Colombia y en particular, los relacionados propiamente en las ciudades sobre PAAU y análisis de vulnerabilidad. Allí se encontró que si bien instituciones a nivel nacional como el IDEAM, han adelantado estudios de vulnerabilidad, su aplicación en las ciudades, así como la realización de PAAU, aún es muy nuevo en el país y aunque, ciudades como Cartagena y Bogotá han presentado adelantos en el tema, para el caso de Medellín aún existen vacíos.

En el cuarto capítulo, se realiza una aproximación metodológica de análisis de vulnerabilidad con base en las categorías más utilizadas que explican la vulnerabilidad urbana como son exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa. Para ello, se escogió un conjunto de indicadores que pudieran explicar cada una de estas categorías en la ciudad y que pudieran dar cuenta del nivel de vulnerabilidad y de preparación de los ciudadanos, frente a los posibles efectos del cambio climático. Este capítulo presenta una iniciativa que podría ser la base para la toma de decisiones para PAAU.

En el quinto capítulo se presenta una reflexión sobre los resultados del análisis de vulnerabilidad urbana y se deja planteadas algunas recomendaciones para complementar el análisis en posteriores investigaciones. De igual forma, se realiza un análisis del Plan de Ordenamiento Territorial -POT- (2014) de Medellín, para identificar sus debilidades que se presentan en materia de cambio climático y algunos lineamientos para la elaboración de un PAAU para la ciudad.

Por último, se exponen las principales conclusiones obtenidas en la tesis, sobre el cumplimiento de los objetivos propuestos, así como de las preguntas de investigación planteadas al inicio. Se deja planteada la expectativa de haber contribuido con esta investigación, al interés de abordar el cambio climático en Medellín, como un fenómeno que requiere ser incluido en las agendas de la administración municipal, la academia y en general, de los ciudadanos.

1. Marco teórico

1.1 ¿Qué es el cambio climático?

La vida en el planeta es posible por la energía proveniente de la luz del sol. De esta energía que ingresa a la atmósfera, el 30% se expulsa nuevamente al espacio. El resto alcanza la superficie terrestre, y su expulsión es más lenta por la presencia de Gases de Efecto Invernadero (GEI). Estos GEI hacen parte del 1% de la atmósfera y existen de manera natural como son: el vapor de agua, el dióxido de carbono CO_2 , el metano, entre otros; su función es actuar como una sábana alrededor de la energía (Vela, 2005).

Si bien la presencia de GEI en la atmósfera es importante para mantener el calor, desde el siglo XVIII -con la revolución industrial- hasta la actualidad, el desarrollo de diferentes actividades humanas relacionadas con la quema de carbón, petróleo y gas natural ha generado una producción exponencial de los GEI, y en especial de CO_2 . Esta producción y concentración de este gas han provocado el acelerado calentamiento de la temperatura de la tierra, poniendo en riesgo la vida en el planeta (Vela, 2005).

Según el quinto informe de cambio climático presentado en 2013 por el Panel Intergubernamental de Expertos del Cambio Climático (IPCC), si las emisiones de GEI continúan creciendo al ritmo actual o superior, se intensificaría el calentamiento global y se tendrían numerosos cambios en el sistema climático mundial durante el siglo XXI, los cuales probablemente superarían en magnitud a los ocurridos durante el siglo XX (CEPAL, 2013).

Esta preocupación por el cambio climático y la producción de GEI, es relativamente nuevo en la comunidad científica. Los grandes argumentos y predicciones frente a sus efectos se dieron hace menos de cincuenta años. No obstante, el matemático J. B. Fourier en 1827, ya había discutido las nociones de la producción de gases de efecto invernadero. En sus estudios, observó que algunos gases que componen la atmósfera, en particular el dióxido de carbono (CO_2), retienen el calor en ella y este fenómeno es

similar al que ocurre en los invernaderos, utilizando el término *effet de serre*¹ (Samaniego, 2009).

Más tarde, en 1860, el físico J. Tyndall evidenció como los cambios en el sistema climático obedecían a las variaciones de las concentraciones de CO₂ en la atmósfera. Asimismo, en 1896 el físico S. Arrhenius (nobel de química en 1903) demostró mediante un cálculo matemático, como el acelerado desarrollo de la industria podía duplicar el CO₂ en la atmósfera, produciendo un recalentamiento global de hasta 6 grados centígrados (°C) (Samaniego, 2009). Y para 1969, el ecólogo J. Lovelock y la microbióloga L. Margulis, en sus investigaciones, desarrollaron la teoría “gaia”, donde sostiene cómo los ecosistemas pueden verse altamente amenazados por una variación en la composición atmosférica (Vargas, *et al.*, 2014).

Aunque todas las investigaciones anteriores constituyeron el punto de partida para posteriores estudios, solo es en el año 1979 que la comunidad científica logra reunir datos que confirman el calentamiento global, la acumulación de GEI y los efectos del cambio climático como una amenaza real. Como consecuencia, desde esa década se desarrollan las conferencias mundiales sobre el clima, así como las diferentes cumbres y convenciones para discutir sobre las medidas a promover para disminuir los efectos del cambio climático.

Asimismo, a partir de la primera convención se toma como referente la definición contemplada en el artículo 1 del informe de la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC, 1992): “ el cambio de clima atribuible directa o indirectamente a la actividad humana, que altera la composición de la atmósfera mundial y la variabilidad natural del clima observada durante periodos de tiempo comparables”, y este fenómeno es producido por la acumulación y retención de gases en la atmósfera y su efecto es similar a los invernaderos. Aunque vale la pena mencionar que el término ha evolucionado, desde la creación del IPCC en 1988 (Ver Tabla 1-1)².

¹Efecto invernadero.

² La Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) crean el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) cuya función consiste en analizar la información científica, técnica y socioeconómica para entender los elementos científicos que supone el riesgo del cambio climático

Esta evolución de la definición de cambio climático corresponde a su vez, a la entrega de los informes del IPCC en el transcurso de los años. Éstos recogen también, los diferentes puntos de vista en torno a esta problemática y evaluaciones científicas, técnicas y socioeconómicas, basadas en información de publicaciones y documentación apropiada, en publicaciones de la industria y prácticas tradicionales para responder a preguntas importantes sobre el cambio climático.

Tabla 1-1: Evolución de la definición de Cambio Climático

Primer informe de evaluación del IPCC 1990 e Informe complementario 1992	Cambio del clima atribuido directa o indirectamente a actividades humanas que alteran la composición de la atmósfera mundial, y que viene a añadirse a la variabilidad natural del clima observada durante periodos de tiempo comparables.
Segundo informe de evaluación del IPCC 1995	El cambio del clima, en relación con las observaciones efectuadas, se debe a cambios internos del sistema climático o de la interacción entre sus componentes, o a cambios del forzamiento externo debido a causas naturales o a actividades humanas.
Tercer informe de evaluación del IPCC 2001	Importante variación estadística en el estado medio del clima o en su variabilidad, que persiste durante un período prolongado (normalmente decenios o incluso más). El cambio climático se puede deber a procesos naturales internos o a cambios del forzamiento externo, o bien a cambios persistentes antropogénicos en la composición de la atmósfera o en el uso de las tierras.
Cuarto informe de evaluación del IPCC 2007	El cambio climático se refiere a un cambio en el estado del clima que puede ser identificado (por ejemplo, mediante el uso de pruebas estadísticas) por cambios en la media y/o la variabilidad de sus propiedades y que persiste durante un periodo prolongado, típicamente décadas o más. Cambio Climático puede deberse a procesos internos naturales o forzamientos externos, o a los cambios en el uso de la tierra.
Quinto informe de evaluación del IPCC 2014	El cambio climático se refiere a un cambio en el estado del clima que puede ser identificado (por ejemplo, mediante el uso de pruebas estadísticas) por cambios en la media y/o la variabilidad de sus propiedades y que persiste durante un periodo prolongado, típicamente décadas o más. Cambio Climático puede deberse a procesos internos naturales o forzamientos externos, o a los cambios en el uso de la tierra.

Fuente: IPCC, 2015b

provocado por las actividades humanas, sus posibles repercusiones y las posibilidades de adaptación del mismo. Elaborar los informes de base para las conferencias y respaldar la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) con los inventarios de GEI (IPCC, 2015a).

1.2 Adaptación, capacidad adaptativa y vulnerabilidad

De los informes que realiza el IPCC hay un tema elemental y es el correspondiente a las posibles soluciones para enfrentar el cambio climático. De acuerdo con las discusiones científicas, la principal respuesta mundial para enfrentar el problema consiste en reducir las emisiones de GEI, por medio del control y disminución del consumo de carbón. Este proceso también es conocido como la mitigación, pero ya existe un consenso científico por aceptar que aunque se reduzcan las emisiones, algunos efectos del cambio climático ya son inevitables (IPCC, 2007b; Schipper, 2007).

Los investigadores actualmente se enfocan en la construcción de mecanismos alternativos para reducir la vulnerabilidad y los efectos de este fenómeno (Garnaut y Rudd, 2008; IPCC, 2007a; Stern, 2007). Están desarrollando los mecanismos de adaptación como una alternativa que consiste en generar un desarrollo resistente y con capacidad de adaptarse a los impactos negativos, por medio de una relación más armónica entre las actividades humanas y el territorio. El método que se utiliza para aplicar estos mecanismos, es estimar en diferentes escenarios, los efectos del cambio climático con y sin estrategias de adaptación y evaluar de qué forma podrían ser compensados (Smit y Wandel, 2006).

Aunque el término adaptación se utiliza actualmente en el contexto del cambio climático, tiene sus orígenes en las ciencias naturales y en particular en la biología. En términos generales, para este campo, la adaptación se refiere al desarrollo de características genéticas y de comportamiento que permiten a los organismos o sistemas, hacer frente a los cambios en el medio ambiente con el fin de sobrevivir o reproducirse y esta adaptación puede darse individual o colectivamente (Futuyama, 1979; Winterhalder, 1980; Kitano, 2002; citados por Smit y Wandel, 2006).

La adaptación también ha sido relacionada con la antropología y la cultura. Según Steward (1972), el término adaptación cultural se utiliza para describir cómo se ajustan los comportamientos culturales de una sociedad al medio ambiente natural, a través de actividades de subsistencia. O'Brien y Holland por su parte (1992, p. 37), definen la adaptación como los procesos mediante los cuales las personas utilizan nuevos y mejores métodos para enfrentar el medio ambiente; Y por último, Denevan (1983, p. 401)

considera la adaptación como un proceso de cambio en respuesta a la modificación en el medio ambiente o en otros aspectos como en la demografía, la economía, entre otros.

Respecto a las ciencias sociales, la adaptación ha sido estudiada por antropólogos y arqueólogos. Éstos sugieren que la supervivencia de una cultura depende de la adaptación; es decir, la adaptación es lo que permite que sobrevivan prácticas culturales ya que las sociedades son capaces, o tienen una “capacidad adaptativa” de responder a los cambios de forma rápida y sencilla (Denevan, 1983).

También se puede observar adelantos del concepto de adaptación en otras ramas como la ecología política. En este caso, se busca establecer la relación entre los ecosistemas y la política económica donde la adaptación juega un papel fundamental de la sociedad frente al uso de los recursos naturales, factores sociales, económicos y políticos (Blaikie y Brookfield, 1987; Sen, 1981).

Los análisis de la adaptación en el ámbito del cambio climático han surgido en forma simultánea con el interés comprender el cambio climático y evitar sus efectos. Butzer por ejemplo (1980), consideró que la innovación tecnológica y la planificación a largo plazo, es un comportamiento adaptativo para enfrentar el cambio climático frente a efectos como la disminución de la oferta mundial de alimentos. Desde entonces, los análisis de adaptación a las cambiantes condiciones climáticas se han realizado para diferentes propósitos (Kelly y Adger, 2000; Smit *et al.*, 2000). Es de anotar que la adaptación es todavía un concepto novedoso en el contexto del cambio climático, pero sí tiene un considerable historial en otros campos.

De los estudios más recientes sobre la adaptación, se destacan los trabajos de Smit y Wandel (2006), donde demuestran que la adaptación en las comunidades está estrechamente asociada con la vulnerabilidad y la capacidad de adaptación. Frente a la vulnerabilidad, se explica como ésta se relaciona tanto con la exposición y sensibilidad de las comunidades a condiciones peligrosas relacionadas con el cambio climático. Y la capacidad de adaptación por su parte, se refiere a la resistencia o recuperación de las poblaciones a los efectos o riesgos asociados con el nivel de exposición.

Ahora bien, para el IPCC (2001) la adaptación se define como el ajuste en los sistemas naturales o en los de creación humana, como respuesta a las modificaciones climáticas y sus efectos actuales o esperados, ajustes que podrían detener los daños ocasionados e

incluso explotar oportunidades de beneficio. Este proceso adaptativo supone evaluaciones para dar conocer la vulnerabilidad y fortalecer la capacidad de recuperación de las poblaciones o ecosistemas, frente a los cambios observados y esperados en el clima.

En cuanto a la vulnerabilidad, al igual que la adaptación, ésta ha sido estudiada por diferentes ramas del conocimiento. Una de ellas ha sido las ciencias sociales y específicamente en la geografía la cual la enfoca con base en eventos como los desastres naturales y los estudios de seguridad alimentaria. De igual forma, se ha enfocado en temas de carácter político, social y económico con el fin de analizar qué hace a una determinada población vulnerable (Kelly y Adger, 2000). El concepto también ha sido estudiado por la economía en los temas de bienestar y la pobreza (Luers *et al.*, 2003).

Debido a la diversidad de ramas del conocimiento en la que ha sido estudiada la vulnerabilidad, ésta ha sido asociada con diferentes sinónimos como: resiliencia, riesgo, marginalidad, adaptabilidad y exposición. Es por esto que la vulnerabilidad cuenta con diversas conceptualizaciones, de acuerdo a la disciplina que la estudia en su momento (Monterroso, 2012).

La vulnerabilidad dentro del cambio climático también ha contado con diferentes definiciones. Luers *et al.*, (2003) por ejemplo, la define como el grado al que sistema podría estar propenso a experimentar algún tipo de daño por una perturbación o peligro. Smit (2006) por su parte, considera que la vulnerabilidad se encuentra en función de la exposición y la sensibilidad de sufrir algún daño y a su vez, a la habilidad o capacidad adaptarse a esos impactos.

Estas definiciones fueron adoptadas posteriormente por el IPCC (2001; p.198), obteniendo como definición de vulnerabilidad el “nivel al que un sistema es susceptible, o no es capaz de soportar los efectos adversos del cambio climático, incluida la variabilidad climática y los fenómenos extremos. La vulnerabilidad está en función del carácter, magnitud y velocidad de la variación climática al que se encuentra expuesto un sistema, su sensibilidad, y su capacidad de adaptación”. En esta tesis se siguen las definiciones adoptadas por el IPCC.

Dada las diferentes disciplinas que estudian la vulnerabilidad, existen diferentes marcos conceptuales y metodológicos para su análisis. De los marcos conceptuales más comunes, se destacan los que incluyen evaluaciones de tipo socioeconómico, los biofísicos y los que combinan ambos. Específicamente para las evaluaciones de tipo socioeconómico, se centra en este tipo de aspectos para identificar la vulnerabilidad de una comunidad y también se incluyen aspectos de tipo político. Respecto a las evaluaciones biofísicas, también conocidas como evaluaciones de impacto, se enfocan en los impactos físicos del cambio climático, como el nivel de exposición o la sensibilidad al que un sistema está expuesto (Füsel y Klein, 2006; Adger y Kelly, 1999; citados por Monterroso, 2012).

Para evaluar la vulnerabilidad se distinguen tres metodologías: la primera de ellas se conoce como evaluación por variables o por métodos econométricos, que evidencian el cambio que sufre un grupo de variables ante los cambios de otras; para este tipo de evaluación, cada una de las variables obtiene el mismo peso al ser estudiadas y es común observar esta metodología en estudios económicos aplicados a análisis de vulnerabilidad de los sistemas agrícolas (Heitzmann *et al.*, 2002; Prichett *et al.*, 2000). Los análisis también pueden realizarse a partir de un estudio de probabilidades de cambio de las variables escogidas a que sobrepase un determinado umbral (Mansury y Healy, 2002). Pero, según Luers *et al.*, (2003), este tipo de evaluación no es suficiente para capturar todas las dimensiones que abarca la vulnerabilidad.

La segunda metodología es una evaluación a partir de indicadores, donde se escoge un grupo de indicadores y se construyen índices, y luego se calculan pesos o promedios ponderados de estos indicadores. Esta metodología se puede aplicar a diferentes escalas, ya sea a nivel de hogares, barrio, municipio, región o nación, aunque su limitante radica en su incapacidad para capturar la complejidad temporal y social de los sistemas evaluados, además, su subjetividad en la selección de indicadores, así como en la asignación de las ponderaciones pueden llegar a sesgar los resultados. No obstante, una de sus ventajas se debe a la capacidad de monitorear tendencias en los indicadores, así como en la incorporación de otros marcos conceptuales (Monterroso; 2012).

Respecto a la segunda metodología, ésta puede ser calculada otorgando a los indicadores, los mismos pesos, es decir, asumiendo que todos cuentan con la misma importancia, o asignar pesos diferentes. La asignación por el mismo peso se tiene de

diferentes formas que se han sugerido para aplicar la metodología para escoger los indicadores, tales como el juicio de expertos análisis de componentes principales, correlación con eventos pasados y la lógica difusa, por ejemplo (Kaly *et al.*, 1999; Easter, 1999; Brooks *et al.*, 2005; Eakin y Tapia, 2008).

Ahora bien, para desarrollar mecanismos de adaptación eficaces para contrarrestar los efectos del cambio climático, es necesario evaluar la vulnerabilidad de la población y su capacidad de adaptarse a estos impactos, esto explica su relación. Esta información permite a los responsables de la toma de decisiones de política, conocer el enfoque, mapear y cuantificar no sólo los impactos del cambio climático, sino también la capacidad de las sociedades para hacer frente a estos impactos (Vogel y O'Brien 2004; Dunford *et al.*, 2014). En síntesis, conocer la vulnerabilidad, permite a los responsables de las políticas tomar decisiones acertadas frente a las medidas de adaptación más adecuadas para cada región (Li *et al.*, 2014).

Cabe resaltar que cualquier método de evaluación que se utilice para conocer la vulnerabilidad, no será la misma para todas las ciudades ya que para analizar esta variable, se requiere de una perspectiva multidimensional propia de cada territorio (Ava, 2013). Por lo tanto, ésta difiere de acuerdo a las regiones geográficas, límites políticos, escenarios climáticos y condiciones socio-económicas de la población (Harley *et al.*, 2008); también varía según los sectores y los grupos sociales. Más adelante, se abordará el enfoque de análisis de vulnerabilidad para la ciudad de Medellín.

1.3 El cambio climático y su problemática

En general, a pesar de que la comunidad científica y los países son conscientes del cambio climático como una amenaza real, aún no se percibe una voluntad clara de los países para enfrentar la problemática. Por un lado, Tanner y Allouche (2011) mencionan que una de las razones se debe al discurso desarticulado que presenta la comunidad científica frente al tema, desligándolo con las decisiones de política que deben tomarse (Tanner y Allouche, 2011; Citados en Lampis, 2013a). Y además, para el caso de América Latina no sólo se percibe la desarticulación política y académica, sino también que ésta última aún presenta estudios técnicos muy débiles, y en su mayoría, basados en estudios europeos sin enfatizar en las particularidades de cada territorio (Palacio, 2013).

También hay otros argumentos relacionados con la opinión pública. Palacio (2013) menciona cómo un estudio realizado en 2013 en Estados Unidos, demuestra de qué forma los ciudadanos tienen poca creencia al cambio climático y a la necesidad de prepararse para sus posibles efectos. Aunque, de acuerdo con el autor, la postura de estos ciudadanos está altamente influenciada con la posición política del partido republicano que sostiene una resistencia frente al tema, ya que aceptarlo, implicaría un cuestionamiento sobre “el modo de vida americano”.

Por otro lado, autores como Seto y Satterthwaite (2010) mencionan que el inconveniente radica desde la debilidad con la que cuenta la ciencia del clima. Los autores argumentan que la investigación sobre el cambio climático se ha concentrado principalmente en los aspectos naturales, dejando a un lado que la mayor producción de GEI se debe a las actividades humanas más que a un proceso natural, y los riesgos a los que se ven expuestas las poblaciones. Y además, dado el nivel de incertidumbre que maneja la ciencia del clima frente a los efectos del cambio climático, los países optan por destinar los recursos hacia otras decisiones de política más prioritarias.

En síntesis, la voluntad política se constituye en un elemento fundamental para la toma de decisiones en el marco del cambio climático. Sin embargo, estas decisiones deben ir acompañadas por estudios técnicos que le permitan a los gobernantes tomar decisiones acertadas para enfrentar esta problemática. Estos análisis deben corresponder a las condiciones particulares de cada territorio para identificar los riesgos a los que están expuestos.

1.4 Cambio climático, adaptación y vulnerabilidad en las ciudades

En el caso particular de las ciudades, la ubicación geográfica es un factor fundamental para evaluar los peligros climáticos que enfrentan. En las ciudades costeras por ejemplo, que albergan el 70% de la población mundial, los efectos negativos del cambio climático serían inminentes. Ciudades como Nueva York y Londres³ siendo territorios con estas características, deben reevaluar su planificación urbana ya que según Carmin *et al.*,

³ Si bien Londres no es una ciudad costera, la altura sobre el nivel del mar es baja.

(2012), el incremento de la temperatura en el mundo ha ascendido 3°C y si esta tendencia continúa, la capa de hielo de Groenlandia se derretiría aumentando el nivel del mar de 6 metros, y poniendo en alto riesgo de inundación a estos territorios.

Las condiciones socioeconómicas de las ciudades también son un factor para evaluar los efectos del cambio climático. Algunos autores argumentan que las ciudades con mayores niveles de ingresos o desarrolladas, enfrentarán amenazas notables a sus activos, mientras que en ciudades de bajos ingresos o en vías de desarrollo, se espera que su impacto se vea reflejado en un aumento significativo en las enfermedades y muerte entre las poblaciones vulnerables, como resultado de los efectos del clima (Carmin *et al.*, 2012).

Es importante anotar que si bien los efectos del cambio climático y su nivel de vulnerabilidad dependen de la situación social y económica y la ubicación geográfica de las ciudades, también dependen de la capacidad de las partes interesadas y las instituciones públicas y privadas, para encarar los retos que supone el cambio climático. Así, se requiere que los gobiernos locales tomen medidas para proteger los sistemas naturales, el medio ambiente construido, y las poblaciones en general.

No obstante, la articulación entre las necesidades de las ciudades para dar respuesta al cambio climático y las decisiones de política pública aún es muy débil por diferentes razones. En primer lugar, existe poca investigación que combina el conocimiento científico sobre el cambio climático y sus posibles efectos en la planificación y el diseño de las ciudades (Blaquely, 2007). Es decir, aún no hay una política de investigación y elaboración de mejores sistemas de planificación urbana que de respuesta a los efectos del cambio climático y lograr esto, implicaría hacer un cambio radical en la forma cómo se planifican las ciudades actualmente.

En segundo lugar, Bulkeley y Betsill (2003) argumentan que si bien gobiernos promueven discursos relacionados con el cambio climático y adoptan diversas políticas para hacer frente al problema, la mayoría de estas políticas no tienen capacidad de ejecución o funcionamiento. Y tercero, algunos observadores plantean que la ciencia del clima aún presenta muchas debilidades y escalas muy amplias de evaluación, lo que no permite el desarrollo de políticas de adaptación específicas para cada territorio, y aunque se están

haciendo esfuerzos por mejorar los modelos, esto requiere de más años de investigación (Mastrandrea *et al.*, 2010).

A pesar de los límites con los que cuenta la ciencia del clima, existen ciudades que han avanzado en la construcción de una planificación de la adaptación al cambio climático. Esta planificación de la adaptación busca evaluar y proyectar los cambios que se esperan que tengan lugar en el futuro. Según Carmin *et al.*, (2012), esto puede lograrse por diferentes enfoques: por ejemplo, realizar evaluaciones sobre el riesgo, el análisis de datos para construir escenarios, evaluaciones de sectores económicos en particular o evaluaciones integrales que abarquen todo el territorio.

El próximo capítulo presentará algunos aspectos que deben tenerse en cuenta para una planificación de la adaptación, partiendo de evaluaciones de vulnerabilidad para conocer las necesidades reales de cada territorio, así como la necesidad de incorporar los estudios del clima a la planificación urbana, el interés de las autoridades en la toma de decisiones y las dificultades que en términos de financiación, se presentan para poder llevar a cabo estos procesos de adaptación.

2. Las ciudades en la aplicación de planes de adaptación urbana y análisis de vulnerabilidad para prevenir los efectos del cambio climático

Si bien no existe un marco metodológico consolidado que establezca claramente las diversas etapas para la construcción de planes de adaptación urbana, algunos autores han avanzado en esta dirección en cuanto a procedimientos y categorías básicas. Este capítulo revisa estos esquemas metodológicos existentes y analiza las iniciativas tomadas por algunas ciudades que están incorporando mecanismos de adaptación dentro de la planificación urbana.

El propósito de esta revisión es no solo el de establecer el estado del arte en cuanto a las respuestas de la planificación urbana frente a los desafíos del cambio climático, sino también el de identificar las fortalezas y debilidades de las propuestas tanto metodológicas como aplicadas. Como se observó en el capítulo anterior, hay muchos factores que dificultan la concreción de respuestas, tales como la incertidumbre del fenómeno, su manifestación diferente en contextos geográficos particulares, la falta de investigaciones aplicadas, la poca financiación, las rigideces institucionales y administrativas y su baja prioridad política. Por lo tanto, este capítulo propone resaltar aquellos factores que definen las posibilidades concretas y realistas por medio de algunos ejemplos, o la hoja de ruta que proviene de la trayectoria y condiciones actuales de estas ciudades en particular.

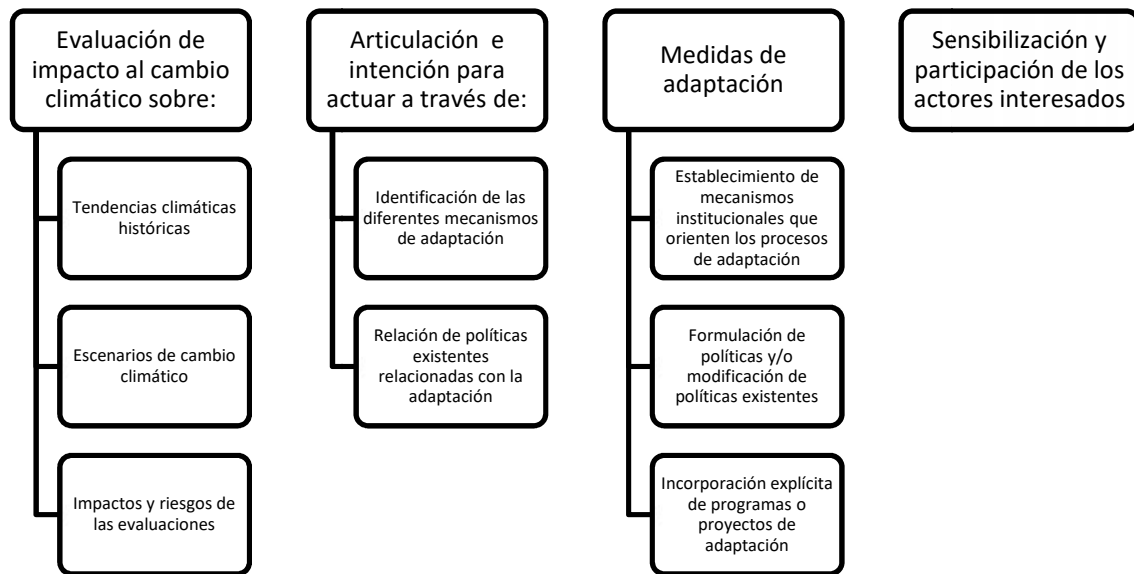
2.1 Marcos propuestos para el desarrollo de planes de adaptación al cambio climático como instrumentos de planificación

La Organización para la Cooperación Económica y el Desarrollo (OECD en inglés), realiza un foro donde los gobiernos discuten sobre los retos económicos, sociales y ambientales de la globalización. También proporciona un entorno en el que los gobiernos pueden comparar sus experiencias políticas, buscar respuestas a problemas comunes, identificar buenas prácticas y trabajar en la coordinación de políticas nacionales e internacionales.

Dentro de los temas que se discuten, se encuentra la planificación urbana y el cambio climático en sus agendas y de acuerdo con los análisis que se han realizado en los países que participan en esta organización⁴, han construido un marco metodológico para la aplicación de planes de adaptación y urbana, el cual debe involucrar tres etapas: la primera relacionada con las evaluaciones para conocer los impactos del cambio climático, que busca conocer las tendencias climáticas históricas y futuras, así como los posibles impactos de estas evaluaciones. En otras palabras, conocer el grado de exposición y sensibilidad al cambio climático, también conocido como el nivel de vulnerabilidad (Ver Figura 2-1).

⁴Los países miembros de la OECD son: Australia, Austria, Bélgica, Canadá, República Checa, Dinamarca, Finlandia, Francia, Alemania, Grecia, Hungría, Islandia, Irlanda, Italia, Japón, Corea, Luxemburgo, México, Países Bajos, Nueva Zelanda, Noruega, Polonia, Portugal, la República Eslovaca, España, Suecia, Suiza, Turquía, el Reino Unido y los Estados Unidos. La Comisión Europea también participa en los trabajos de la OECD.

Figura 2-1: Etapas para la construcción de procesos de adaptación propuestos por la OECD



Fuente: Penny y Wiedtz (2007)

Segundo, se debe identificar si en las políticas existentes con las que cuenta la ciudad ya se han incorporado mecanismos de adaptación que no estén articulados en el contexto del cambio climático. Esto con el fin de tomarlas en cuenta e incorporarlas como estrategias relacionadas directamente con procesos de adaptación urbana, y aprovechar los recursos que ya se habían destinado para la aplicación de estas políticas actuales sin la necesidad de incurrir en financiación adicional para crear otras nuevas. Y tercero, se debe complementar estos mecanismos de adaptación vigentes, si existen, con la formulación e incorporación de nuevos proyectos, programas o políticas propias que contribuyan a disminuir la vulnerabilidad y aumentar la capacidad adaptativa de las ciudades.

Adicionalmente Penny y Wiedtz (2007) recomiendan que al marco de la OECD se incorpore la etapa de sensibilización y participación de los actores interesados. Esta categoría permitiría una mayor comprensión de los tomadores de decisión sobre esta problemática y su interés por enfrentarla, el interés de los sectores económicos por concientizarse sobre los daños que han producido al medio ambiente y la incorporación de programas educativos, de socialización y cultura a toda la población, para conocer los

posibles efectos, el modo de actuar y cómo estar preparados para enfrentar estos impactos.

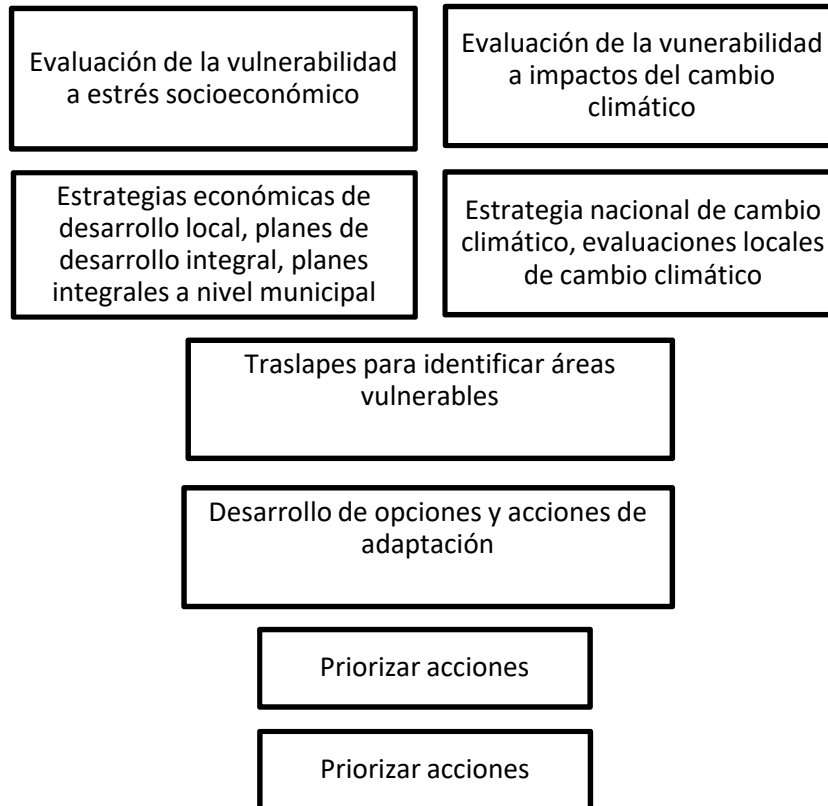
Por su parte, Satterthwaite *et al.* (2007) citados por Barton (2009), proponen un esquema que incorpora no solo los posibles impactos que pueden presentarse con esta problemática ambiental, sino también la identificación de las particularidades de cada territorio y el desarrollo armónico entre lo natural y lo artificial. El resultado de este esquema es llamado por los autores como Planes de Acción de Adaptación Urbana (PAAU), definidos como un instrumento de planificación que articula la planeación urbana con las estrategias de adaptación para disminuir los efectos del cambio climático.

El marco propuesto por Satterthwaite *et al.* (2007), el cual es expuesto por Mukheibir y Ziervogel (2007), se puede observar en la Figura 2-2. Este esquema comienza con la evaluación de vulnerabilidad a los impactos del cambio climático, así como una evaluación de vulnerabilidad al estrés socioeconómico, siendo ésta última, una evaluación que se vincula directamente con las condiciones socioeconómicas de las ciudades.

Según los autores, esta evaluación debe incorporarse ya que la población más vulnerable a los efectos del cambio climático es la que se encuentra en condición de pobreza y en este sentido, estos resultados permitirían integrar los planes de adaptación en el marco de las metas de reducción de pobreza, de tal forma que promueva la calidad de vida de las poblaciones.

Respecto a las demás etapas que se observa en la figura, se muestra la articulación entre las estrategias a nivel nacional con las evaluaciones locales, la identificación de estas áreas más vulnerables, el desarrollo de las estrategias de adaptación y su priorización y finalmente, la incorporación del plan de adaptación.

Figura 2-2: Pautas que deben tener los PAAU



Fuente: Mukheibir y Ziervogel (2007), citados por Barton (2009).

Por último, un trabajo desarrollado por Barton y Harris (2011), estudió 13 ciudades alrededor del mundo, en la incorporación de PAAU⁵. Dentro de este estudio se pudo observar que aunque cada ciudad cuenta con un enfoque diferenciado, se identificaron 8 variables que constituyen un PAAU integral, como son: identificar el punto de partida, escoger el tipo de estrategia, definir las principales líneas de acción, desarrollar las medidas específicas, definir el marco organizacional o administrativo y vincularse con las diferentes escalas e instrumentos.

⁵ Las ciudades que analizaron fueron Copenhague (Dinamarca) Madrid (España), París (Francia), Londres (Gran Bretaña), Buenos Aires (Argentina), Ciudad de México (México), Ciudad del Cabo (Sudáfrica), Durban (Sudáfrica), Melbourne (Australia), Toronto (Canadá), Nueva York (Estados Unidos), Seattle (Estados Unidos) y Singapur.

De acuerdo con la Figura 2-3, el punto de partida corresponde al primer paso que toda ciudad debe realizar y que es consecuente con varios argumentos expuestos en este documento. Cada ciudad cuenta con características diferenciadas y por esto requiere de estudios técnicos particulares para cada territorio, para conocer los riesgos a los cuales están expuestos los ciudadanos, su nivel de vulnerabilidad y la capacidad de adaptarse a sus impactos. Este punto de partida permitirá tomar decisiones acertadas. .

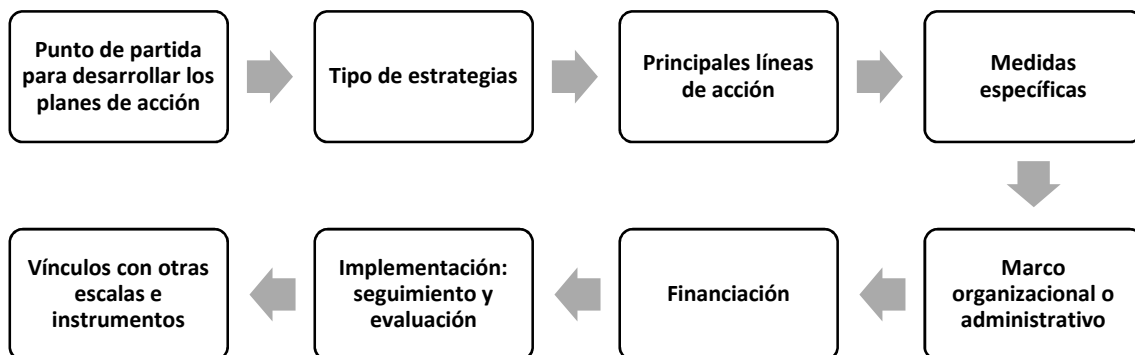
Según los autores, los tipos de estrategias también pueden ser llamados enfoques. El cambio climático puede enfrentarse a partir de dos tipos de enfoques correspondientes a la aplicación de estrategias de mitigación y/o adaptación. Por ejemplo, el enfoque de mitigación se caracteriza por ser aplicado en ciudades como Copenhague, Ciudad de México, Madrid, Singapur, París y Buenos Aires. Así, se puede hacer un mayor énfasis a la mitigación que a la adaptación y viceversa.

Las líneas de acción se refieren a aquellas decisiones que se toman para enfrentar la problemática del clima y son transversales a todas las ciudades, dado que hay impactos que son generalizados en todos los territorios como: temperaturas extremas, tasas altas de precipitación, lluvias e inundaciones. En consecuencia, las acciones tomadas son similares en las ciudades.

Las medidas específicas corresponden a aquellas que son particulares de cada territorio, con base en los posibles efectos adicionales que se presenten. Estas medidas específicas se dividen en dos de acuerdo con los autores. Por un lado, se encuentran las medidas de adaptación 'duras' que se caracterizan por grandes inversiones realizadas específicamente en actividades de la construcción, para mejorar y proteger las infraestructuras. Por otro lado, las medidas 'blandas' se relacionan con el desarrollo de los estudios técnicos, la definición de las autoridades competentes para el tema y la difusión de la información.

El marco organizacional o administrativo hace parte de uno de los componentes más importantes de los PAAU, ya que en este componente se definen los responsables y las partes interesadas en la construcción de los planes para las ciudades en el contexto del cambio climático. Esta organización puede ser de exclusividad del Estado, donde sea éste el que tome las decisiones de aplicación, financiación, seguimiento y control de los planes, como es el caso de Ciudad de México y Madrid.

Figura 2-3: Pautas para la construcción de PAAU en 13 ciudades



Fuente: Barton y Harris (2011)

También existe la figura de inclusión limitada, donde el Estado invita a algunas corporaciones, organizaciones o la academia para la asesoría en la realización de los planes de adaptación. Y tercero, se encuentra la figura de tipo inclusivo, característico de la ciudad de París, donde el sector público, privado y la comunidad juegan un papel protagonista en las decisiones que se tomen sobre la planificación de las ciudades y el cambio climático.

La cuestión de la financiación es un punto que va muy articulado con el interés de los actores para que las políticas puedan llevarse a cabo. Pero estos recursos deben ser permanentes e integrados al marco de las políticas de Estado para que su permanencia en el tiempo garantice su aplicación en las ciudades.

Frente a la financiación, Burton *et al.* (2002) reflexionan sobre las incertidumbres que traen los efectos del cambio climático, así como el alto costo de asumir la construcción de los PAAU, recursos que podrían estar destinados a los desafíos del desarrollo actual como la pobreza, las transformaciones económicas, la salud, entre otros. Otros autores como Stern (2007) mencionan que si bien los costos asociados al cambio climático son altos, los beneficios de prepararse para estos efectos y dotar a las ciudades son mayores. Barton (2009) enfatiza que si bien se debe incurrir en costos para la construcción de los PAAU, si existe compromiso político y comprensión sobre la amenaza del cambio climático, las decisiones de política estarán encaminadas a aprobar las inversiones necesarias.

En cuanto a la implementación, seguimiento y evaluación de políticas, se busca mantener un control sobre las políticas propuestas y realizar evaluaciones permanentes para garantizar su debido cumplimiento. Y el último componente, la vinculación con otras escalas, es donde se hace un especial énfasis en que todas las decisiones que se tomen relacionadas con la planificación para la adaptación al cambio climático, deben estar articuladas a los planes de los municipios vecinos, a nivel regional, departamental, nacional y con los planes que a nivel internacional se han desarrollado.

En síntesis, de los tres esquemas presentados, se evidencian categorías similares para la construcción de PAAU, tales como la constitución del punto de partida o evaluación de los impactos del cambio climático, la definición de las estrategias en el marco de la planeación urbana, la voluntad de los actores para llevar a cabo estas estrategias y por último, el seguimiento y control necesarios para que las políticas puedan llevarse a cabo.

En este sentido, a partir del análisis de los esquemas presentados, se propone el diagrama de la Figura 2-4, que recopila los principales componentes para la construcción de planes de adaptación urbana. El diagrama está compuesto por seis componentes así: el primero se refiere a la identificación, la evaluación y el análisis de vulnerabilidad. Se trata de una aproximación para determinar la vulnerabilidad del territorio a partir de la integración de información abiótica, biótica y socioeconómica, haciendo especial énfasis en la caracterización de los potenciales impactos y la capacidad adaptativa, que a su vez permita optimizar la toma de decisiones y evaluar, entender y caracterizar el territorio. Existen diferentes estudios metodológicos de cómo abordar el análisis de vulnerabilidad (que serán analizados en mayor detalle en los próximos capítulos) a los efectos del cambio climático realizados particularmente por el IPCC.

Figura 2-4: Resumen de las principales categorías de los marcos metodológicos propuestos para la construcción de PAAU

Identificación, evaluación y análisis de vulnerabilidad	Definición de estrategias para disminuir los efectos del cambio climático	Financiación, seguimiento y
Capacidad adaptativa (socio-cultural, político-administrativo, económico-productiva y biofísica) Impacto potencial (exposición y sensibilidad)	Estrategias de adaptación Estrategias de mitigación	

Articulación y/o construcción de mecanismos de adaptación actuales	Definición del marco organizacional o administrativo	Vinculación con los demás proyectos a diferentes escalas
Incorporación de las medidas de adaptación en el contexto del cambio climático	Sector público Sector privado	Regional Nacional
Construcción de políticas de adaptación	Población	Internacional
Incorporación como instrumento de planificación y/o dentro de los instrumentos de planificación existentes.		

Fuente: elaboración propia

El segundo componente propuesto se refiere a la definición de estrategias para disminuir los efectos del cambio climático correspondiente a adaptación y/o mitigación. De acuerdo con lo expuesto anteriormente, las ciudades podrían optar por desarrollar solo una de las estrategias, pero los resultados no serían los mismos. Es decir, si se optara por desarrollar estrategias de mitigación, dado que ya hay efectos del cambio climático que son irreversibles, la ciudad no estaría preparada para enfrentar esos posibles efectos. Para el caso de la adaptación, si las ciudades optan por construir y desarrollar estas estrategias, podrán hacer frente a estos impactos, pero cada vez serían de mayor magnitud ya que el nivel de emisiones de GEI no se está disminuyendo.

El tercer componente referente a la articulación y/o construcción de mecanismos de adaptación actuales, pretende evaluar si existen políticas que puedan ser incorporadas como mecanismos de adaptación y articularlas en el contexto del cambio climático, así como la construcción de nuevas políticas.

El cuarto componente se relaciona con la definición del marco organizacional o administrativo donde el sector público, privado y la población cumplen un rol para la ejecución, seguimiento y control de los planes de adaptación. Como se pudo observar en el marco metodológico propuesto por Barton y Harris (2011), el papel más común de estos esquemas es el del Estado como el único interventor de las políticas, y las comunidades y el sector privado ejercen el papel de veedores y de aplicación de éstas.

En quinto lugar, se tiene la vinculación y articulación de los procesos de adaptación municipales con los demás proyectos a escala regional, nacional e internacional. De no existir una articulación con estas políticas implementadas, los resultados serían más

pequeños y su impacto no sería tan significativo. Y para terminar, se tiene como último componente la evaluación, seguimiento y control que debe hacerse permanentemente para lograr los resultados esperados.

De acuerdo con lo anterior, la figura evidencia cómo la vinculación de la planificación de la adaptación al cambio climático como herramienta estratégica del desarrollo urbano y regional, debe ser el reto de las ciudades actuales para lograr su sostenibilidad en el futuro. De esta manera, la aplicación de mecanismos de adaptación temprana puede permitir a las comunidades lograr una capacidad adaptativa, reducir su vulnerabilidad y estar preparada para estos impactos. Sin embargo, esta adaptación “debe ser integrada como un aspecto central, no como algo adicional o complementario” de las herramientas de planificación existentes (Barton, 2009: p. 21).

Ahora bien, partiendo de la última figura, y teniendo en cuenta que el análisis de vulnerabilidad se constituye en el punto de partida para conocer las necesidades del territorios y así definir las estrategias de adaptación para estar preparados para el cambio climático, a continuación se darán a conocer tres ejemplos de ciudades que han incorporado análisis de vulnerabilidad para conocer los efectos del cambio climático y planes de adaptación como un instrumento de planificación urbana. No obstante, también se expondrán las problemáticas más comunes encontradas en estos planes de adaptación que en contraste con el marco teórico presentado en el capítulo anterior, son recurrentes para que estos instrumentos puedan llevarse a cabo.

Para escoger los ejemplos de ciudades con iniciativas de planificación en el marco del cambio climático, se buscaron similitudes con Colombia, como las condiciones sociales, económicas y países en desarrollo. Sin embargo, debido a la debilidad en la disponibilidad de la información, no todas las ciudades escogidas cuentan con características similares al país.

2.2 Planificación de la adaptación en las ciudades

2.2.1 Ciudad de México

La Ciudad de México se ubica entre las veinte ciudades más grandes del mundo y según la Quinta Comunicación de México ante la CMNUCC contribuye al inventario nacional de GEI, con aproximadamente el 5% de las emisiones totales. Es también una ciudad donde

la vulnerabilidad a los efectos del cambio climático se convierte en un asunto de gran importancia y al mismo tiempo, por su tamaño en términos de población y de actividad económica, es un actor clave para enfrentarla.

La política climática de la Ciudad de México representa un referente particular porque el gobierno local fue el primero en el país y en América Latina que formuló un programa de acción climática. Esto se debe a la diversidad de problemas ambientales que allí se presentan, como la violación de las normas sobre calidad del aire, la deficiente calidad del agua, la gestión de residuos sólidos urbanos, entre otros problemas que fueron aumentando durante las últimas dos décadas del siglo XX, aunado a patrones desordenados de urbanización, consumo y producción que aceleraron el deterioro ambiental del aire, el agua y el suelo, con consecuencias en la calidad de vida de su población.

Algunos de los efectos de los incrementos en la temperatura, comprobados por la comunidad científica, se relacionan con la disminución de la disponibilidad del agua, aumento de los costos y de los servicios de salud por la incidencia de malnutrición, diarreas y enfermedades cardio-respiratorias e infecciosas. Además, estos incrementos afectan de manera indirecta la calidad del aire como resultado de periodos secos, retraso de lluvias y mayor radiación solar. Asimismo, la biodiversidad se ha visto afectada por las temperaturas a las que están sometidas las plantas (Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal -Sedema-, 2014).

En vista de lo anterior, el gobierno creó el Programa de Acción Climática de la Ciudad de México 2008-2012 (PACCM 2008-2012) como un instrumento de planeación cuyo objetivo es integrar, coordinar e impulsar acciones públicas en el Distrito Federal para disminuir los riesgos ambientales, sociales y económicos derivados del cambio climático y promover el bienestar de la población mediante la reducción de emisiones y la captura de GEI.

Este Programa se convirtió en el primer PACC emprendido por el Distrito Federal en 2007, con diagnósticos locales que incluyen el inventario actualizado de GEI utilizando la metodología propuesta por el IPCC, la línea base de las emisiones y una proyección de la misma que mostrara el crecimiento de las emisiones bajo el supuesto de un aumento económico tendencial desde el año de referencia hasta 2026. De igual forma, se

presentó el análisis de vulnerabilidad y capacidad de adaptación de la población y el diagnóstico en materia de educación y comunicación de la ciudadanía sobre este fenómeno.

Así, tomando como base el diagnóstico de mitigación y el análisis de vulnerabilidad, los responsables realizaron un primer planteamiento de las acciones consideradas relevantes para la mitigación de GEI, la adaptación al cambio climático y la comunicación y educación en este ámbito. Las primeras acciones fueron llevadas a cada una de las dependencias que podrían ser responsables de la implementación, lo que impulsó a los actores involucrados a discutir la viabilidad y los posibles resultados que pudieran surgir al instrumentar las acciones. La elaboración de esta propuesta preliminar abarcó las siguientes actividades:

- Revisión bibliográfica de los casos de éxito y fracaso en materia de mitigación de GEI.
- Revisión de los actuales programas de calidad del aire y las acciones actuales que en materia de mitigación son de interés para el PACCM.
- Confrontación del análisis generado del inventario y el análisis de vulnerabilidad con la revisión bibliográfica encontrada.
- Delineamiento de las acciones que deben llevarse a cabo cubriendo los tres ejes vitales: mitigación de emisiones, adaptación al cambio climático y estrategia de comunicación y educación.

Posteriormente, se definió una consulta pública que permitió la concreción de acciones y metas del PACCM, evaluando la congruencia con las políticas actuales y definiendo las demás necesarias, así como el recurso humano, económico y material requerido para la medición y control de las políticas propuestas. Finalmente, para la elaboración del plan de trabajo se construyeron las metas y plazos necesarios para la consecución de los resultados.

Uno de los ejes estratégicos que se destacan del PACCM es la educación y como ésta se orienta al cambio de estilos de vida y de estructuras económicas y sociales basadas en emisiones excesivas de GEI, es decir, en el rol que desempeñan los ciudadanos como consumidores conscientes y responsables (Sedema, 2014). Adicionalmente, estos

procesos educativos buscan el empoderamiento de la ciudadanía a las acciones a implementar para conseguir los resultados esperados.

A su terminación en 2012, el PACC abarcó 95 acciones clasificadas en tres ámbitos de incidencia: mitigación, adaptación y comunicación y educación ambiental. Y posteriormente, se le dio continuidad permitiendo mejorar las estrategias implementadas, con base en las experiencias pasadas y los resultados obtenidos. El PACCM ahora abarca el periodo 2014-2020.

Debido a la importancia de la ciudad de México para la economía en el continente y el nivel de población que alberga, captar la atención de los decisores de políticas fue muy importante, lo que permitió el establecimiento del conjunto de políticas reactivas enfocadas a reducir los GEI por medio de estrategias de mitigación y adaptación incorporadas en el PACCM. Sin embargo, este instrumento de planificación presenta debilidades.

Algunas de estas debilidades surgen desde que se plantean las soluciones, o bien cuando se pretende poner en práctica ciertas acciones sin contar con los recursos humanos, financieros y de infraestructura con los que se podrían concretar y lograr así los efectos esperados. De acuerdo con Quiroz (2013), las debilidades que se identifican son tres: intra e inter institucionales, de financiamiento, y las premisas sobre el largo plazo, el seguimiento y evaluación.

La primera debilidad intra e inter institucional se refiere a las capacidades internas de las instituciones encargadas de las estrategias de mitigación y adaptación. Por ejemplo, para el caso de la mitigación, en general, las políticas que se aplican ya existen o son conocidas, se vinculan con proyectos de energía, transporte, agua y residuos, y son problemas que debieron resolverse mucho antes de ser articulados como mecanismos para disminuir los efectos del cambio climático, lo que facilita su aplicación más fácil. Sin embargo, la adaptación requiere de la definición de nuevas políticas, lo que implica a su vez, la creación de capacidades en el interior de las instituciones y en la sociedad. Y para la creación de estos mecanismos, el riesgo que se corre es mayor, ya que existe incertidumbre frente a la correcta definición de políticas.

Adicionalmente, a pesar de que el PACCM ha logrado un nivel de interés en los tomadores de decisión, uno de los principales obstáculos para lograr el fortalecimiento y la apropiación de este tipo de acciones se relaciona con la incertidumbre de las proyecciones climáticas, que en ocasiones es un impedimento significativo para la toma de decisiones, pues aun cuando el conocimiento científico avance en la materia, siempre quedará una incertidumbre sobre el tamaño de los impactos (Stern, 2007).

La segunda debilidad se refiere a la disponibilidad de recursos o financiación. En el PACCM se reconoce que la precaria situación económica de buena parte de la población exige que el gobierno destine sus recursos a otras políticas que requieren atención inmediata como el desarrollo social, la atención de la salud, la construcción de viviendas, infraestructura urbana y seguridad, entre otras necesidades, lo que limita la disponibilidad presupuestaria para políticas relacionadas con el cambio climático. Y, si bien es cierto que las estrategias de mitigación pueden ser financiadas con recursos provenientes de la venta de bonos de carbono para la reducción de GEI y los mecanismos de producción o desarrollo limpio (MDL) para las medidas de adaptación, se presentan obstáculos financieros, dado que la mayoría de las estrategias dependen de la búsqueda de fondos, principalmente internacionales.

Finalmente, la última debilidad identificada en el PACCM se refiere a que su aplicación solo se daría en el largo plazo, dado que no se conocen en qué momento los efectos podrían tener lugar. Inclusive, dentro de las estrategias planteadas se establece un plazo de ejecución de 30 a 50 años. Pero dada la incertidumbre de los impactos y teniendo en cuenta que los periodos de gobierno son cortos, estas políticas no pueden estar sujetas a estos periodos como ocurre en la mayoría de los casos.

2.2.2 Durban

Durban es una ciudad de Sudáfrica, ubicada en la provincia de KwaZulu-Natal. Cuenta con 3,5 millones de habitantes y es la tercera ciudad más grande del país, después de Johannesburgo y Ciudad del Cabo. Antes de la década de los noventa, era gobernada por el régimen llamado “Apartheid” y cuando logró salir de este régimen y dio paso a la democracia en el año 1994, en el país y particularmente Durban, se planteó el reto de solucionar los problemas creados por el Apartheid como el desempleo estructural, las diferencias raciales, la pobreza y la desigualdad.

Según Carmin *et al.*, (2009), la visión articulada para el desarrollo propuesto en la época proponía que para 2020 la ciudad fuera más habitable y pudiera otorgar al ciudadano la seguridad necesaria para una buena calidad de vida. Para lograr esta visión, se tomaron decisiones claves para el desarrollo de la ciudad como: mejorar la infraestructura portuaria y logística, mediante la gestión del uso del suelo para aumentar la densidad y reducir la expansión, mejorar el sistema de transporte público, promover el desarrollo del turismo ecológico, garantizar la integración ecológica con la ciudad y mejorar las condiciones de vida de las poblaciones más vulnerables.

Debido a estos retos inmediatos que era necesario solucionar en la ciudad y en general, en el país, el cambio climático no había recibido mucha atención. Y aunque para esa misma década se realizaron evaluaciones por el Departamento de Gestión Ambiental (DGA) evidenciando el número de amenazas, y que de hacerse tangibles, afectaría enormemente la estabilidad y el desarrollo económico hasta ahora alcanzado, sus efectos siempre fueron vistos como muy lejanos o inciertos.

Las primeras acciones relacionadas con el clima en Durban se iniciaron en el año 2000, cuando la red de Gobiernos Locales por la Sustentabilidad (ICLEI en inglés)⁶ destinó una campaña de protección del clima (CPC) para financiar estudios relacionados con el cambio climático y sus efectos en algunas ciudades de Sudáfrica. Con este programa se logró la elaboración de un inventario de emisiones de GEI municipal y se dio inicio a un programa de eficiencia energética en los edificios municipales. A pesar de los resultados encontrados, se supo muy poco sobre los impactos del cambio climático, lo que generó bajos niveles de interés por parte de las autoridades.

La situación comenzó a cambiar en 2004, después de que uno de los miembros del DGA, regresara de un programa de gestión ambiental en la Universidad de Brown en Rhode Island (EE.UU.). El curso al que asistió fue diseñado para profesionales que ocuparan puestos de liderazgo relacionados con el cambio climático global y sus implicaciones

⁶El ICLEI es una red líder de más de 1.000 ciudades, comprometida con la construcción de un futuro sostenible. Ayuda a sus miembros a mantener emisiones bajas de carbono y promueve una economía verde, con infraestructura inteligente y amigable con los recursos naturales (ICLEI, 2016).

para las ciudades. Esto incentivó al funcionario a iniciar un análisis de vulnerabilidad al cambio climático, a su regreso. La evaluación completa se publicó en 2006 como un informe titulado, “El futuro climático de Durban”.

Dentro de los resultados encontrados en este primer análisis se evidenció que Durban para los próximos años sufriría un incremento de la temperatura de 2 a 3°C, frente a la temperatura observada, alcanzando niveles mínimos de 3°C y máximos de 41°C. De igual forma, los resultados arrojaron un incremento en la cantidad total de lluvia, así como una modificación de la temporada de lluvias. De las mediciones encontradas se estableció que el nivel del mar estaba aumentando en promedio, en 2,7 centímetro (cm) cada década.

Asimismo, estos cambios traerían una serie de impactos como: mayor frecuencia e intensidad de las inundaciones o sequías, mayores tasas de erosión costera y altos niveles de vulnerabilidad en la infraestructura existente, disminución de la disponibilidad de agua y amenaza a la seguridad alimentaria. Cambios como éstos afectarían la estabilidad económica y el desarrollo hasta ahora alcanzado, las funciones municipales, frenarían los objetivos planteados para el milenio y afectarían a las comunidades más desfavorecidas.

Este informe proporcionó la primera oportunidad real donde participaron diversos actores municipales en las discusiones sobre el cambio climático. Las presentaciones se dieron a los tomadores de decisión, enfatizando en cómo una respuesta temprana podría contribuir a estar preparados para los efectos del cambio climático, de tal forma que lograra el mayor interés político por el tema.

La evaluación y el informe generaron tanto interés que permitieron el inicio de una estrategia de adaptación para la ciudad en el año 2006, enfocada principalmente en lograr una mayor comprensión de este fenómeno por parte de los tomadores de decisión. Así, se realizaron conversaciones con los departamentos municipales para determinar la medida en que cada sector municipal era vulnerable a los impactos; las formas en que los distintos departamentos de la municipalidad podrían comprometerse con las estrategias de adaptación; y la identificación de los tipos de opciones e iniciativas ya existentes que facilitarían estos procesos de adaptación o la construcción de nuevas alternativas.

Esta estrategia de adaptación fue esencial para avanzar en la planificación de la adaptación en Durban. Sin embargo, dado que la propuesta presentada solo se limitó a dar unas directrices generales, el DGA se vio en la necesidad de desarrollar planes sectoriales municipales de adaptación, de tal forma que se convirtieran en el punto de partida para la toma de decisiones de planificación. Estos planes incluyen estrategias de acción detalladas que permiten mantener o mejorar el funcionamiento de los sistemas municipales y departamentales, de los servicios públicos y la infraestructura adaptada a posibles impactos del cambio climático a nivel local; también detalla los plazos necesarios para la puesta en marcha de los planes de acción y los responsables de la implementación del plan para ser aprobadas por el consejo de la ciudad.

Ahora bien, incorporar el cambio climático a escala de ciudad es un reto debido a que, si bien Sudáfrica hace parte de los países miembros de la CMNUCC, de acuerdo con las normas impuestas en el Protocolo de Kyoto, abordar acciones para enfrentar el cambio climático en la ciudad aún no es obligatorio. Pero los municipios si pueden tomar medidas independientes si quieren seguir una estrategia de mitigación y adaptación y prepararse para el futuro.

Inclusive, cuando Durban inició su proceso para la construcción de un plan de adaptación, no existían políticas o leyes en las ciudades en Sudáfrica, a nivel nacional o a nivel provincial, relacionadas con la planificación de la adaptación. Tampoco había presiones para incorporar planes de adaptación, por parte de las organizaciones internacionales, lo que la convirtió en una ciudad pionera en la construcción de un PAAU.

Tener en cuenta este punto es muy importante, ya que como se expuso en el capítulo anterior, la voluntad e interés político se constituyen en una de las problemáticas más comunes a la hora de incorporar el cambio climático en el contexto de las ciudades. Pero entonces ¿Cómo se logró obtener interés por parte de las autoridades en Durban para lograr el desarrollo de un plan de adaptación? Según Carmin *et al.*, (2009), se destaca que el éxito de la ciudad se basó en la capacidad de difundir la problemática con los tomadores de decisión. En este sentido, la preparación del “Futuro climático de Durban” fue una estrategia muy importante que evidenció cómo el cambio climático era un tema digno de ser debatido por los concejales, colocado como un tema del orden del día y que ayudó a establecer el proceso de planificación de la adaptación en la ciudad.

Respecto a la participación de los demás actores, el municipio ha logrado involucrar a las comunidades locales en los PAAU. Por ejemplo, el proyecto *Comunidades Locales Climáticamente Inteligentes* tiene como objetivo mejorar la capacidad de adaptación de las comunidades de recursos económicos limitados y las Organizaciones No Gubernamentales (ONG) locales también están trabajando en colaboración con la ciudad para apoyar sus objetivos climáticos y de desarrollo con proyectos de reforestación comunitaria exitosa que han desarrollado alrededor de la ciudad.

Ahora bien, esta experiencia también presenta debilidades que son importantes analizar para tener en cuenta en la construcción de planes de adaptación. Según Carmin *et al.*, (2009), se puede identificar tres debilidades. La primera está relacionada con la incertidumbre de los eventos climáticos que se presentan en la ciudad, ya que en Durban, al igual que en otras partes de África, las tormentas e inundaciones son aceptadas como los patrones climáticos normales. Por lo tanto no hay pruebas concretas de que estén relacionados con el cambio climático.

La segunda debilidad se relaciona con la falta de comunicación, articulación y coordinación institucional en la aplicación de planes de adaptación urbana en las ciudades. Es decir, aunque Durban se constituye en la primera ciudad de Sudáfrica en implementar un PAAU, otras ciudades como Ciudad del Cabo, Johannesburgo y centros más pequeños como Potchefstroom han presentado sus propias iniciativas. No obstante, en la actualidad, no se percibe una coordinación estructurada o comunicación entre estas diferentes comunidades y por tanto, no hay esfuerzos nacionales para promover el aprendizaje conjunto o intercambio de las mejores prácticas.

Y la última debilidad identificada, se relaciona con la falta de aplicación, seguimiento y control de este PAAU, ya que a pesar del reconocimiento que a nivel local, nacional e internacional ha logrado el DGA en la defensa de la ciudad ante los efectos del cambio climático, en general, este departamento no cuenta con independencia en la toma de decisiones, la disponibilidad de recursos es muy limitada y se enfatiza principalmente, en la falta de capital humano para ejecutar y hacer seguimiento a estos programas.

2.2.3 Quito

Quito, es una ciudad situada a 2.800 metros sobre el nivel del mar en América del Sur y cuenta con aproximadamente 2,1 millones de personas. Las barreras naturales de las montañas han forzado el desarrollo urbano a seguir una trayectoria lineal, lo que se evidencia en un crecimiento urbano muy caótico. El resultado ha sido una ciudad de aproximadamente 40 a 50 km de longitud de norte a sur, pero sólo de ancho entre cuatro y diez kilómetros de oeste a este. El PIB promedio per cápita es bajo, y el 30% de la población se encuentra en situación de pobreza, ubicándose la mayoría en asentamientos informales al sur de la zona metropolitana.

En la región andina, donde se encuentra la ciudad, la temperatura ha aumentado cerca de 0.11°C por década en contraste con un aumento global de 0.06°C por década, donde se ha evidenciado que uno de los recursos más afectados es el hídrico, debido a que Quito se abastece del glaciar Antisana y sus páramos y, debido a las condiciones climáticas actuales, el glaciar ha disminuido unos 7 u 8 veces más rápido en la década de 1990 que en las décadas anteriores. A medida que aumenta la temperatura, la tasa de aumento de deshielo de los glaciares y la disponibilidad a largo plazo de agua en la ciudad están disminuyendo.

Pero los impactos del cambio climático no se limitan a la disponibilidad de agua. También se anticipa que los cambios de temperatura contribuirán a la destrucción del hábitat de especies y la biodiversidad, a la liberación de carbono de los suelos de los páramos, a mayor probabilidad de incendios, a la desertificación, a una mayor intensidad de lluvias y bajos rendimientos agrícolas.

Dado lo anterior, según Carmin *et al.*, (2009), en 2006 la administración municipal de la época y el consejo metropolitano decidieron ser anfitriones de una conferencia regional de la Comunidad Andina llamada "Clima Latino". La conferencia, realizada octubre de 2007, fue diseñada para que los representantes de los gobiernos locales y nacionales empezaran a pensar sobre los impactos del cambio climático y en conjunto, determinaran las medidas que podrían tomar para promover estrategias de mitigación y adaptación.

Para que la conferencia tuviera éxito, el Consejo Metropolitano hizo una presentación sobre la importancia de diseñar una estrategia climática en Quito, con base en la información científica sobre el aumento de la temperatura y la disminución de los

glaciares andinos, y sostuvo que era necesario establecer tanto estrategias de mitigación como de adaptación. Esta presentación generó un amplio apoyo del Consejo y permitió el inicio de un proceso formal de planificación cuando la administración solicita a los directores de la Corporación de Aguas Residuales, la Corporación Municipal de Monitoreo del Aire, la Oficina Metropolitana del Medio Ambiente y la Unidad de Investigación Estratégica (instituciones de carácter público), establecer una comisión interinstitucional y preparar una estrategia de cambio climático para la ciudad.

En 2007, la comisión interinstitucional compartió su proyecto de estrategia con los representantes técnicos claves de las diferentes agencias municipales y recibió su aprobación. Este documento borrador se presentó en la conferencia "Clima Latino" y los debates que tuvieron lugar en la conferencia, ayudaron a mejorar la calidad del proyecto, especialmente las secciones sobre los objetivos y las directrices para la adaptación y la mitigación al cambio climático. Posteriormente, el documento fue finalizado con una consulta metropolitana, donde se dio a conocer el plan y se recogieron las expectativas e iniciativas de los habitantes.

El documento final fue llamado La Estrategia Quiteña para el Cambio Climático –EQCC– y finalizó en 2008. Cuenta con cuatro áreas estratégicas: 1. Comunicación, educación y participación ciudadana para aunar esfuerzos contra el cambio climático; 2. Institucionalización y fortalecimiento de la capacidad adaptativa al cambio climático en el Distrito Metropolitano de Quito; 3. Garantizar la información adecuada para disminuir la vulnerabilidad y promover la adaptación; y 4. El uso de la tecnología y buenas prácticas ambientales para reducir y capturar GEI en cinco sectores (energía, industria, agricultura y ganadería y silvicultura) (Municipio del Distrito Metropolitano de Quito y Secretaría de Ambiente, 2009).

Respecto a la evaluación, seguimiento y control de los planes de adaptación, existe un área estratégica de la EQCC que se dedica a la elaboración de medidas para enfrentar los impactos del cambio climático. Entre éstas se encuentra un sistema de información ambiental que comunica a los ciudadanos sobre los riesgos climáticos más importantes actuales y futuros. También establece las directrices generales para el desarrollo de sistemas de alerta temprana y el sistema de gestión de riesgos climáticos; incentiva la participación de todos los organismos gubernamentales, universidades, la sociedad civil y cooperaciones público-privadas para apoyar y sostener las iniciativas de adaptación. Y

en cuanto a la financiación, Quito se ha valido tanto de recursos propios, como de financiación internacional, gracias a las diferentes conferencias en las que ha participado.

Las iniciativas que destaca la EQCC, no sólo sirven como guía para los programas y proyectos de las agencias metropolitanas, sino que indican que se debe priorizar las iniciativas ambientales, debido a que sus proyectos incluyen esfuerzos para proteger y restaurar los ecosistemas frágiles y promover el uso y la conservación de los recursos hídricos adecuados. En síntesis, se establece una base sobre la cual se construye la planificación de la adaptación al clima en el distrito metropolitano.

Entre los actores claves que participan en la EQCC, están todas las oficinas municipales y los departamentos, ya que su papel es base para la construcción de iniciativas de adaptación. Por ejemplo, dado que la salud ecológica es esencial para la calidad del agua, la oficina para el Medio Ambiente promueve una política de protección para este recurso hídrico.

Una serie de programas y actividades pertinentes también se encuentran dentro de la oficina metropolitana de la planificación territorial, donde se han estado llevando a cabo investigaciones para identificar las zonas vulnerables y el uso de medidas de planificación de uso del suelo, tales como la conservación del suelo, la conservación de espacios verdes y la protección de los bosques para reducir la exposición a los peligros naturales.

La EQCC no solo ha sido responsabilidad del Estado. Actualmente, las ONG y el sector privado juegan un papel muy importante en las investigaciones, en proyectos para proteger los ecosistemas frágiles alrededor de los páramos y en aunar esfuerzos para promover la mejoría de la gestión del agua. Estas organizaciones han publicado una serie de estudios sobre cómo los páramos alrededor de Quito se ven afectados por diferentes amenazas climáticas y también apoyan los esfuerzos de los científicos que trabajan en las agencias gubernamentales, para implementar iniciativas de adaptación.

La disponibilidad de recursos financieros y asistencia técnica han avanzado y sostenido iniciativas de adaptación en la ciudad. Por esto fue creado el fondo ambiental en 2005 (adscrito a la oficina del medio ambiente) para financiar proyectos de la zona y así, mejorar las condiciones de vida, sociales y económicas de las poblaciones locales, la

creación de una mayor cohesión social, y la protección de áreas frágiles alrededor de las cuencas hidrológicas de Quito.

Con la experiencia de Quito, a pesar de constituirse en un buen inicio para la construcción de un plan de adaptación para la ciudad, la municipalidad propuso crear una unidad para el cambio climático, encargada de poner en marcha la EQCC. Sin embargo ésta aún no ha sido aprobada. Esto ha llevado a que, en la actualidad, la dotación de personal se limite a muy pocas personas responsables de la aplicación de algunas de las estrategias de la EQCC y con resultados muy precarios por falta de seguimiento y control.

Además, teniendo en cuenta que entre los recursos más expuestos se encuentra el glaciar Antisana y, por lo tanto, la disponibilidad de agua de la población, la EQCC se ha centrado más en la gestión del riesgo. Es decir, sus estrategias cuentan con un enfoque de prevención y atención de desastres, que si bien es un componente importante de un plan de adaptación, presenta debilidades en propuestas de adaptación a largo plazo.

2.2.4 Comparativo de los planes de adaptación de los ejemplos expuestos

Los tres ejemplos de Ciudad de México, Durban y Quito dan a conocer diferentes aspectos que llevaron a la explicación de sus experiencias como son: primero, son ciudades cuyos países están en desarrollo y con problemas sociales y económicos similares como el desempleo, la pobreza o el acceso a vivienda. Segundo, a pesar de ser ciudades cuya participación en la producción de GEI no es tan significativa, son pioneras en la construcción de planes de adaptación urbana, por lo que deben analizarse como una base para la construcción de nuevos planes de adaptación, con el fin de prevenir los errores cometidos o evitar las debilidades encontradas. Y tercero, han incorporado una línea base bajo la metodología de análisis de vulnerabilidad, como punto de partida para la toma de decisiones acertadas tanto a la población como por zonas.

Ahora bien, teniendo en cuenta la figura propuesta en el apartado siguiente, se presentan algunas conclusiones (Ver Figura 2-5). Todas las ciudades cuentan con una línea base. Ésta da a conocer el grado de exposición y sensibilidad ante los efectos del cambio climático y saber qué tan preparados se encuentran las ciudades para hacer frente a estos efectos.

Es importante hacer un análisis de los programas, proyectos y políticas con las que actualmente cuentan las ciudades, que puedan ser incluidos en el contexto del cambio climático sin la necesidad de incurrir en nuevas políticas y en recursos adicionales, que podrían ser utilizados para otros programas más prioritarios de carácter social, por ejemplo.

Como se pudo observar en los tres casos, se requiere tanto de estrategias de mitigación como de adaptación no solo para disminuir los efectos del cambio climático, por medio de la disminución de emisión de GEI, sino también para estar preparados a impactos que ya son irreversibles. Ahora bien, esto se logra con la vinculación de todos los actores del territorio y de programas educativos que permitan a la población saber cómo prepararse y actuar frente a esta problemática.

Las decisiones de política son un aspecto fundamental para llevar a cabo las estrategias de adaptación y mitigación al cambio climático, pero éstas dependen a su vez de diferentes factores. Por un lado, se requiere una completa comprensión de los tomadores de decisión frente a la magnitud de la problemática y por el otro, que estas decisiones se abarquen en el largo plazo ya que la incertidumbre sobre los impactos aún no es conocida, pero es necesario prevenir estos impactos. Y adicionalmente, se deben contar con los recursos necesarios para poderlas llevar a cabo; mientras que esto no sea posible, los resultados en términos de mitigación y sobre todo de adaptación, no serían los esperados.

La vinculación de los planes de adaptación de los tres ejemplos con otras escalas (regional, naciones e internacional) coincide con las normas establecidas en la CMNUCC. Sin embargo, no se percibió vinculaciones a escala departamental o nacional, lo que podría traer consigo resultados poco esperados en los programas implementados ya sea por la desarticulación entre los diferentes entes municipales como se mencionó para el caso de México, o por el hecho de que ciudades con poco peso en la economía mundial, no tienen la obligación de incorporar el cambio climático en sus agendas, como ocurre en el caso de Durban.

En lo referente a la evaluación, seguimiento y control se presenta un interés por evaluar los resultados por parte de los responsables que en su mayoría son los departamentos o secretarías de medio ambiente. Pero como fue evidenciado, hay una problemática común

y es la falta de recursos, personal, institucionalización e independencia en la toma de decisiones.

Figura 2-5: Análisis de los ejemplos en las categorías propuestas

Categorías	Ciudad de México	Durban	Quito
Identificación, evaluación y análisis de vulnerabilidad	Incorpora la metodología implementada por el IPCC de análisis de vulnerabilidad		No evidencia la metodología utilizada para el análisis de vulnerabilidad, pero si realiza un inventario de emisiones de GEI.
Definición de estrategias para disminuir los efectos del cambio climático	Define estrategias de acuerdo a los resultados encontrados		
Articulación y/o construcción de mecanismos de adaptación actuales	Realizan evaluaciones sobre los mecanismos de adaptación actuales y redefinen de nuevos mecanismos		
Definición del marco organizacional o administrativo	Tienen en cuenta la participación de todos los actores de la sociedad		
Vinculación con los demás proyectos a diferentes escalas	Cuentan con articulación a nivel internacional, pero falta afinidad a nivel departamental		
Evaluación, seguimiento y control	Estos procesos están a cargo del Estado		
Incorporación como instrumento de planificación	El ACCM se ha incorporado como un instrumento de planificación de la ciudad	El programa de adaptación se ha definido como un instrumento de planificación	La EQCC aún no se ha incorporado como un instrumento de planificación

Fuente: elaboración propia

Finalmente, en la categoría de incorporación de estos planes de adaptación como un instrumento de planificación de las ciudades, como se pudo ver en los ejemplos, las ciudades de México y Durban, a pesar de las dificultades encontradas, han logrado incorporar los planes de adaptación como un instrumento de planificación, pero para el caso de Quito, dado que uno de los recursos más afectados es la disponibilidad hídrica, el plan de adaptación ha estado más relacionado con el manejo ambiental del recurso hídrico y la gestión del riesgo, con el tema urbano.

Ahora bien, de las debilidades encontradas, se destacan dos que se interrelacionan. La primera se refiere a la incertidumbre con la que aún cuenta la ciencia del clima, lo que dificulta el interés de los tomadores de decisión frente a este tema; y la segunda se refiere a los pocos recursos que son asignados para financiar estos planes de

adaptación, donde en su mayoría, dependen de recursos internacionales para llevarse a cabo. La relación de estas debilidades radica en que las dificultades de financiación en los ejemplos expuestos, se debe en mayor medida a la incertidumbre de destinar recursos para evitar impactos relacionados con el cambio climático, cuya garantía de ocurrencia es mínima. Además, la limitación que trae consigo la disponibilidad de recursos para la financiación de políticas en países en desarrollo, hace que los tomadores de decisión opten por destinar los recursos a problemas que requieren soluciones inmediatas como la pobreza, la educación, el acceso a vivienda, entre otros, aunque los costos de los efectos del cambio climático sean mayores en el futuro.

Por esto, la financiación de los planes de adaptación se convierte en una debilidad si no existe el suficiente interés por parte de los tomadores de decisión para llevar a cabo estas políticas. Y, si bien es cierto que es posible obtener recursos internacionales para la financiación de proyectos, también se requiere de recursos nacionales para que las políticas puedan ser sostenibles, ya que como se pudo observar en los ejemplos expuestos, a pesar de haber obtenido financiación externa, aún es insuficiente para mantener estas estrategias de adaptación en el tiempo.

2.3 Fuentes de financiación para el análisis de vulnerabilidad y procesos de adaptación al cambio climático

Siempre es un gran desafío financiar estrategias de adaptación, especialmente si se considera que la CMNUCC ha determinado que el financiamiento internacional en este momento no basta para cubrir los costos necesarios para la adaptación en el futuro. A esto se suma que el Banco Mundial ha establecido que las áreas urbanas requerirían la mayor parte del financiamiento disponible para la adaptación a fin de incrementar sus niveles de resiliencia y capacidad adaptativa al cambio climático. Así, se requiere importantes oportunidades de financiación nacional e internacional, para costear las actividades de adaptación a escalas urbano-regionales.

Pero no todos los países requieren de financiación externa para la construcción de planes de adaptación urbana. En 2009, en la conferencia de la CMNUCC, se acordó el compromiso de los países desarrollados en movilizar, US\$ 100 mil millones por año hacia 2020 con el fin de apoyar las actividades de mitigación y adaptación a países en

desarrollo⁷ (Servicio Informativo sobre Negociaciones Relacionadas con el Medio Ambiente y el Desarrollo Sostenible –IISD-, 2009).

Los recursos provienen ya sea de los mercados de capital o de los presupuestos gubernamentales, y son canalizados a través de varias agencias multilaterales y bilaterales, la CMNUCC y diversos intermediarios financieros privados. Según Flynn (2011), se estima que en total, existen más de 50 fondos públicos internacionales, 45 mercados de carbono y 6.000 fondos de capital de inversión que ofrecen financiamiento para el cambio climático. Cada una de estas fuentes públicas, privadas, bilaterales y multilaterales ofrece nuevas oportunidades a los países para hacer frente a sus necesidades de cambio climático y desarrollo.

Dentro del CMNUCC, el comité permanente sobre financiamiento administra los recursos hacia tres fondos que son: el fondo verde para el clima que financia proyectos de mitigación y adaptación al cambio climático, el fondo de adaptación que bajo el Protocolo de Kyoto, recibe financiación proveniente de una tasa del 2% de los fondos de carbono y de donaciones; y el Fondo para el Medio Ambiente Mundial -FMAM- que es actualmente, la mayor fuente de financiamiento para proyectos encaminados a mejorar el medio ambiente mundial (de este último fondo se tratará con detalle más adelante).

De igual forma, se encuentran los canales multilaterales del PNUD y el PNUMA que cumplen la función de bancos multilaterales de desarrollo, es decir, actúan en calidad de bancos otorgando créditos para la financiación de los proyectos. De estas instituciones también se destacan el Banco Mundial y los bancos regionales de desarrollo como el Banco Asiático de Desarrollo, el Banco Africano de Desarrollo, el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), etc.

Y por último, se encuentran las Instituciones Bilaterales de Financiamiento de la que hacen parte un grupo pequeño de países y también actúan en calidad de bancos. Dentro de esta categoría se encuentran al Banco Europeo de Inversiones (EIB), el Banco Nórdico de Inversiones, el Banco Islámico de Desarrollo, la Agencia Francesa de Desarrollo, el Organismo Japonés de Cooperación Internacional (JICA), la Corporación para el Desarrollo de la Mancomunidad de Naciones, el Banco Alemán de Desarrollo

⁷ Dentro de los países en desarrollo se encuentran las ciudades expuestas en los ejemplos.

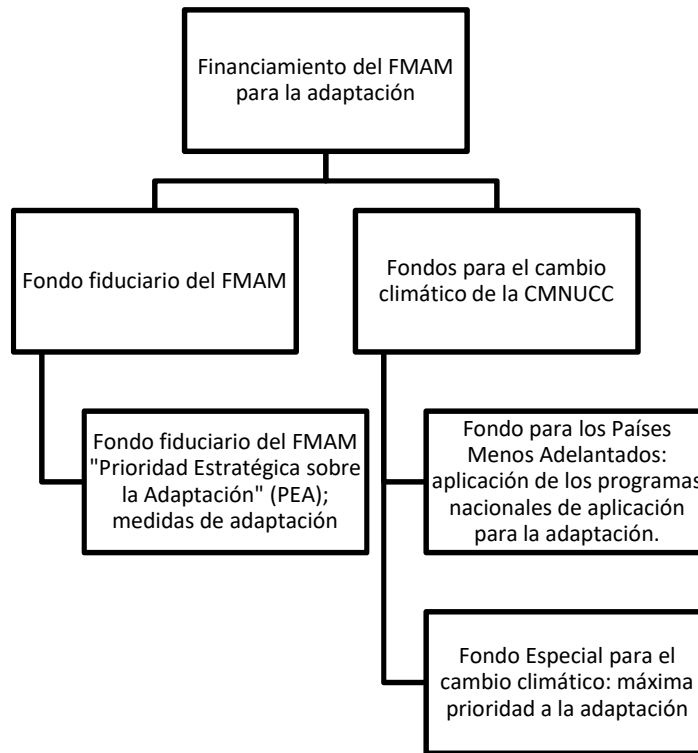
(KfW), la Corporación para la Inversión Privada en Ultramar (OPIC), y la Corporación Financiera de los Países Bajos para el Desarrollo.

2.3.1 Fondo para el Medio Ambiente Mundial

Según Biagini *et al.*, (2011), el FMAM es constituido por 178 gobiernos de países miembros, instituciones internacionales, organizaciones no gubernamentales (ONG) y el sector privado. Es una entidad financiera independiente, que otorga donaciones a países en desarrollo y a países con economías en transición para proyectos relacionados con la biodiversidad, el cambio climático, las aguas internacionales, la degradación de tierras, la capa de ozono y contaminantes orgánicos.

Fue creado en 1991 siguiendo las directrices de la CMNUCC y es actualmente la mayor fuente de financiamiento para proyectos encaminados a mejorar el medio ambiente alrededor del mundo. Ha otorgado cerca de \$45.000 millones de dólares entre otorgamiento de recursos y cofinanciación. Estos recursos han significado 2.400 proyectos en más de 165 países en desarrollo. También ha realizado pequeñas donaciones a alrededor de 10.000 ONG y organizaciones comunitarias.

El operador principal es el Banco Mundial, pero también se encuentran asociados: el PNUD, el PNUMA, la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI), el Banco Africano de Desarrollo (BAfD), el Banco Asiático de Desarrollo (BAsD), el Banco Europeo de Reconstrucción y Desarrollo (BERD), el BID y el Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola (FIDA). De igual forma, participan el Grupo Asesor Científico y Tecnológico (STAP) que supervisa las políticas y proyectos del FMAM respecto a su calidad técnica y científica (Biagini *et al.*, 2011).

Figura 2-6: Los tres fondos administrados por el FMAM relacionados con la adaptación

Fuente: Elaboración propia con base en Biagini et al. (2011).

El FMAM financia tanto proyectos de mitigación como de adaptación y para éste último, la financiación se realiza bajo un enfoque por etapas. La etapa I se centra en la construcción de la línea base, correspondiente a análisis de vulnerabilidad. La etapa II se refiere propiamente a identificar el nivel de preparación y fortalecer la capacidad adaptativa tanto a nivel institucional como local. Y finalmente, la etapa III abarca propiamente el apoyo financiero para el desarrollo de las estrategias de adaptación. No obstante, esta última etapa solo comenzó a financiarse en la última década y se han presentado dificultades en la disponibilidad de recursos para la aplicación de acciones concretas de adaptación debido a la limitación de los recursos.

La financiación para la adaptación cuenta con tres modalidades o categorías: la primera se llama Prioridad Estratégica sobre la Adaptación (PEA) que inició con un fondo piloto por \$50 millones de dólares. Le sigue el Fondo para los Países Menos Adelantados (FPMA), que solo puede ser utilizado por países que han ratificado en la CMNUCC; y por

último, se encuentra el Fondo Especial para el Cambio Climático (FECC), cuyos recursos son accesibles para todos los países en desarrollo (Ver Figura 2-6).

2.3.2 La Prioridad Estratégica sobre la Adaptación (PEA)

La Prioridad Estratégica sobre la Adaptación (PEA) se creó en 2001 como respuesta a las directrices de la CMNUCC para financiar proyectos de adaptación. Esta iniciativa fue una iniciativa muy importante ya que las organizaciones multilaterales y bilaterales se habían centrado fundamentalmente en los instrumentos de investigación, evaluación y análisis, más que en intervenciones de adaptación. A través de este programa, se permite la financiación de proyectos concretos de adaptación aplicando medidas para reducir la vulnerabilidad y aumentar la capacidad de adaptación de las comunidades y de los ecosistemas (Biagini *et al.*, 2011).

De los proyectos que ha financiado el PEA para procesos de adaptación se tienen los proyectos de adaptación basados en la comunidad, los cuales ayuda a la población rural para formular y aplicar respuestas locales a los impactos del cambio climático en sus comunidades. Esta financiación se ha hecho en los países de Bangladesh, Bolivia, Guatemala, Jamaica, Kazajstán, Marruecos, Namibia, Níger, Samoa y Vietnam. Los proyectos a financiar se escogen por prioridad, teniendo en cuenta las necesidades y específicas de la comunidad, y son elaborados y aplicados directamente por organizaciones de base comunitaria.

2.3.3 Fondo para los Países Menos Adelantados (FPMA)

El Fondo para los Países Menos Adelantados (FPMA) se estableció luego de la séptima Conferencia de las Partes en la CMNUCC, en Marrakech. Su objetivo es financiar las necesidades especiales de los PMA, con prioridad para la preparación y aplicación de Programas Nacionales de Acción para la Adaptación (PNAA). De esta iniciativa se han beneficiado 41 países.

2.3.4 Fondo Especial para el Cambio Climático

El Fondo Especial para el Cambio Climático (FECC), fue establecido por la CMNUCC en 2001 y trata de hacer frente a las necesidades especiales de los países en desarrollo en

el marco del cambio climático. Este fondo incluye cuatro tipos de financiamiento: i) adaptación, que es la prioridad fundamental; ii) transferencia de tecnología; iii) energía, transporte, industria, agricultura, silvicultura y gestión de desechos, y iv) diversificación económica.

De los proyectos que ha financiado este fondo, se destacan el Proyecto de Adaptación de las Islas del Pacífico al Cambio Climático, Gestión de riesgos en las estepas y ayuda a los pastores mongoles para hacer frente a los impactos del cambio climático en Mongolia y la Adaptación al retroceso de los glaciares y a un futuro con menos abundancia de agua en la región andina en Bolivia, Ecuador y Perú.

2.4 Limitaciones en el modelo de financiación actual

A pesar de que la movilización de los recursos financieros para proyectos y programas en los países en desarrollo ha sido importante en los últimos años, según Montalvo (2011), se presentan algunos limitantes en el modelo de financiación actual. Además, el volumen de financiación y la manera cómo se canalizan los recursos, han demostrado ser insuficientes para atender la problemática del cambio climático.

La primera limitación se refiere al compromiso adquirido por los países en la reducción de GEI. Según las obligaciones adquiridas en el acuerdo suscrito en el Protocolo de Kioto, los países desarrollados tienen la obligación en reducir sus emisiones dado el peso que éstos tienen frente a la producción industrial y la transformación de los recursos naturales. Sin embargo, a pesar de que países como los de La Unión Europea han presentado modificaciones en tecnologías a sus sectores industrial y energético, el bajo compromiso de Estados Unidos, siendo éste uno de los principales emisores de GEI, limita una auténtica transformación hacia un planeta bajo en emisiones y se corre el riesgo de incurrir en mayores costos de reducción.

Los países en vías de desarrollo por su parte, han tenido una participación en las emisiones muy baja, por lo que no los obliga a cumplir con compromisos de reducción. No obstante en la última década, en el nuevo escenario geopolítico internacional, las economías emergentes han adquirido un peso económico y también han obtenido una participación relevante en el total emisiones. Esta importancia económica no se ha visto reflejada en compromisos adquiridos para la reducción de emisiones, ya que la

Convención no ha definido con claridad cuál debería ser el papel de éstos con la importancia económica que tienen en la actualidad. Además, el mecanismo financiero de la Convención tampoco canaliza los recursos suficientes para que estas economías en desarrollo tengan una proyección a largo plazo.

Lo anterior, explica la segunda limitante encontrada, la cual se refiere al flujo de recursos. Las fuentes de financiación actuales no aseguran recursos de manera permanente, ya que depende de los proyectos que se presenten y además, dado que el proceso de toma de decisiones de financiación depende de las organizaciones donantes, en ocasiones, sus intereses y prioridades entran en conflicto sobre qué proyecto y qué país financiar.

Y finalmente, como tercera limitante se encuentra el enfoque institucional para la toma de decisiones de financiación. Este enfoque se refiere a la tendencia a financiar proyectos en lugar de estrategias o políticas, lo que limita los resultados esperados, debido a que mientras que los proyectos son de carácter temporal, la aplicación de estrategias o políticas de adaptación pueden permanecer en el tiempo. Además, esta categoría facilita su inserción en el contexto de la planificación urbana de tal forma, que se incluya como un instrumento de planificación del territorio.

En síntesis, en este capítulo se pudo recoger algunos avances de esquemas metodológicos para la construcción de planes de adaptación urbana, y se expuso tres ejemplos de ciudades en la construcción de estos planes. También, se pudo evidenciar las debilidades que se pueden encontrar en el desarrollo de este instrumento de planificación, además de las dificultades que, en términos de financiación, limitan su desarrollo.

De igual forma, se presentó de manera general, las diferentes fuentes de financiación al que las ciudades pueden recurrir para llevar a cabo los planes de adaptación urbana. Sin embargo, estas fuentes también presentan sus propias limitaciones, tanto en el enfoque sobre como toman las decisiones, la limitación de recursos y la incapacidad de mantener la financiación de manera permanente, lo que a su vez, limita el desarrollo de estrategias de adaptación en las ciudades.

En los próximos capítulos se abordará el caso colombiano, así como los avances que, en materia de planificación de la adaptación, se ha realizado en las ciudades y

particularmente en Medellín, y se hará una propuesta metodológica de análisis de vulnerabilidad con el fin de convertirse en el punto de partida posteriormente, para la construcción de un PAAU para la ciudad.

3. Planes de adaptación en las ciudades colombianas

3.1 El cambio climático en Colombia

El Ciclo conocido como El Niño o La Niña es la causa de una señal de variabilidad climática alta, ubicada en la franja tropical del océano Pacífico. Corresponde en términos generales, a la aparición, de aguas superficiales relativamente más cálidas (El Niño) o más frías (La Niña). Tanto El Niño como La Niña son fenómenos que se producen una vez cada 2 a 7 años y suelen durar de 9 a 12 meses y, en algunas ocasiones, hasta 2 años. Sin embargo, no se manifiestan siempre de la misma manera (OMM, 2011).

Los fenómenos como El Niño y La Niña han existido siempre y se han documentado durante siglos. Sin embargo, hoy en día se habla más de ellos que en el pasado debido a que los avances en investigación han permitido entender mejor estos fenómenos y sus consecuencias en el clima. Inclusive, el IPCC en su Cuarto Informe de Evaluación indicó que generarían cambios de los fenómenos extremos asociados a estos fenómenos. En sus principales conclusiones, enfatiza las altas probabilidades de aumento en la frecuencia de fenómenos de calor extremo, olas de calor, fuertes precipitaciones (IPCC, 2007; citados por OMM, 2011).

Colombia no ha sido ajena a estos fenómenos y se ha observado una serie de impactos sobre los ecosistemas, la biodiversidad y los sectores productivos, que a su vez se ven representados en pérdidas económicas y sociales para el país como consecuencia del cambio climático y los eventos extremos presentados por los fenómenos de La Niña y El Niño. Un ejemplo de ello es dado por el fenómeno de “La Niña” en 2010-2011 (fenómeno asociado a esta problemática), en el que se identificaron afectaciones como: deterioro a los parques naturales; pérdidas totales debido a inundaciones en las actividades pecuaria, avicultura, acuicultura e infraestructura en finca; proliferación de infecciones respiratorias agudas con 470 casos de muerte reportados por Infección Diarreica Aguda

(IRA); daños en infraestructura de agua potable y saneamiento básico; pérdidas en el sector de transporte por daños en la infraestructura y por problemas de operación y 552.175 viviendas afectadas. Todas estas pérdidas han sido valoradas por más de \$6 billones (DNP, 2012).

Respecto a las proyecciones para el país en afectaciones se encuentra la reducción del área de glaciares, que de continuar al mismo ritmo desaparecerían entre 2030 y 2040, y el ascenso del nivel del mar, que se ha dado en un orden de 3,5 mm/año en el Caribe. También, se han identificado que las zonas costeras son altamente vulnerables debido a las altas amenazas por inundación sobre los cultivos, áreas ocupadas por la industria manufacturera y algunos tramos de la malla vial terrestre. Para el caso de la isla de San Andrés, por ejemplo, se proyecta una inundación del 17% del territorio, afectando vías principales, el aeropuerto, la infraestructura hotelera y la población ubicada cerca de la zona costera. En términos sociales y económicos, las proyecciones sugieren que un estimado del 2% de la población costera y un valor de capital aproximado del 2,2% del PIB se verían afectados (DNP, 2012).

En los recursos hídricos, según el DNP (2012), se esperaría una afectación del 50% del territorio nacional por la modificación en el funcionamiento del régimen hidrológico, con consecuencias sobre las actividades económicas y el abastecimiento de la población. En el sur de la región Andina y los departamentos de La Guajira y Nariño, se proyecta una disminución el promedio de lluvias anuales, mientras que en las regiones de la Amazonía, Orinoquía, norte de las regiones Andina, Pacífica y el resto de la región Caribe, registrarían un aumento. También, se presentaría una disminución en las coberturas de los glaciares con efectos negativos sobre la disponibilidad de agua para aquellas poblaciones que dependen de estos sistemas.

Por último, se proyecta un aumento en 3'576.068 de hectáreas (ha) con un potencial alto en desertificación; afectación de una tercera parte de las zonas que actualmente son agro ecosistemas; y frente a las amenazas sobre la población y la salud humana, se tendría un incremento de áreas vulnerables para el desarrollo de enfermedades tropicales como la malaria, la fiebre amarilla y el dengue.

Dado este panorama, el país se ha esforzado por incorporar el cambio climático como un asunto de interés nacional. Primero, en los años noventa, la ley aprueba las directrices que se dictaron en la CMNUCC, mediante la expedición de la Ley 164 de 1994 y

posteriormente, la Ley aprueba el Protocolo de Kioto mediante la Ley 629 de 2000. Esto le ha generado al país el compromiso de presentar las Comunicaciones Nacionales de inventario de GEI, así como las estrategias que se han implementado en torno a la mitigación y al adaptación a nivel nacional (Ver Tabla 3-1).

También, el Consejo Nacional de Política Económica y Social -CONPES- expide el documento Conpes 3242 y en 2011 se formula el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC) cuyos objetivos son reducir el riesgo y los impactos socio-económicos asociados al cambio y a la variabilidad climática, por medio de cuatro estrategias: la primera es una fase conceptual y metodológica donde se desarrollan los insumos para orientar los Planes Sectoriales y Territoriales de Adaptación (el documento PNACC hace parte de esta estrategia); una segunda de acompañamiento a la formulación de estos planes; una tercera donde se buscará orientar la implementación de medidas de adaptación; y finalmente, una fase de monitoreo, reporte y verificación.

Tabla 3-1: Políticas construidas sobre el cambio climático

1994	Colombia aprueba la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, mediante la expedición de la Ley 164 de 1994, con el fin de buscar alternativas que le permitan adelantar acciones para abordar la problemática.
2000	Se aprueba el Protocolo de Kioto mediante la Ley 629 de 2000.
2001	El país presenta su Primera Comunicación Nacional de Cambio Climático ante la CMNUCC, publicación coordinada por el IDEAM, donde se analizó y se expuso el inventario nacional de GEI para los años 1990 y 1994.
2002	El Ministerio de Medio Ambiente elabora los Lineamientos de Política de Cambio Climático, que presenta las principales estrategias para la mitigación del cambio climático en el marco de la CMNUCC, del Protocolo de Kioto y de la Primera Comunicación Nacional sobre Cambio Climático. En este mismo año se crea la Oficina Colombiana para la Mitigación del Cambio Climático (en el Ministerio del Medio Ambiente).
2003	Se expide el CONPES 3242 "Estrategia Nacional para la Venta de Servicios Ambientales de Mitigación de Cambio Climático", como complemento a las estrategias anteriores y se generan los lineamientos esenciales para la introducción de los proyectos MDL dentro de las medidas de mitigación en el contexto nacional.
2004	Mediante el Decreto 291 Artículo 15, numeral 11 se designó al IDEAM como la entidad encargada de coordinar la elaboración de las Comunicaciones Nacionales ante la CMNUCC. En el mismo año el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial expide las Resoluciones 0453 y 0454, los cuales posteriormente, fueron derogados por el artículo 12 de la resolución 551 de 2009 y tienen por objetivo la adopción de principios, requisitos, criterios y el establecimiento del procedimiento para la aprobación nacional de proyectos de reducción de emisiones de GEI que optan al MDL.
2005	Se da paso a la creación del Grupo de Mitigación de Cambio Climático –GMCC- dentro del Vice-ministerio de Ambiente del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.
2010	Las Resoluciones 2733 y 2734 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial derogan las Resoluciones del año anterior, con el fin de reducir los tiempos

	<p>de respuesta, agilizar el proceso interno de evaluación y reglamentar el procedimiento de aprobación nacional de Programas y Actividades bajo el MDL.</p> <p>En 2010 se presenta la Segunda Comunicación Nacional ante la CMNUCC. Este documento expone el inventario nacional de fuentes y sumideros de GEI para los años 2000 y 2004.</p> <p>Adicionalmente, realizó un análisis de las características físico-bióticas y socioeconómicas para determinar la vulnerabilidad de Colombia ante los efectos del cambio climático, con base en los principales cambios hidrometeorológicos relacionados con el fenómeno. También, se presentaron las acciones que se han adelantado en materia de adaptación y se esbozan los objetivos y líneas estratégicas para disminuir el impacto y determinar las prioridades de acción.</p> <p>Tanto la Primera como la Segunda Comunicación Nacional evidencian que el país es altamente vulnerable y hace necesaria la elaboración de una estrategia coordinada para la adaptación a los impactos que tendrán estos fenómenos en la población, el medio ambiente y la economía del país.</p> <p>De igual forma, para el 2010 y 2011 se crea el Fondo Adaptación, una entidad adscrita al Ministerio Hacienda y Crédito público del Gobierno Colombiano que fue inicialmente creada para atender la construcción, reconstrucción, recuperación y reactivación económica y social de las zonas afectadas por los eventos presentados por el fenómeno de La Niña de los años 2010 y 2011. Pero más adelante, en 2015 con la expedición de la Ley 1753 de 2015, la cual adopta el Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018, se le otorga la facultad de ejecutar proyectos integrales de gestión del riesgo y adaptación al cambio climático con un enfoque multisectorial y regional, además de los relacionados con el fenómeno de La Niña.</p>
--	---

Fuente: PNACC, 2011; Fondo Adaptación, 2016

A pesar de estos esfuerzos, la concepción del cambio climático en el país ha presentado debilidades. Primero, porque el cambio climático ha sido entendido como una problemática que compete netamente al sector ambiental y no como un reto que involucra e incide en el desarrollo económico y social y en la planificación de las ciudades. Esto ocasiona que la institucionalidad ambiental, los sectores productivos y los territorios presenten poca articulación frente a los retos que esta problemática impone. Segundo, la política existente no proporciona los mecanismos para identificar y priorizar las medidas de mitigación y adaptación sectoriales y territoriales que se requieren. Además, existe una baja capacidad institucional para planificar, contratar y ejecutar acciones de prevención alrededor de los impactos de este fenómeno (PNACC, 2011).

Lo anterior, permite concluir que en el país no existe una institucionalidad que aborde la problemática del cambio climático de manera integral, vinculando a los sectores productivos, a las autoridades territoriales y a las comunidades locales para afrontar estos efectos. Esto hace al país cada vez más vulnerable y menos preparado, y con una capacidad de responder ante estas eventualidades, limitada o muy nueva frente a los efectos, ya que según se expuso en la Tabla 3-1, solo es en 2014 que el Fondo

Adaptación pudo ejecutar proyectos integrales de gestión del riesgo y adaptación al cambio climático con un enfoque multisectorial y regional.

3.2 Avances en materia de cambio climático en Colombia

El IDEAM, junto con otras organizaciones, ha venido desarrollando y acompañando diferentes proyectos para adaptarse a los efectos del cambio climático. La mayoría de éstos implican el análisis de las vulnerabilidades y/o riesgos, para posteriormente diseñar, priorizar e implementar acciones de adaptación que reduzcan la vulnerabilidad identificada. Los proyectos se describen en la siguiente tabla:

Tabla 3-2: Proyectos realizados en Colombia sobre adaptación y Cambio Climático

Fecha	Nombre	Objetivo	Actores involucrados	Resultados	Fuentes de financiación
2006-2011	Proyecto Integrado de Adaptación Nacional INAP	El proyecto se formuló teniendo en cuenta los resultados de la Primera Comunicación Nacional ante la CMNUCC, donde se describe que los ecosistemas más vulnerables al cambio climático en el país, son los ecosistemas de alta montaña, las zonas costeras e insulares y la salud de la población.	La Agencia Presidencial para la Acción Social, Banco Mundial, IDEAM, Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras – INVEMAR-, Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina – CORALINA-, Instituto Nacional de Salud (INS), comunidades de la cuenca del río blanco en el macizo de Chingaza, comunidades raizales de San Andrés y otros actores sociales en donde se implementan las acciones del proyecto.	<ul style="list-style-type: none"> - Escenarios de cambio climático para Colombia. - Restauración en áreas de producción como zonas estratégicas de regulación hídrica. - Disponibilidad de información del clima, variabilidad climática y cambio climático para la toma de decisiones. - Documento para desarrollar procesos participativos orientados a contrarrestar impactos del cambio climático en alta montaña. -Incorporación de temas climáticos en instrumentos de ordenamiento 	Recursos gestionados a través del FMAM.
2008-2011	“Programa Conjunto Integración de ecosistemas y Adaptación al Cambio Climático en el Macizo Colombiano”	Este programa es el primer piloto de programa conjunto, en el tema de adaptación. Se seleccionó esta zona por la importancia en términos fluviales para el país, su diversidad de ecosistemas y ser el origen de los más importantes ríos del país como: Magdalena, Cauca, Patía, Caquetá, Putumayo y Saldaña, afluentes	PNUD, Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia –UNICEF-, FAO, Organización Panamericana de la Salud –OPS-, el DNP, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Territorial –MADT-, IDEAM, Acción Social, asociación de cabildos, asociaciones campesinas, Cruz Roja, Instituto Colombiano de Geología y Minería – Ingeominas-, la Universidad del Cauca, la Fundación Río Piedras, el Acueducto	<ul style="list-style-type: none"> - Diseño participativo de la Ruta de transición para la adaptación al cambio climático: agua y comida segura en un territorio saludable. -Identificación y priorización de medidas de adaptación con participación de las organizaciones indígenas y campesinas. -Implementación de la estrategia de escuelas de campo para la réplica, recuperación e incorporación del conocimiento local y ancestral en las medidas de adaptación; parcelas de 	Recursos provenientes del Fondo español F-ODM (Objetivos del Desarrollo del Milenio).

Fecha	Nombre	Objetivo	Actores involucrados	Resultados	Fuentes de financiación
		claves para el desarrollo agrícola que abastecen aproximadamente al 70% de la población Colombiana.	de Popayán y la Universidad del Cauca.	seguridad alimentaria y diversificación de los sistemas de producción; red de custodios de semillas y parcelas de aclimatación. - Análisis participativo del riesgo para el ordenamiento territorial y el plan de gestión de riesgos.	
2011-2013	Fortalecimiento de las Capacidades Institucionales para la Implementación de Prácticas Locales de Gestión del Riesgo como Medida de Adaptación al Cambio Climático en el Caribe	Este proyecto se diseñó teniendo en cuenta que la región insular y del Caribe colombiano, por su ubicación geográfica y sus condiciones ambientales, presenta niveles altos de exposición de la población y sus recursos naturales a desastres asociados al cambio climático. Cuenta con un componente de educación el cual tiene por objeto, interlocutar con las comunidades frente a las percepciones del cambio climático y preparar a las comunidades para enfrentar a las vulnerabilidades, aumentando su capacidad de recuperación frente a fenómenos causados.	Unión Europea, PNUD, Dirección de Gestión del Riesgo –DGR–, el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial –MAVDT–, Asociación de Corporaciones Autónomas Regionales y de Desarrollo Sostenible –ASOCARS–, IDEAM, INVEMAR y DNP.	Este Proyecto tiene cinco medidas piloto de adaptación al cambio climático en las zonas de estudio como son: - Zona insular: San Andrés Isla (Casa Bioclimática). - Zona desértica: municipio de Uribia, departamento de La Guajira (Capacitación y reutilización de aguas grises y Pozos Desalinizadores). - Zona de alta montaña: departamento del Cesar (Estufas Ecosostenibles). - Zona inundable: municipio de Chimichagua, departamento del Cesar (Escuela Flotante).	El proyecto cuenta con el apoyo financiero de la Unión Europea.

Fecha	Nombre	Objetivo	Actores involucrados	Resultados	Fuentes de financiación
2010-2013	Plan Regional Integral de Cambio Climático Región Capital, Bogotá - Cundinamarca (PRICC)	El PNUD a nivel global ha desarrollado un proyecto que promueve el Enfoque Territorial del Cambio Climático (TAAC) para permitir que las autoridades identifiquen los riesgos y oportunidades relacionadas con el cambio climático e integren medidas prioritarias de mitigación y adaptación en la planeación y programación del desarrollo. Este proyecto, busca proveer apoyo a 50 regiones en el desarrollo de Planes Regionales Integrales de Cambio Climático (PRICC) y una de las primeras regiones que contarán con este apoyo es Región Capital Bogotá Cundinamarca. El objetivo de los PRICC es identificar y priorizar iniciativas de mitigación y adaptación basados en una evaluación de los impactos físicos y socioeconómicos de cambio climático, y la identificación de opciones sin arrepentimiento (no-regrets), como manejo de riesgos de desastres y sistemas mejorados de respuesta a emergencia.	PNUD, Alcaldía de Bogotá, Gobernación de Cundinamarca, Corporación Autónoma Regional –CAR-, Corporación Autónoma Regional del Guavio –CORPOGUAVIO-, Corporación Autónoma Regional de Orinoquia –CORPORINOQUIA-, IDEAM, MADVT, DNP, Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales Naturales –UAESPNN-, Asociaciones de Municipios, Cámara de Comercio, Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación –Colciencias-, representantes del sector privado, asociaciones gremiales, ONGs, universidades y centros de investigación.	- El PRICC promovió la inclusión del tema del cambio climático en los planes de desarrollo del Distrito Capital y Departamental. Además, propició un espacio para la discusión del cambio climático en la Región Capital a nivel institucional. - Se realizó un análisis de la variabilidad climática y un análisis del cambio climático en la región capital.	Recursos provenientes del PNUD.

Fecha	Nombre	Objetivo	Actores involucrados	Resultados	Fuentes de financiación
2011-Actualidad	Plan de Adaptación al Cambio Climático en Cartagena de Indias	Desde septiembre de 2012 se viene implementando el proyecto "Integración de la adaptación al cambio climático en la planificación local y la gestión sectorial de Cartagena de Indias y sus Islas. Este proyecto busca desarrollar un Plan de Adaptación al Cambio Climático para esta ciudad, que incluya un análisis de vulnerabilidad y lineamientos de adaptación. En este sentido, el proyecto en la ciudad se realizó en dos fases: la primera fase relacionada con la vulnerabilidad y lineamientos para la adaptación al cambio climático y la segunda fase, relacionada con el Plan 4C: Cartagena de Indias Competitiva y Compatible con el Clima.	INVEMAR, Alianza Clima y Desarrollo (CDKN), Cámara de comercio de Cartagena y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible –MADS-	<ul style="list-style-type: none"> - Plan 4C Cartagena de Indias Competitiva y Compatible con el Clima. - Manual de Buenas Prácticas para la Adaptación en Ciudades Costeras - Lineamientos de Adaptación para el área insular de Cartagena de Indias. 	Recursos provenientes de CDKN
2012-2014	Proyecto Huila 2050: Preparándose para el Cambio Climático	El Plan Huila 2050 integra los elementos tanto de mitigación como de adaptación. La intención del presente plan es asegurar que Huila siga siendo una región que provee agua para el departamento y para el país, así como mantener su papel en el sector productivo. El Plan Huila 2050 maneja cinco ejes principales de acción, los cuales contienen medidas concretas que pueden ser desarrolladas en el corto, mediano y largo plazo. Asimismo, cuenta	USAID, Agencia nacional de Estocolmo, IDEAM, Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena –CAM-, Consejo Departamental de Cambio Climático, Centro de Investigación en Ciencias y Recursos GeoAgroAmbientales – CENIGAA-, Empresa de Acueducto de Neiva y representantes de algunos sectores productivos.	<p>El proyecto tuvo avances importantes para el departamento:</p> <ul style="list-style-type: none"> - La conformación del Consejo Departamental de Cambio Climático y la realización de dos diálogos sobre temas relacionados con el tema. - Desarrollo de algunos estudios de impacto del cambio climático en la región, como el uso del modelo WEAP para la gestión integral del recurso hídrico y la adaptación al cambio climático, con el apoyo del Instituto Ambiental de Estocolmo. 	Apoyado por el Programa Carbono Forestal, Mercados y Comunidades (FCMC) de la USAID.

Fecha	Nombre	Objetivo	Actores involucrados	Resultados	Fuentes de financiación
		con ejes transversales de acción fundamental, tales como el ordenamiento territorial y la planificación, educación y capacitación, comunicación, ciencia y tecnología, y el manejo y gestión de riesgos.			
2011-2013	Proyecto Agricultura, Vulnerabilidad y Adaptación (AVA) en la Cuenca alta del Río Cauca	El proyecto AVA nace con el apoyo de la CDKN con el fin de propiciar las condiciones técnicas y científicas requeridas para garantizar la adaptación y permanencia de los encadenamientos productivos de mayor relevancia en la Cuenca Alta del río Cauca, bajo los escenarios de cambio climático en el mediano y largo plazo. Dentro de sus componentes se encuentra: desarrollar un proceso de concertación a nivel departamental, regional y sub-regional para conocer los impactos del cambio climático. Involucrar a todos los actores interesados para elaborar un análisis de vulnerabilidad del sector agrícola. Generar un acuerdo con los tomadores de decisión para incorporar criterios de vulnerabilidad y adaptación en los documentos de política pública como los planes de desarrollo y los planes de ordenamiento territorial.	CDKN, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural –MADR-, IDEAM, Centro Internacional de Agricultura Tropical –CIAT-, La Universidad del Cauca, La Universidad de Caldas y Centro Nacional de Investigaciones de Café –CENICAFE-.	<ul style="list-style-type: none"> - Proveer insumos relevantes para el PNACC que actualmente está siendo desarrollado por el DNP. - Desarrollo e implementación de indicadores y metodologías para realizar el análisis de vulnerabilidad del sector agrícola en la Cuenca Alta del Río Cauca. -Se busca lograr un consenso en la metodología para evaluar la vulnerabilidad. -Generar lecciones aprendidas sobre el proceso que puedan ser útiles para otros análisis de vulnerabilidad al cambio climático en otras regiones del país o en la generación del Plan Nacional de Adaptación para el sector agrícola. 	Recursos financiados por CDKN

Fecha	Nombre	Objetivo	Actores involucrados	Resultados	Fuentes de financiación
2012-2014	Manatí: Proyecto de adaptación psicosocial y resiliencia en comunidades vulnerables y desplazadas	A través del estudio psicosocial llevado a cabo en una comunidad desplazada por un evento climático extremo, el proyecto ha permitido validar un modelo de intervención psicosocial en comunidades vulnerables, obteniendo oportunidades para la toma de decisiones acerca del desplazamiento climático. Los beneficiarios del proyecto ascienden a 90 familias víctimas de la ola invernal de 2010 en el Municipio de Manatí, Atlántico, Colombia.	Universidad del Norte, CKDN	<ul style="list-style-type: none"> - Elaboración de una línea de base para la identificación de actitudes resilientes en familias damnificadas por la ola invernal de Manatí, Atlántico, Colombia. - Construcción de un modelo de promoción de la resiliencia. - Implementación el modelo de promoción de la resiliencia con las familias damnificadas de Manatí, Atlántico, Colombia. - Validación del modelo de promoción de la resiliencia en familias víctimas de la ola invernal. 	Recursos financiados por CDKN

Fuente: IDEAM, 2015a

De los proyectos mencionados en la tabla anterior, se destaca por un lado, las propuestas de implementación de mecanismos de adaptación en las zonas del país más vulnerables a los efectos del cambio climático, de acuerdo con las comunicaciones nacionales realizadas por el IDEAM. Y por otro lado, se han realizado análisis de vulnerabilidad para conocer el punto de partida de cada una de estas poblaciones (el análisis de vulnerabilidad en estos proyectos se tratará con más detalle en el próximo capítulo); y además, se destaca en los resultados el compromiso de incorporar estrategias de adaptación en el ordenamiento territorial.

Ahora bien, también se evidencia el apoyo de organizaciones internacionales para la financiación de los proyectos, lo que corrobora las debilidades expuestas en el capítulo anterior sobre la temporalidad de éstos y la dependencia de su realización con recursos externos. Asimismo, de los proyectos mencionados solo se evidencian dos realizados en las ciudades que pueden ser catalogados como PAAU. El primero es el PRICC en la ciudad de Bogotá, que no sólo es una plataforma de asociación interinstitucional que busca generar investigación aplicada, sino también conocimiento técnico orientados a la toma de decisiones para enfrentar el cambio climático, y a apoyar la implementación de

medidas de mitigación y adaptación que adelanten las instituciones gubernamentales de la Región Capital.

Este proceso de generación de conocimiento juega un papel muy importante ya que garantiza la apropiación, validación y uso de la información en sus procesos de gestión y generación de políticas públicas para la ciudad (Alcaldía de Bogotá, 2016). De los logros alcanzados de PRICC se destaca:

- Un análisis de variabilidad climática interanual en la región Bogotá – Cundinamarca (fenómenos el Niño y la Niña).
- Definición de escenarios de temperatura y precipitación en la región para el periodo 2014 – 2100.
- Análisis de las principales dinámicas regionales asociadas a la variabilidad y el cambio climático.
- Inventario de eventos de emergencia y desastre de origen hidrometeorológico para el periodo 1980 – 2012.
- Análisis de vulnerabilidad actual y futura a la variabilidad y al cambio climático.
- Inventario de emisiones GEI de la región.
- Estrategia regional de mitigación y adaptación al cambio climático orientada al desarrollo de territorios resilientes.

El segundo proyecto a destacar es el realizado en Cartagena de Indias, correspondiente a los Lineamientos de Adaptación para Cartagena de Indias a partir de un proceso participativo. Éste trajo a su vez la elaboración del Plan 4C Cartagena Competitiva y Compatible con el Clima, el cual plantea una visión de desarrollo de la ciudad, compatible con la adaptación y la mitigación. Este ejercicio junto con el PRICC, ha sido pionero en Colombia, como aproximaciones importantes a los PAAU y contado con el apoyo de CDKN que contribuye a crear esas condiciones institucionales y el arreglo institucional necesario y el Plan se pueda implementar mostrando resultados tangibles (CDKN, 2016).

También se ha realizado un análisis de vulnerabilidad para las islas de Cartagena y ha producido lineamientos para la adaptación en el área insular del distrito. Esos

lineamientos elaborados con las comunidades isleñas dan orientaciones para aprovechar la adaptación como una oportunidad para el desarrollo de las comunidades en el largo plazo.

Ahora bien, el proyecto en la actualidad, cuenta con una debilidad y es la presupuestal. Requiere de grandes inversiones económicas y es por esto que el Plan de Adaptación al Cambio Climático, que se encuentra en su etapa de revisión y ajuste de detalles, espera firmar un acuerdo de voluntades con las industrias, los puertos, los hoteles y el comercio para que éstas aporten dinero a la consecución del objetivo (Otero, 2014).

La meta inicial busca la solución de problemas históricos en la ciudad como son:

- Falta de adecuación de canales pluviales y ampliación de los que existen
- Inundaciones cíclicas
- Barrios construidos sin ninguna planeación
- Falta de control urbano en los sectores industrial, comercial, turístico y residencial
- Falta de cultura ciudadana

Dado lo anterior, y de acuerdo con las experiencias presentadas en el apartado anterior de Quito, Durban y México, se puede observar tres características en común. Primero, la dependencia en la financiación internacional lo que puede poner en riesgo la sostenibilidad de estas estrategias en el largo plazo. Segundo, la voluntad política para el desarrollo de los mismos, lo que a su vez se requiere de una mayor participación de otros sectores que son importantes para la toma de decisiones como la Academia y el sector privado. Y tercero, el interés de incluir estrategias de adaptación como una alternativa para estar preparados para los efectos del cambio climático. En este sentido, una propuesta de análisis de vulnerabilidad así como de un PAAU para Medellín es pertinente para hacer de la ciudad adaptable a esta problemática.

3.3 Problemática del cambio climático en Medellín

En el caso específico de Medellín, los principales impactos del cambio climático están relacionados con la variabilidad climática, extremos climáticos y los efectos derivados del fenómeno del Niño y la Niña, asociados al incremento de lluvias y sequías, una mayor recurrencia de los movimientos en masa e inundaciones y de las escorrentías urbanas,

daños a la infraestructura, asociadas en ocasiones con pérdidas de vidas o afectación al suministro de agua para la población y al transporte público con aumento de congestión y tiempos de viajes (Alcaldía de Medellín, 2014).

En el suelo rural, las afectaciones se asocian con la pérdida de servicios ecosistémicos, de producción y de regulación hídrica, así como el aumento de los índices de escasez de agua de algunos cauces, afectando el suministro a los acueductos y a los sistemas de riego; también, se presenta amenaza de pérdida de la biodiversidad asociada a los ecosistemas. Según el IDEAM (2009) citado por POT (2014), estas áreas son altamente vulnerables al calentamiento global.

Lo anterior ha traído consigo que los estudios referentes al cambio climático se hayan intensificado en la última década, aunque las estrategias de adaptación implementadas hasta el momento, están dirigidas a responder a las vulnerabilidades y necesidades más importantes de las personas más afectadas en o momentos de emergencia.

Y, adicionalmente, a pesar de los posibles efectos identificados relacionados con esta problemática en la ciudad, según Paniagua y Hernández (2013), la perspectiva del cambio climático en Antioquia y específicamente en Medellín, aún presenta vacíos y falta de compromiso para la prevención de los efectos asociados al cambio climático, así como para el conocimiento de la vulnerabilidad de los territorios. Esta afirmación fue confirmada luego de una investigación de estos autores en los sectores académicos, institucionales y municipales del departamento.

La investigación se realizó por medio de encuestas, entrevistas y grupos focales en las nueve regiones del departamento. Éstas tuvieron como objetivo principal indagar y validar información primaria y secundaria relacionada con la construcción y aplicación de políticas, planes, programas y proyectos sobre el cambio climático, y fueron aplicadas en las secretarías de Ambiente, de Planeación, Agricultura, UMATAS, ONG, Corporaciones Autónomas Regionales, y demás dependencias departamentales y municipales que tuvieran relación con el tema ambiental y en especial, con cambio climático (Paniagua y Hernández, 2013).

De acuerdo con los resultados obtenidos, el tema ambiental se ha trabajado en el departamento de Antioquia por medio de las entidades públicas, la academia, y algunas

empresas del sector privado. Sin embargo, los efectos del cambio climático, su relación con la problemática ambiental y su vulnerabilidad, no ha sido lo suficientemente ampliado, hecho que se evidenció en el resultado de las encuestas aplicadas.

Inclusive, el POT de Medellín (2014) en materia de cambio climático, no cuenta con requerimientos específicos y puntuales, pero si hay temáticas de mayor relevancia a trabajar, no solo a escala local sino regional, dada su alta influencia en los procesos de adaptación como lo son: la Estructura Ecológica, Seguridad Hídrica, Gestión Riesgos Climáticos, Seguridad Alimentaria y Usos del Suelo (En los capítulos siguientes se ampliará el tema).

Ahora, con la revisión del POT (2014) se sientan las bases para iniciar un proceso de largo alcance y que gradualmente vaya incorporando al cambio climático como eje de acción con cada vez mayor relevancia. Además de propiciar otros elementos que complementan una adaptación territorial al cambio climático como por ejemplo fortalecer la participación y organización social, reducir la pobreza, asegurar la seguridad alimentaria, aumentar la disponibilidad de agua para la ciudad, entre otras ya descritas.

En este sentido, las grandes incertidumbres acerca de las posibles pérdidas asociadas con el cambio climático y la posibilidad de riesgos catastróficos, permiten justificar una propuesta de intervención temprana en la ciudad de Medellín, de tal forma que la sociedad esté preparada para estos efectos en un futuro y tome las medidas correctivas frente a este fenómeno al que se verían expuestos si no se implementaran medidas de adaptación.

Pero, los mecanismos aplicados para disminuir los efectos del cambio climático deben estar acompañados de una institucionalidad comprometida desde las políticas públicas y concebida como un elemento estratégico de los instrumentos de planificación y de gestión local y regional en el departamento de Antioquia como son: El Plan de Desarrollo Departamental (PDD), los Planes de Desarrollo Municipal (PDM), los Planes de Gestión Ambiental Regional (PGAR) y los POT (Paniagua y Hernández, 2013).

Este último instrumento de planificación territorial es fundamental dado que según el PNUD (2010), se requiere integrar las consideraciones sobre el cambio climático en los procesos de planeación y ordenación de los usos en los territorios, de tal forma que se

tengan en cuenta los impactos esperados de este fenómeno y se puedan tomar medidas de adaptación a tiempo pero con visión de largo plazo.

Integrar esta relación de cambio climático en la planeación urbana contribuiría a disminuir la vulnerabilidad de los territorios frente a los impactos negativos de los fenómenos climáticos; aumentar la capacidad de las comunidades para resistir los eventos extremos y recuperarse tras éstos; aumentar la capacidad de adaptación al cambio climático de las comunidades y los sectores productivos de los que depende la región; y, finalmente, evitar tomar decisiones que no sean sostenibles y que a su vez contribuyan a la reducción de las emisiones de GEI.

Dado lo anterior, en el próximo capítulo se presentará la propuesta metodológica de análisis de vulnerabilidad como punto de partida para la construcción de un PAAU para la ciudad de Medellín.

4. Análisis de vulnerabilidad urbana al cambio climático para la ciudad de Medellín

En el contexto del cambio climático, los análisis de vulnerabilidad desempeñan un papel fundamental en el diseño de estrategias de mitigación y adaptación, identificando a las personas o lugares que son más susceptibles al daño (Clark *et al.*, 2000; Downing, *et al.*, 2001; Polsky *et al.*, 2003; Stephen *et al.*, 2001; citados por AVA, 2013). Sin embargo, a pesar de que los esfuerzos de llevar a cabo este tipo de análisis son cada vez mayores, el propósito y la aplicabilidad del concepto de vulnerabilidad, así como los métodos de medición han sido objeto de debates en los últimos años. Esto se debe a que las investigaciones realizadas sobre la vulnerabilidad han sugerido varias definiciones y marcos conceptuales sin llegar a un consenso (Liverman, 1990).

De las metodologías adoptadas por el IPCC (metodologías y conceptos que se siguen en esta tesis), se dividen en dos de acuerdo al orden cronológico en el que han salido. Los primeros estudios se conocen como los de primera generación, llamados así no por ser los primeros en realizarse, sino por el impacto generado en la década del noventa; los segundos, llamados los de segunda generación, son los que actualmente se vienen implementando con mayor frecuencia.

En los estudios de primera generación se destacan dos aspectos. Por un lado, la alta aceptación ya que más de 30 países presentaron su esquema de análisis a partir de esta metodología y además, marcaron la pauta de una generación de investigaciones enfocadas a la evaluación de los impactos del cambio climático. Y por otro lado, los resultados de estas investigaciones fueron utilizados, a su vez, para la preparación de las primeras comunicaciones nacionales de los países participantes en la CMNUCC (Aldunce *et al.*, 2008).

A pesar de la acogida por los países para la incorporación de este método, la mayoría de los estudios realizados centraron su análisis en la discusión de los impactos del cambio climático, por lo que las propuestas en términos de posibles medidas de adaptación para enfrentar la problemática, fueron mínimas. Asimismo, el interés por los tomadores de decisión frente a los resultados obtenidos no trascendió en crear políticas claras de adaptación (Conde, 2003).

Lo anterior llevó a la incorporación de definiciones de vulnerabilidad relacionadas exclusivamente con el impacto, que fueron consistentes con los resultados obtenidos en estos estudios. No obstante, la definición de vulnerabilidad fue evolucionando y ampliándose más adelante, permitiendo la incorporación del concepto de adaptación como respuesta para enfrentar estos impactos.

Esto permitió la entrada de los estudios de segunda generación, redefiniendo el concepto de vulnerabilidad como “el grado al cual una unidad de exposición o sistema es susceptible de, o es incapaz de, afrontar los efectos adversos del cambio climático, incluyendo la variabilidad climática y los eventos extremos” (IPCC, 2001). La vulnerabilidad está en función de la exposición del sistema, de la sensibilidad y de la capacidad adaptativa del sistema. Esta metodología se resume de la siguiente forma:

$$Vulnerabilidad = f(Exposición, Sensibilidad, Capacidad Adaptativa) \quad (4.1)$$

La definición expresada por el IPCC se ha convertido en un punto de referencia para los análisis de vulnerabilidad y trae a un primer plano los conceptos de exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa. Por consiguiente, la vulnerabilidad de un sistema depende de la medida en que está expuesto y cuán sensible es a los efectos del cambio climático y es inversamente proporcional a su capacidad de adaptarse a estos efectos (IPCC, 2007a). Ahora bien, vale la pena anotar que aunque esta metodología es la más utilizada, aún no existe una metodología universalmente aceptada (Magaña, 2012).

Con base en la metodología adoptada por el IPCC, la comunidad académica ha realizado diversos estudios de vulnerabilidad, aunque como se puede observar en las siguientes experiencias, si bien las dimensiones permanecen igual, los indicadores que componen cada variable difieren de cada estudio. Esto se debe al sistema que se desea analizar, es decir, si se desea conocer el nivel de vulnerabilidad de un sector económico, de una

población, del sistema urbano, ecosistemas etc. En este sentido, las estrategias de adaptación a implementar corresponderán a los ejes de intervención que se analice.

A continuación se presentarán algunas experiencias nacionales e internacionales de análisis de vulnerabilidad, haciendo énfasis en los análisis aplicados para los centros urbanos.

4.1 Análisis de vulnerabilidad con base en la metodología adoptada por el IPCC

4.1.1 Experiencias internacionales

En los centros urbanos habita una gran proporción de la población mundial, donde se centran las actividades económicas y se ubica la mayor parte de la infraestructura física. También son territorios en riesgo de sufrir inundaciones, tormentas, deslizamientos de tierra, olas de calor, sequías y otros fenómenos relacionados con el clima, por lo que se espera que el cambio climático afecte a la mayoría de las ciudades de todo el mundo (Satterthwaite *et al.*, 2007b). En este sentido, estar preparados para enfrentar esta problemática, se hace cada vez más urgente.

La Tabla 4-1, muestra 3 experiencias de análisis de vulnerabilidad urbana⁸ que se han realizado partiendo de las definiciones y la metodología adoptada por el IPCC, con el fin de proponer una línea base para la aplicación de estrategias de adaptación. La primera experiencia que se destaca, es el análisis académico para 64 casos en ciudades alrededor del mundo, donde se observa una diversidad de enfoques en el análisis de vulnerabilidad urbana al cambio climático. En este análisis, se reitera sobre la diferencia de enfoques debido a la complejidad del concepto de vulnerabilidad, aunque los marcos existentes en estos estudios son, en gran parte, complementarios (Adger, 2006; Eakin y Luers, 2006; citados por Romero y Tribbia, 2009).

El análisis identificó tres aspectos en común en los estudios de caso como son: la vulnerabilidad urbana es el resultado de los peligros a los que está expuesta la ciudad, también depende de las condiciones particulares del medio natural en cada territorio y

⁸ En la próxima sección del capítulo de ampliará el concepto de vulnerabilidad urbana.

una mayor vulnerabilidad es consecuencia de una menor resiliencia. También, se examinó patrones repetidos, identificando las causas generalizables de situaciones de vulnerabilidad urbana que permiten la toma de decisiones para la recuperación de las ciudades.

Respecto a los componentes comunes del análisis de vulnerabilidad en estos casos de estudio, indica que la mayoría de ellos se centran principalmente en cinco peligros (olas de calor, tormentas y huracanes, incrementos del nivel del mar, sequías y cambios de temperatura) y cuatro impactos (mortalidad, daños en los hogares, inundaciones y pérdidas económicas). Y respecto a los indicadores de capacidad de adaptación más comunes, se encontró que 11 de estos factores corresponden al 70% de los determinantes de la vulnerabilidad, donde 6 hacen parte de casi el 50%. Éstos son: la edad, el acceso a / calidad de la infraestructura, los ingresos, la ubicación y el acceso a / calidad de los servicios y la exposición al peligro.

La segunda experiencia es un análisis de vulnerabilidad urbana aplicado al municipio de Amurrio en el país Vasco. A pesar de la poca existencia de estos estudios para las ciudades, éste se caracteriza no solo por la aplicación de las variables que componen la vulnerabilidad bajo el concepto del IPCC (exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa), sino también, por la incorporación de elementos que son constitutivos del sistema urbano.

En dicho municipio, los escenarios del cambio climático predicen un aumento de la frecuencia e intensidad de los eventos extremos, en particular de inundaciones y olas de calor, no solo por variables climáticas como precipitación, estacionalidad y temperatura, sino también por cambios en los usos del suelo, factores socio-demográficos y dinámicas económicas que actúan como fuerzas motrices de los modelos territoriales (Olazabal, 2010). Estos elementos son los que componen la variable de exposición en el análisis de vulnerabilidad urbana. Respecto a la sensibilidad, relacionada con la capacidad de respuesta inmediata ante un evento extremo, está compuesta por 4 atributos que definen las áreas urbanas como son: el medio construido (urbano), el medio social, el medio biofísico y la estructura económica municipal.

Finalmente, con la variable de capacidad adaptativa se presenta una propuesta de análisis con base en el modelo conceptual K-Egokiten para el análisis de vulnerabilidad,

que consiste en incorporar la capacidad de respuesta, además de la capacidad adaptativa. Según este modelo, la capacidad de respuesta se refiere a la capacidad a corto plazo, justo después de sufrir una perturbación, que corresponde más al instinto de supervivencia que a una estrategia planteada con anterioridad (Gallopín, 2006; citado por Olazabal, 2010). Mientras que la capacidad adaptativa, no es un subelemento de la vulnerabilidad, sino una consecuencia del desarrollo de una gobernanza adaptativa del sistema, basada en la reorganización propia y en procesos de aprendizaje de experiencias pasadas. Sin embargo, esta capacidad adaptativa influirá, por lo tanto, en la capacidad de respuesta inmediata de un sistema ante la ocurrencia de un evento.

Tabla 4-1. Experiencias internacionales

Investigación	Descripción del análisis de vulnerabilidad			
	Metodología	Componentes		
		Exposición	Sensibilidad	Capacidad adaptativa
Assessing patterns of vulnerability, adaptive capacity and resilience across urban centers (Romero y Tribbia, 2009)	Revisión de 64 casos de estudio alrededor del mundo donde se identifica la diversidad en el análisis de vulnerabilidad urbana, pero se evidencia algunos determinantes comunes para la construcción del modelo.	Frecuencia de eventos extremos: tormentas y huracanes, incremento del nivel del mar, sequías, cambios de temperatura, contaminación del aire, cambios en la precipitación, intrusión salina, hundimiento.	Mortalidad, daños en los hogares, pérdidas económicas, morbilidad, erosión en las playas, disponibilidad de agua, sistemas de drenaje.	*Individuales: edad, género, etnicidad, inmigrantes, problemas preexistentes de salud. *Bienes individuales: ingreso, empleo, educación, déficit cuantitativo y cualitativo de vivienda, tecnología. *Bienes colectivos: riqueza concentrada, segregación, acceso a servicios, infraestructura, tecnología. *Institucionales (políticos): conocimiento, respuestas políticas, prácticas de gobierno, planeación urbana, control sobre el clientelismo, poder político. *Institucionales (sociales): redes sociales, organizaciones de base comunitaria, otras organizaciones (iglesia).
Connecting people and place: a new framework for reducing urban	La metodología corresponde a un análisis de vulnerabilidad social al calor	Los indicadores de exposición fueron definidos por valores cuantitativos como son:	Los indicadores de sensibilidad fueron definidos por valores cualitativos como son:	Los indicadores de capacidad adaptativa fueron definidos por valores cuantitativos y cualitativos como son: *Nivel de los hogares

Investigación	Descripción del análisis de vulnerabilidad			
	Metodología	Componentes		
		Exposición	Sensibilidad	Capacidad adaptativa
vulnerability to extreme heat (Wilhelmi y Hayden, 2010)	extremo, siendo ésta vista como una función de los sistemas naturales y humanos, que puede verse afectada por factores externos y factores internos dentro de la ciudad.	*Variabilidad del clima y olas de calor *Distribución intraurbana de calor *Uso de suelo urbano e isla de calor urbano	*Condiciones de edad y salud *Factores socioeconómicos y socioculturales *Estabilidad del barrio	(conocimientos, aptitudes y prácticas). *Recursos en los hogares *Capital social *Recursos comunitarios y programas de reducción del riesgo
El análisis de vulnerabilidad urbana como clave para la definición de estrategias de adaptación al cambio climático (Olazabal, 2010)	Modelo conceptual K-Egokiten para el análisis de vulnerabilidad, que consiste en incorporar la capacidad de respuesta, además de la capacidad adaptativa.	Frecuencia de eventos extremos: inundaciones y olas de calor	La sensibilidad es definida con base en los siguientes indicadores: -Sensibilidad por movilidad: relacionado específicamente con el envejecimiento de la población, lo que dificulta su movilidad. -Sensibilidad biofísica: unidades de análisis dentro de la ciudad con un alto porcentaje de suelo excluido por ser urbano o urbanizable, que muestran niveles de sensibilidad más bajos. Mientras que la sensibilidad es alta entre aquellas unidades que poseen valor ecológico por los servicios de sus	En este estudio se incorpora la capacidad de respuesta (CR) en vez de la capacidad adaptativa y está compuesta por los siguientes indicadores: -CR social: se encuentra determinada por muy diversos factores como experiencias previas, capacidad de toma de decisiones y uso de nuevas tecnologías. -CR biofísica: solo depende de un indicador y es la resiliencia media de las unidades ambientales presentes en cada unidad de análisis. -CR económica: se ha acudido al número de empresas, su localización y el número de empleados. -CR urbana o del medio construido: se refiere al tipo de edificaciones y su antigüedad.

Investigación	Descripción del análisis de vulnerabilidad			
	Metodología	Componentes		
		Exposición	Sensibilidad	Capacidad adaptativa
			<p>ecosistemas alto o muy alto.</p> <p>-Sensibilidad biofísica: unidades de análisis de zonas rurales y periurbanos con alto valor socio-ecológico.</p> <p>-Sensibilidad económica: las unidades de análisis más expuestas son aquellas dedicadas a la actividad industrial, ya que muestran una mayor sensibilidad económica debido a la pérdida potencial de empleos (temporal o definitiva) por eventos de inundaciones, a diferencia de otros sectores económicos como el terciario.</p> <p>-Sensibilidad urbana (o del medio construido): Las unidades de análisis con edificaciones más antiguas, edificaciones especiales o elementos de patrimonio cultural.</p>	

Fuente: Elaboración propia con base en Romero y Tribbia (2009), Wilhelmi y Hayden (2010), Olazabal (2010).

La tercera experiencia fue considerada a partir de los sucesos presentados en algunas ciudades de Estados Unidos como en Chicago, Philadelphia, Phoenix y en toda Europa, donde aumentos en la duración y frecuencia de eventos de calor extremo, incrementaron la vulnerabilidad en grupos de población como en ancianos y niños, debido a las afectaciones en la salud (Meehl y Tebaldi 2004, IPCC 2007; citados por Wilhelmi y Hayden, 2010).

Para esta experiencia en particular, el análisis de vulnerabilidad propuesto, no correspondió específicamente al presentado en los casos anteriores denominado “vulnerabilidad urbana”, sino “vulnerabilidad social al calor extremo”, siendo ésta vista como una función de los sistemas naturales y humanos, que puede verse afectada por factores externos (por ejemplo, el cambio climático, perturbaciones ambientales y económicas) y factores internos dentro de la ciudad (condiciones de la infraestructura, calidad de las viviendas, acceso a recursos).

La experiencia incorpora los conceptos de exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación y a partir de los resultados, la evaluación de estrategias para la gestión, promoción y prevención en salud a escala barrial, identificando los sectores más vulnerables de las ciudades, a partir de la teledetección de datos e información socioeconómica del Censo de Estados Unidos.

Ahora bien, vale la pena aclarar que para la aplicación de este análisis de vulnerabilidad, si bien ya existen estudios recientes, aún presenta debilidades en su análisis a nivel local para facilitar la toma de decisiones acertadas, especialmente porque a pesar de la importancia relativa de las variables de exposición y de sensibilidad, algunos autores no incluyen la capacidad de adaptación (por ejemplo, Klinenberg 2002; citados por Wilhelmi y Hayden, 2010), mientras que enfoques más generalizados a la evaluación de la vulnerabilidad social (por ejemplo Leichenko y O'Brien 2008; citados por Wilhelmi y Hayden, 2010) ilustran que la capacidad de adaptación es fundamental para una comprensión de este análisis, lo que ha impedido llegar a consensos académicos para analizar esta problemática.

Respecto a los indicadores escogidos para el análisis de vulnerabilidad para la variable de exposición, se encuentra: variabilidad del clima y olas de calor, distribución intraurbana del calor, uso del suelo e isla de calor. Estos indicadores hacen parte del

conjunto de datos cuantitativos y pueden ser afectados por factores externos como las perturbaciones ambientales y sociales, el desarrollo urbano o los cambios en la población. Por ejemplo, aglomeraciones urbanas de gran escala pueden influir en el uso del suelo urbano y, en consecuencia, en un aumento de la isla de calor, que afecta a la exposición humana a un calor excesivo durante el día y la noche, o factores de estrés socioeconómico como una crisis económica afectan la sensibilidad del sistema socioecológico, a través de su impacto en la vivienda o el empleo.

Dentro del conjunto de datos cualitativos se encuentran los indicadores de sensibilidad como son: la edad, las condiciones de salud, los factores socioeconómicos y culturales y la estabilidad del barrio; estos indicadores están expuestos a factores internos. Y finalmente, se encuentran los indicadores de capacidad de adaptación donde se pueden definir tanto datos cuantitativos como cualitativos como son: nivel de educación de los hogares (conocimientos, aptitudes y prácticas), recursos en los hogares, capital social, recursos comunitarios y programas de reducción del riesgo.

4.1.2 Experiencias nacionales

De las experiencias encontradas para el caso colombiano relativas al análisis de vulnerabilidad urbana, no se encontraron experiencias académicas para la aplicación de un análisis de vulnerabilidad urbana, sin embargo, si se han presentado adelantos por parte de organizaciones gubernamentales como el IDEAM, el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), las entidades territoriales y la Alianza Clima y Desarrollo con la Iniciativa AVA –Agricultura, Vulnerabilidad, Adaptación- (CDKN-AVA), en la aplicación de la metodología en algunas regiones del país. En sus estudios, también coinciden al tomar como referencia clave las propuestas del IPCC.

De estos estudios, es importante resaltar la metodología para el análisis de vulnerabilidad ambiental presentada por el IDEAM en la segunda comunicación nacional a la CMNUCC en 2010, ya que se constituyó en el punto de partida para la realización de los demás análisis. El ejercicio se basó en la discusión con expertos de los sectores directamente relacionados con la afectación de las emisiones a nivel global, los cuales se identifican tanto por los efectos en el clima y la productividad como las relaciones entre el ambiente, los recursos naturales y las comunidades (sectores, población o sociedad).

En los componentes que explican la exposición al cambio climático, se presenta en términos de áreas de cobertura, porcentajes, personas, etc., basados en el análisis de los escenarios de cambio climático por aumento de temperatura y/o variación de la precipitación, frente a los diferentes sistemas evaluados (infraestructura, población, recurso, etc.). Respecto a la sensibilidad, sus indicadores están relacionados con las condiciones biofísicas como son: suelos, aridez, ecosistemas, coberturas y erosión. En el modelo utilizado, la capacidad de adaptación se construye con la capacidad socioeconómica e institucional y, la condición técnica o disposición para adaptarse al cambio climático.

De estos indicadores escogidos, se propuso que fueran aplicables para cada región del país, sin embargo, según el IDEAM (2010, p. 238) “se debe tener en cuenta que cada sector, grupo o territorio puede diseñar su índice respectivo de tal manera que involucre aquellas variables no climáticas y que a la vez le permitan establecer rutas o formas para reducir su vulnerabilidad con respecto a la condición adversa del escenario y/o evento del cambio y/o variabilidad climática”.

Tabla 4-2. Experiencias nacionales

Programa o proyecto en donde fue aplicado el análisis de vulnerabilidad	Descripción del análisis de vulnerabilidad			
	Descripción	Componentes		
		Exposición	Sensibilidad	Capacidad adaptativa
<p>Segunda Comunicación Nacional del IDEAM a la CMNUCC (IDEAM, 2010)</p>	<p>En la segunda comunicación nacional del IDEAM, se desarrolló una propuesta le permitiera al país la comparación de los análisis y evaluaciones que se realizaran para los diferentes sectores e involucrados. El ejercicio se basa en la discusión con expertos de los sectores directamente relacionados con la afectación de las emisiones a nivel global, los cuales se identifican tanto por los efectos en el clima y la</p>	<p>Precipitación y temperatura medida a través de la frecuencia y la intensidad</p>	<p>*Suelos (Pendientes y profundidad efectiva) *Índice de Aridez (precipitación y evapotranspiración) *Ecosistemas (Biomás naturales transformados, intervenidos y/o degradados) *Cobertura en función de la protección de otros recursos naturales *Erosión en zonas secas.</p>	<p>Capacidad socioeconómica: *Salud (discapacidad permanente, adolescente con hijo) *Educación (% con analfabetismo funcional, % de inasistencia escolar, atraso escolar, % de niños trabajando, adultos con secundaria incompleta o menos) *Vivienda (tipo de unidad de vivienda, fuente de agua para consumo, tipo de conexión sanitaria, exclusividad de los servicios sanitarios,</p>

Programa o proyecto en donde fue aplicado el análisis de vulnerabilidad	Descripción del análisis de vulnerabilidad			
	Descripción	Componentes		
		Exposición	Sensibilidad	Capacidad adaptativa
	<p>productividad como las relaciones entre el ambiente, los recursos naturales y las comunidades (sectores, población o sociedad). En consecuencia, el método además de ser un desarrollo conceptual y procedimental, facilita ver los resultados secuenciales de un tipo de investigación comprensiva y explícita.</p>			<p>material de los pisos, material de las paredes, eliminación de basuras, tipo de combustible para cocinar, hacinamiento) La capacidad de adaptación se determina con base en las condiciones de los involucrados para afrontar los potenciales daños, afectaciones o pérdidas, junto con las oportunidades que se deriven del cambio climático y/o variabilidad climática. Para la evaluación de la capacidad de adaptación se partió del análisis de las condiciones y capacidades técnicas, junto con los aspectos socioeconómicos actuales que pueden actuar como barreras u oportunidades. Capacidad institucional: *Resultados alcanzados en la producción de bienes y servicios, con el uso de insumos disponibles y la capacidad administrativa instalada. *Desempeño municipal: eficacia ((metas en productos del plan de desarrollo); b) eficiencia (mejoras en productos e insumos); c) requisitos legales</p>

Programa o proyecto en donde fue aplicado el análisis de vulnerabilidad	Descripción del análisis de vulnerabilidad			
	Descripción	Componentes		
		Exposición	Sensibilidad	Capacidad adaptativa
				(incorporación y uso de recursos transferidos); d) gestión (capacidad administrativa, desempeño fiscal); y e) contexto o entorno (orden público y relaciones).
"Proyecto Nacional de Adaptación al Cambio Climático - INAP-" (IDEAM y MAVDT 2011)	<p>El INAP es el primer proyecto de adaptación al cambio climático que se comenzó a realizar en el país. Y buscó apoyar en el proceso de evaluación de las implicaciones del cambio climático en los ecosistemas de alta montaña, además de otras problemáticas derivadas de cambio climático y la variabilidad climática como las enfermedades tropicales. Específicamente para los ecosistemas de alta montaña, de los cuales una parte importante de la población se beneficia, se realizó una evaluación de vulnerabilidad ambiental, sociocultural y económica tanto de los ecosistemas como de los sistemas de producción de alta montaña que sirviera de insumo para la implementación de estrategias de adaptación en el territorio.</p>	<p>*Condiciones climáticas actuales en términos de temperatura y precipitación *Línea base para el periodo 1971-2000 *Escenarios calculados para el periodo 2011-2041</p>	<p>*Grado de conservación de agua en los predios. *Conservación de suelo por medio de la implementación de prácticas de manejo y conservación de su fertilidad natural, y si logra aportes adicionales con prácticas agroecológicas. *Conservación de bosque y otras especies forestales de los predios. *Nivel de diversidad de los sistemas productivos en los predios (el predio debe tener diferentes tipos de subsistemas productivos que funcionan de manera integrada, con prácticas y alternativas sostenibles).</p>	<p>*Sostenibilidad económica: seguridad alimentaria, excedentes de mercado, ingresos por mano de obra o cubrimiento de la misma, ingresos adicionales basados en la productividad y rentabilidad del predio. *Seguridad alimentaria: áreas específicas o asociadas al sistema productivo, base alimentaria que incluye productos agrícolas y pecuarios que garanticen la alimentación de la familia y producción de excedentes para la alimentación de los animales, oferta de una variedad de productos que se comercialicen a un precio justo. *Indicador de sostenibilidad ecológica: necesidades básicas satisfechas (vivienda, acceso a la educación, acceso a salud, servicios), aceptabilidad del sistema de producción, integración social y conciencia</p>

Programa o proyecto en donde fue aplicado el análisis de vulnerabilidad	Descripción del análisis de vulnerabilidad			
	Descripción	Componentes		
		Exposición	Sensibilidad	Capacidad adaptativa
				ecológica.
<p>“Análisis interinstitucional y multisectorial de vulnerabilidad y adaptación al cambio climático para el sector agrícola de la cuenca alta del río Cauca impactando políticas de adaptación” (AVA, CDKN, 2013).</p>	<p>La construcción de la metodología de análisis de vulnerabilidad para este proyecto, se hizo con base en dos etapas: primero a partir de una amplia revisión bibliográfica sobre las metodologías utilizadas y segundo talleres y reuniones de consulta con los actores del territorio para identificar la vulnerabilidad en los municipios del área de influencia y los cultivos más susceptibles. Los indicadores definidos para la metodología fueron construidos participativamente en los talleres. Finalmente se seleccionaron una variedad de indicadores distribuidos en los factores que componen la vulnerabilidad como exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa. Para cada componente de la ecuación, se calculó el promedio de los diferentes</p>	<p>*Aporte del sistema productivo al PIB municipal. *Área cultivada (por cultivo)</p>	<p>*Áreas erosionadas *Aptitud climática (actual, 2030, 2050) *Coeficiente de variación de rendimiento</p>	<p>*Fragilidad por rasgos socio-demográficos *Necesidades básicas insatisfechas *Fragilidad por capital humano *Fragilidad ambiental *Rendimiento (ha/Año) *Índice de desarrollo humano *Inversión agrícola *Capacidad administrativa y fiscal (Gestión) *Cumplimiento de metas del plan de desarrollo (Eficacia) *Inversión ambiental</p>

Programa o proyecto en donde fue aplicado el análisis de vulnerabilidad	Descripción del análisis de vulnerabilidad			
	Descripción	Componentes		
		Exposición	Sensibilidad	Capacidad adaptativa
	<p>indicadores seleccionados. Es importante mencionar, que dentro de la metodología propuesta es posible realizar ponderaciones para cada indicador, enfatizando uno sobre el otro. Adicionalmente es posible realizar ponderaciones del peso de los diferentes componentes de vulnerabilidad. Sin embargo, dada la gran diversidad de perspectivas sobre vulnerabilidad expresadas durante los talleres no se usaron ponderaciones.</p>			
<p>"Huila 2050: preparándose para el cambio climático" (Gobernación del Huila y Ministerio de Medio Ambiente, 2014)</p>	<p>En el plan de adaptación presentado para el departamento del Huila, incluyó el análisis de vulnerabilidad como parte de los insumos para la realización del plan. Se tomó como base la definición de vulnerabilidad del IPCC (2001) y se generó un análisis de los indicadores posibles y factibles para el Huila, que pudiesen ser escalados a otros departamentos del país. Los resultados se presentan por medio de un análisis estadístico multivariable.</p>	<p>*Condiciones climáticas actuales en términos de temperatura y precipitación *Línea base para el periodo 1971-2000 *Escenarios calculados para el periodo 2011-2040</p>	<p>*Índice de uso del agua *Índice de sensibilidad ambiental *Escorrentía</p>	<p>*Dimensión biofísica (Representatividad de los ecosistemas, tasa de cambio promedio de las superficies de coberturas boscosas, uso de la tierra. *Dimensión económico-productiva (GINI de la tierra, variación del rendimiento, índice de variedad de producción alimentaria). *Dimensión político-institucional: (Índice de desempeño fiscal, índice de gestión del riesgo, inversiones en ambiente) *Dimensión social (Índice de ruralidad, índice de condiciones de vida, índice de desarrollo</p>

Programa o proyecto en donde fue aplicado el análisis de vulnerabilidad	Descripción del análisis de vulnerabilidad			
	Descripción	Componentes		
		Exposición	Sensibilidad	Capacidad adaptativa
				humano ajustado or violencia y concentración de la tierra, variación de incidencia del Dengue)
<p>Plan Regional Integral de Cambio Climático de la Región Capital, Bogotá Cundinamarca - PRICC- (IDEAM et al., 2014)</p>	<p>El modelo para el análisis y estimación de la vulnerabilidad, desarrollado por el PRICC para la región capital y Cundinamarca y sus instituciones socias, parte de las experiencias y propuestas metodológicas a disposición a nivel nacional y referencias internacionales; manteniendo como eje central el enfoque territorial y la sostenibilidad ambiental del territorio. El PRICC Región Capital comparte la estructura básica desarrollada por la Segunda Comunicación Nacional e integra los avances metodológicos y de información realizados en el estudio de vulnerabilidad de Páramos y Humedales Altoandinos (IDEAM – Ministerio de Ambiente, 2010) y el</p>	<p>Precipitación y temperatura medida a través de la frecuencia y la intensidad</p>	<p>*Sensibilidad ecosistémica: Condiciones edáficas (grado de pendiente, grado erosión, profundidad efectiva), provisión y regulación hídrica (índice de aridez, índice de regulación y retención hídrica, reserva de aguas subterráneas, rendimientos hídricos), Coberturas (calificación de cobertura, áreas deforestadas, fragmentación de bosques, ecosistemas estratégicos). *Sensibilidad de los sectores: actividad agrícola y actividad pecuaria (producción, consumo de agua, importancia en la alimentación), índice de uso del agua, déficit cualitativo de vivienda, viviendas afectadas. *Sensibilidad de población: índice</p>	<p>*Capacidad de adaptación en los ecosistemas: recursos predios de protección (1% ingresos corrientes de la Nación), saneamiento básico, mejoramiento ambiental (3% sector eléctrico), área protegida (figuras de protección y manejo del municipio) *Capacidad de adaptación en los sectores: presencia de organizaciones gremiales por municipio, centros de investigación, acceso a crédito, asistencia técnica. *Capacidad de adaptación socio-institucional: diagnóstico de la gestión del riesgo DGR-BM, estaciones meteorológicas por cuenca, inversión en atención de desastres y personas afectadas, cobertura en vacunación, cobertura en</p>

Programa o proyecto en donde fue aplicado el análisis de vulnerabilidad	Descripción del análisis de vulnerabilidad			
	Descripción	Componentes		
		Exposición	Sensibilidad	Capacidad adaptativa
	Programa Conjunto "Integración de ecosistemas y adaptación al cambio Climático en el Macizo Colombiano" (2008-2011).		de calidad de vida, tasa de mortalidad infantil, densidad de población, índice de pobreza multidimensional, índice de vulnerabilidad por desabastecimiento.	servicios de salud.

Fuente: (IDEAM, 2010; IDEAM, 2011; IDEAM *et al.*, 2014; Gobernación del Huila, 2014, AVA y CDKN, 2013).

La segunda experiencia corresponde al Proyecto Nacional de Adaptación al Cambio Climático –INAP- y es el primer proyecto de adaptación que se comenzó a realizar en el país. Éste buscó apoyar el proceso de evaluación de las implicaciones del cambio climático en los ecosistemas de alta montaña, además de otras problemáticas derivadas de cambio climático y la variabilidad climática como las enfermedades tropicales.

La Tabla 4-2 evidencia los indicadores utilizados específicamente para el análisis de vulnerabilidad para los ecosistemas de alta montaña como de los sistemas de producción que sirviera de insumo para la implementación de estrategias de adaptación en el territorio.

La tercera experiencia es el análisis interinstitucional y multisectorial de vulnerabilidad y adaptación al cambio climático para el sector agrícola de la cuenca alta del río Cauca. La construcción de esta metodología se desarrolló de manera participativa. Es decir, se llevaron a cabo talleres y reuniones de consulta y discusión con actores claves pertenecientes a la cuenca y en conjunto se construyó una definición de vulnerabilidad, que incluye aspectos biofísicos, político-institucionales, socio-culturales y económico-productivos. Durante estos talleres se eligieron los indicadores para cada dimensión y también reflejan los tres componentes principales de la vulnerabilidad definidos por el IPCC: exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa.

Como cuarta experiencia, se encuentra el análisis de vulnerabilidad en el Plan "Huila 2050: preparándose para el cambio climático". Con base en la definición de vulnerabilidad del IPCC (2001), se generó un análisis de los indicadores factibles para el Huila, que pudiesen ser escalados a otros departamentos del país. Los municipios fueron

categorizados de 1 a 5 según su nivel para cada uno de los indicadores, los indicadores sintéticos de impacto potencial, capacidad adaptativa y la vulnerabilidad. Se utilizó una escala de colores en función de factores de exposición (temperatura y precipitación), sensibilidad y de los 13 indicadores que fueron utilizados para medir la capacidad adaptativa en 4 dimensiones: social, biofísica, político-institucional y económico productiva. Estos indicadores son un reflejo del estado actual de cada municipio y son susceptibles a cambiar.

Finalmente, se encuentra el análisis de vulnerabilidad del Plan Regional Integral de Cambio Climático (PRIC-CC) Región Capital, Bogotá-Cundinamarca, aplicado en función del grado de exposición a las amenazas climáticas, la sensibilidad de los elementos constitutivos del territorio y la incidencia de la capacidad adaptativa para reducir los impactos potenciales.

Se consideraron elementos constitutivos del territorio como las condiciones biofísicas, la biodiversidad (en sus diferentes dimensiones: especies, ecosistemas y paisajes) y sus servicios ecosistémicos, los sectores productivos y las condiciones de vida de la población. Por su parte, la capacidad adaptativa se calculó en función de las características sociales, humanas, financieras, de gobernanza e institucionalidad existentes en la región. Estos elementos son valorados y considerados en el modelo para dar la estimación de vulnerabilidad territorial ante el cambio climático.

Como elementos complementarios para el análisis de vulnerabilidad se incluyeron: conflictos de uso del suelo, infraestructura vial, ubicación de embalses, centros urbanos y concesiones mineras. Adicionalmente, se recopiló y se espacializó geográficamente el registro de eventos de emergencia y desastre (inundaciones, deslizamientos e incendios forestales), así como los avances existentes en términos de estimación de susceptibilidad a este tipo de eventos. El objetivo de evaluar la vulnerabilidad, es brindar los insumos técnicos para la definición de criterios que conlleven a la formulación de medidas de adaptación y reducción de la vulnerabilidad, al ser incorporadas en la planificación y el ordenamiento territorial.

Valorando los estudios que en análisis de vulnerabilidad que se han aplicado en Colombia, se pueden concluir tres aspectos: primero, para el caso del proceso de adaptación al cambio climático en la región del Macizo Colombiano en el departamento

del Cauca y el PRICC en la Región Capital, se presentan adelantos de incluir los resultados del análisis de vulnerabilidad como una herramienta para la toma de decisiones de adaptación, incorporando éstas a su vez, a los instrumentos de planificación territorial, siendo este último proyecto, en un punto de partida para replicar en otras ciudades del país dado los indicadores incorporados en el análisis de vulnerabilidad, propios del sistema urbano.

Segundo, de acuerdo con las condiciones, necesidades y particularidades del territorio, el análisis de vulnerabilidad fue aplicado con base en información pertinente para cada caso, siguiendo las variables naturales que evidencian el nivel de exposición y sensibilidad a los efectos del cambio climático como las modificaciones en temperatura, precipitación e información biofísica, entre otros. Sin embargo, en todas las experiencias presentadas se puede observar la diversidad de indicadores para explicar cada variable y esto obedece a la disponibilidad de información, los recursos a evaluar, las personas expuestas, entre otros.

Y tercero, si bien es cierto que los adelantos presentados para el país se constituyen en el punto de partida para posteriores análisis y a su vez, para la construcción de planes de adaptación urbana, aún se percibe una debilidad en la incorporación de estos análisis propiamente en las ciudades, siendo éstas las principales productoras de GEI y las más vulnerables a los efectos del cambio climático, ya que como se puede observar en la mayoría de las experiencias, no se han aplicado en las grandes ciudades.

En este sentido, dado que en la ciudad de Medellín no se han presentado adelantos significativos frente al cambio climático, y en su POT incorpora esta problemática de manera tangencial, esta tesis propone avanzar en una propuesta metodológica para hacer un análisis de vulnerabilidad urbana como el punto de partida para conocer el nivel de preparación de la ciudad de Medellín frente a los impactos. Esto permitirá más adelante, la construcción de un plan de adaptación urbana para la ciudad como un instrumento de planificación en el contexto el cambio climático.

Este análisis de vulnerabilidad para Medellín se propone bajo la metodología aceptada por el IPCC que abarca los componentes de exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa, con la incorporación de variables propias del sistema urbano. Esto permitiría articular, el nivel de preparación de los ciudadanos con base en características propias

de la planificación territorial, articular una problemática de la que las ciudades se encuentran altamente expuestas como es el cambio climático, y por último, la posibilidad de incluir decisiones de políticas de adaptación, como instrumentos para la planificación de las ciudades.

Figura 4-1: Articulación ciudades-cambio climático



Fuente: Elaboración propia

En este sentido, a continuación se describirá la propuesta metodológica de análisis de vulnerabilidad para la ciudad de Medellín.

4.2 Análisis de vulnerabilidad urbana al cambio climático

Según Romero y Qin (2011), a pesar del creciente número de estudios sobre vulnerabilidad al cambio climático, existe poca investigación centrada específicamente en la conceptualización de la vulnerabilidad urbana. Esto es sorprendente cuando se considera que el mundo se está volviendo cada vez más urbanizado y que además de ser territorios expuestos a la variabilidad climática, se esperaría un mayor interés por la incorporación de respuestas climáticas innovadoras que permitan mitigar los efectos de esta problemática.

De acuerdo con los autores, de los adelantos que se han encontrado de vulnerabilidad urbana, es posible hacer una diferenciación de las maneras en cómo se ha abordado el concepto en la academia. En este sentido, se han identificado dos categorías como son: vulnerabilidad urbana como un impacto o resultado y la vulnerabilidad interna o definida también como un proceso (Romero y Qin, 2011).

En primer lugar, se encuentra la “vulnerabilidad urbana como impacto” o vulnerabilidad biofísica. Ésta se define como la cantidad de daño a un sistema por una amenaza climática. Dentro de esta categoría a su vez, existen dos grupos que la estudian, la primera explora cómo el cambio en las variables climáticas, influye en aspectos como la mortalidad y la morbilidad y también explora cómo algunos factores tales como la edad, el sexo y el estado socioeconómico pueden ser factores de riesgo en la salud. En general evalúan los análisis en términos de pérdidas de vidas, daños o pérdidas económicas.

El segundo grupo estudia las ciudades a una escala más reducida, identificando cómo los escenarios de cambio climático global afectan a los centros urbanos en términos de temperatura, aumentos de nivel del mar, efectos de isla de calor urbano, tormentas, inundaciones entre otros. En algunos casos también se exploran las opciones de adaptación bajo escenarios socioeconómicos plausibles, para ver cómo estos impactos pueden ser reducidos.

A pesar de los adelantos de estos estudios, este enfoque omite algunos aspectos importantes a considerar como: la afectación de las ciudades de manera diferencial, el nivel de recepción de los ciudadanos frente a las opciones de adaptación, si cuentan con las habilidades necesarias, la conciencia y los recursos para ser capaces de adaptarse; y cómo sus opciones potenciales de adaptación pueden ser limitados por las circunstancias sociales, económicos, políticos y ambientales en las que viven.

La segunda categoría se refiere a la vulnerabilidad urbana “interna” o “inherente”. Ésta es definida como un proceso dinámico basado en las condiciones inherentes del sistema para responder a los efectos del cambio climático. Es decir, el estado de la ciudad antes de enfrentar un evento relacionado con una determinada amenaza, siendo estas condiciones inherentes los factores económicos, sociales e institucionales dentro de la ciudad y su vulnerabilidad se explica por la disminución de alguno de estos factores.

Ahora bien, para Romero y Qin (2011) este enfoque basado en las condiciones inherentes posee restricciones. A diferencia de la vulnerabilidad como impacto, la vulnerabilidad inherente no se enfoca en la exposición a los impactos de los peligros cambiantes, su comportamiento y evolución en el tiempo. Y además, no alcanza a proporcionar las causas de cómo los cambios en estos factores se relacionan con la exposición y susceptibilidad al cambio climático en el tiempo.

4.3 Enfoque integrado de vulnerabilidad urbana para la ciudad de Medellín

Un enfoque integrado de vulnerabilidad urbana para la ciudad de Medellín debe combinar características de la vulnerabilidad inherente (social) de la ciudad con su exposición a los factores de riesgo biofísico externo (Lampis, 2013b), es decir, una vulnerabilidad externa en función de la potencial amenaza que trae consigo la variabilidad climática y el cambio climático.

Ahora bien, la pregunta a responder es entonces ¿Cuáles podrían ser los indicadores más aptos que podrían explicar la vulnerabilidad urbana para Medellín y que se encuentren relacionadas con la dimensión de exposición? Para responder esta pregunta, hay que hacer referencia a los conceptos de exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa que son claves para la definición de los indicadores.

- **Exposición**

Según el IPCC (2001, p. 184), la exposición se refiere a “el tipo y grado en que un sistema está expuesto a variaciones climáticas importantes”. Se relaciona con el nivel de estrés o peligro que puede sufrir un sistema (en este caso la ciudad) frente a un cambio en las variables climáticas. También, puede representarse como un cambio en las condiciones climáticas a largo plazo, en donde se incluyen tanto la magnitud como la frecuencia de eventos extremos (Monterroso, 2012).

De los indicadores climáticos más utilizados, de acuerdo con las referencias bibliográficas y las experiencias presentadas en el apartado anterior de este capítulo, se encuentra la temperatura y la precipitación. Mientras que la temperatura se define como la magnitud física que refleja la cantidad de calor ya sea de un cuerpo, de un objeto o del ambiente, la precipitación se refiere al agua que cae en la superficie terrestre desde la atmósfera.

Estos indicadores de temperatura y precipitación son presentadas de dos maneras: la primera correspondiente a las tendencias históricas hasta la fecha actual para evidenciar el comportamiento que han presentado estas variables sobre la ciudad de Medellín, información que fue obtenida del IDEAM (2016). La segunda, corresponde a un escenario futuro que se plantea de forma creciente con base en una proyección

de datos históricos. Para el caso de ambos indicadores se escogieron los valores máximos anuales, de tal forma que se pudiera evidenciar los efectos climáticos.

Para la temperatura, se realizó proyecciones para el periodo 2015-2040 (cálculos del autor), en donde se evidencia un aumento de este indicador para este periodo. Para la precipitación, por su parte, se escogió un escenario cuyo incremento fue superior a la temperatura (proyecciones realizadas por el autor)⁹.

La Figura 4-2 y la Figura 4-3, presentan los valores para temperatura y precipitación máxima anual para el periodo 1941-2015 para Medellín, así como la línea de tendencia de los datos.

⁹ Para realizar la extrapolación de los datos obtenidos del IDEAM en el periodo 1941-2015, el autor realizó en primer lugar, una eliminación de los valores extraños o "outliers". Una manera de realizar este proceso es haciendo uso de las propiedades de la desviación típica, donde se espera que el 99.95 % (0.9995) de las observaciones se encuentren en el intervalo $\{\bar{x} - 3s | \bar{x} + 3s\}$. Así, al construir este intervalo, los valores externos a él no pertenecen con seguridad a la distribución y pueden eliminarse. Usualmente se aplica una prueba más restrictiva conocida como criterio de *Chauvenet*, que indica que una observación puede eliminarse, si la probabilidad de obtener una desviación particular en valor promedio es menor de $1/2n$; los valores de esta razón de desviación aceptable se muestran en la siguiente tabla:

Número de lecturas n	Razón de desviación máxima aceptable
3	1.38
4	1.54
5	1.65
6	1.73
7	1.80
10	1.96
15	2.13
25	2.33
50	2.57
100	2.81
300	3.14
500	3.29
1000	3.48

Fuente: Suárez y Peña (2008; pp. 10-11)

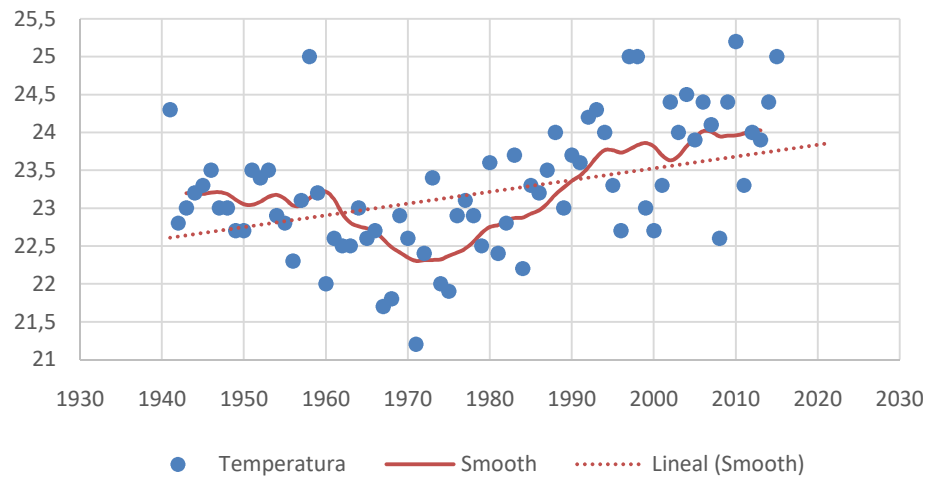
Con los datos suavizados se da paso a la extrapolación de los mismos. Para la temperatura, los escenarios fueron calculados bajo la ecuación:

$$\text{SMOOTH} = \sqrt{-183.057 + 0.000184212 \cdot \text{AÑO}^2}$$

Mientras que para los datos de precipitación, la ecuación que más se ajustaba (el R^2 más cercano a 1) fue la siguiente:

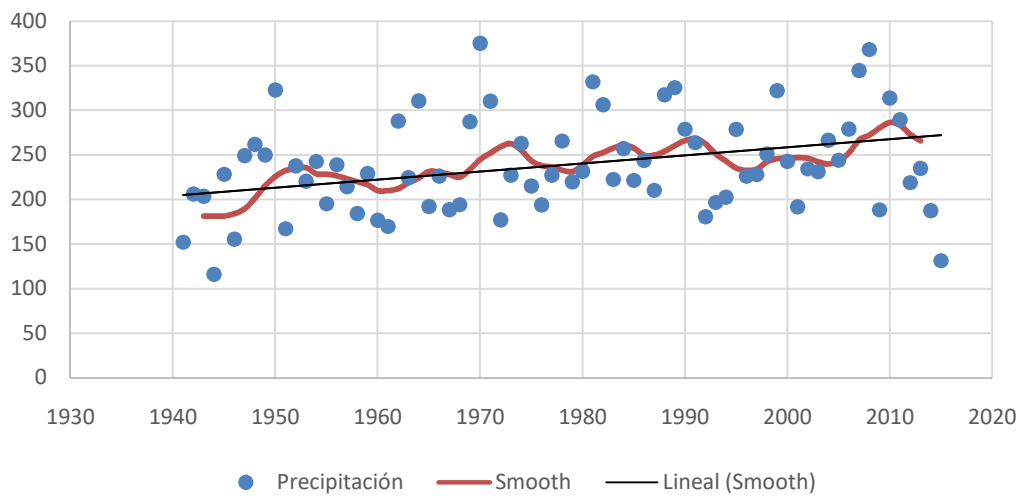
$$\text{Col}_3 = \sqrt{-6.31434\text{E}6 + 839519 \cdot \ln(\text{AÑO})}$$

Figura 4-2: Temperatura máxima anual para Medellín 1941-2015



Fuente: Cálculos del autor con base en los datos del IDEAM, 2016

Figura 4-3: Precipitación máxima anual para Medellín 1941-2015



Fuente: Cálculos del autor con base en los datos del IDEAM, 2016

Respecto a los escenarios escogidos, los resultados de temperatura para el año 2040 presentan un aumento del indicador de $0,45^{\circ}\text{C}$, siendo éste un aumento significativo con base en un crecimiento constante de la economía de la ciudad en todos sus sectores, así como en el crecimiento del parque automotor y emisiones de GEI (indicadores escogidos que fomentan un aumento en la temperatura). Los escenarios de precipitación se observó un aumento en la precipitación del 8,32% para 2040 siendo éste el menor cambio registrado de los escenarios propuestos.

Vale la pena aclarar que el IDEAM cuenta con sus propios modelos y escenarios de cambios en el clima, donde se estima que para el departamento de Antioquia para el año 2040, se presente un aumento en la temperatura de 0,8 C°, de la misma forma que para la precipitación se espera un aumento del 4,88% para el mismo año. Si bien estas modificaciones en el clima corresponden al departamento, son proyecciones menores en comparación con las escogidas para Medellín que corresponden a una propuesta del autor, con el fin de evidenciar un escenario crítico específicamente para la ciudad, siendo ésta donde se ubica la mayor parte de la población del departamento y por su importancia en términos económicos y sociales (IDEAM, 2015b).

No obstante, cualquiera sea la metodología adoptada, las figuras de temperatura y precipitación evidencia un cambio en los indicadores para los próximos años que si bien, presenta resultados pequeños en comparación con aumentos de temperatura y precipitación en otras ciudades, no implica evidenciar un posible impacto frente al fenómeno del calentamiento global y el cambio climático.

Los indicadores de precipitación y temperatura históricos serán agrupados en el subíndice de variables climáticas de base, mientras que los indicadores que corresponden a los escenarios fueron agrupados en el subíndice de variables climáticas futuras.

De los indicadores escogidos para explicar la exposición al cambio climático, también se encuentra la frecuencia de eventos extremos, definida por el IPCC (2011, p. 184) como un “Fenómeno raro dentro de su distribución estadística de referencia en un lugar determinado”. Las condiciones climáticas pueden aumentar los eventos tanto en magnitud como en frecuencia. Para la ciudad de Medellín, de acuerdo con la información disponible, se tiene información de eventos como inundaciones, incendios y movimientos masa, indicadores que fueron escogidos para el subíndice de la frecuencia de eventos extremos.

Tabla 4-3: Frecuencia de eventos extremos 2007-2014

AÑO	Deslizamiento		Inundación		Incendio		Total	
	Nro.	%	Nro.	%	Nro.	%	Nro.	%
2007	2.236	9%	243	14%	21	6%	2.500	9%
2008	4.674	19%	314	19%	67	18%	5.055	19%
2009	2.092	8%	211	12%	61	16%	2.364	9%
2010	3.516	14%	209	12%	46	12%	3.771	14%

2011	2.848	12%	102	6%	36	10%	2.986	11%
2012	3.073	12%	216	13%	46	12%	3.335	12%
2013	3.241	13%	210	12%	51	14%	3.502	13%
2014	2.954	12%	190	11%	48	13%	3.192	12%
Total	24.634	92%	1.695	6%	377	1%	26.705	100%

Fuente: Cálculos del autor con base en los datos del Departamento Administrativo de Planeación Municipal de la Alcaldía de Medellín, 2015

Como se puede observar en la Respecto a los escenarios escogidos, los resultados de temperatura para el año 2040 presentan un aumento del indicador de 0,45C°, siendo éste un aumento significativo con base en un crecimiento constante de la economía de la ciudad en todos sus sectores, así como en el crecimiento del parque automotor y emisiones de GEI (indicadores escogidos que fomentan un aumento en la temperatura). Los escenarios de precipitación se observó un aumento en la precipitación del 8,32% para 2040 siendo éste el menor cambio registrado de los escenarios propuestos.

Vale la pena aclarar que el IDEAM cuenta con sus propios modelos y escenarios de cambios en el clima, donde se estima que para el departamento de Antioquia para el año 2040, se presente un aumento en la temperatura de 0,8 C°, de la misma forma que para la precipitación se espera un aumento del 4,88% para el mismo año. Si bien estas modificaciones en el clima corresponden al departamento, son proyecciones menores en comparación con las escogidas para Medellín que corresponden a una propuesta del autor, con el fin de evidenciar un escenario crítico específicamente para la ciudad, siendo ésta donde se ubica la mayor parte de la población del departamento y por su importancia en términos económicos y sociales (IDEAM, 2015b).

No obstante, cualquiera sea la metodología adoptada, las figuras de temperatura y precipitación evidencia un cambio en los indicadores para los próximos años que si bien, presenta resultados pequeños en comparación con aumentos de temperatura y precipitación en otras ciudades, no implica evidenciar un posible impacto frente al fenómeno del calentamiento global y el cambio climático.

Los indicadores de precipitación y temperatura históricos serán agrupados en el subíndice de variables climáticas de base, mientras que los indicadores que corresponden a los escenarios fueron agrupados en el subíndice de variables climáticas futuras.

De los indicadores escogidos para explicar la exposición al cambio climático, también se encuentra la frecuencia de eventos extremos, definida por el IPCC (2011, p. 184) como un “Fenómeno raro dentro de su distribución estadística de referencia en un lugar determinado”. Las condiciones climáticas pueden aumentar los eventos tanto en magnitud como en frecuencia. Para la ciudad de Medellín, de acuerdo con la información disponible, se tiene información de eventos como inundaciones, incendios y movimientos masa, indicadores que fueron escogidos para el subíndice de la frecuencia de eventos extremos.

Tabla 4-3, en el periodo observado, los indicadores de deslizamientos, inundaciones e incendios, comienzan a tener una mayor incidencia desde el año 2010, fecha en la cual el país sufrió la ola invernal, aunque es importante anotar que en 2008 también se presentaron un número importante de eventos en la ciudad. Si bien es cierto que el número de eventos es un indicador relevante para el análisis, no se cuenta con información específica sobre el tamaño o la gravedad de los eventos.

Respecto a la incidencia en las enfermedades, para la ciudad se ha escogido el indicador de incidente del dengue, enfermedad transmitida por vectores que ha cobrado importancia en los últimos años dado el aumento de casos reportados. Este aumento de enfermedades transmitida por vectores obedece a los aumentos de temperatura que en décadas pasadas no se presentaba. Como se puede observar en la Tabla 4-4, desde el año 2012 se han presentado un gran número de casos que han venido en aumento, presentando un incremento entre 2013 y 2014 del 91%.

Vale la pena anotar la incidencia en el número de afectaciones que tuvo consigo la ola invernal en 2010, ya que se evidencia un alto número de personas afectadas para ese año, correspondiente a más de 15.800 casos en la ciudad.

Tabla 4-4: Incidencia del Dengue 2000-2015

Año	Incidencia del Dengue
2000	141
2001	308
2002	1.354
2003	3.025
2004	706
2005	655
2006	1.283

2007	2.513
2008	180
2009	401
2010	15.894
2011	847
2012	721
2013	2.156
2014	2.311
2015	4.412
TOTAL	36.907

Fuente: Departamento Administrativo de Planeación Municipal, 2015

El índice de exposición al cambio climático será calculado para dos momentos. El primero sería el índice de exposición base que corresponde la suma de los subíndices escogidos haciendo énfasis en las variables climáticas de base y omitiendo las variables climáticas futuras. Este índice permite conocer el nivel de exposición al cambio climático en la ciudad de Medellín actualmente. El segundo, corresponde al índice de exposición futura donde se incluyen las variables climáticas futuras, para conocer el grado en que aumenta o disminuye el nivel de exposición de la ciudad, frente a un cambio en el clima, mientras que los demás indicadores no presentan una modificación en el tiempo.

La literatura provee dos vertientes para el análisis de los indicadores escogidos. El primero asume que todos los indicadores tienen la misma importancia y así se les asignan los mismos pesos. El segundo, asigna diferentes pesos para evitar la incertidumbre que significa la misma valoración, dada la diversidad de los indicadores aplicados (Monterroso, 2012). En este documento se utilizará la primera vertiente correspondiente a la asignación por el mismo peso, ya que se considera que todos los indicadores son igual de importantes para explicar la vulnerabilidad.

Si bien, los valores máximos de cada uno de los indicadores corresponden a información de vital importancia sobre la incidencia de estos indicadores sobre el análisis de vulnerabilidad, se tomó como base los valores del último año observado (periodo 2014-2015), de tal forma que dieran cuenta sobre un análisis de la situación actual pero a su vez, que no fuese distorsionado por los eventos presentados en 2010 con la ola invernal, que como se puso observar con el análisis de información anterior, correspondió a un periodo atípico en comparación con los demás.

Los datos utilizados para explicar el nivel de exposición al cambio climático correspondieron a la frecuencia de eventos extremos en la ciudad de Medellín, la incidencia en las enfermedades causadas por la variabilidad climática y los cambios en la temperatura y precipitación como se explicó anteriormente¹⁰ La Tabla 4-5 presenta la información resumen de los indicadores, el último valor observado del conjunto de datos correspondiente al año 2014, la media de cada conjunto de datos, así como la desviación estándar..

Tabla 4-5: Indicadores de índice de exposición

Categoría	Valor observado en 2014-2015 (X_i)	Promedio (\bar{x})	Desviación estándar ($\frac{DS}{\sqrt{n}}$)	Estandarización (Z)	Fuente de información
1. Frecuencia de eventos extremos					
Deslizamiento	2.954	3.079	803	-0,2	Departamento Administrativo de Planeación Municipal, 2015
Inundación	190	212	59	-0,4	
Incendio	48	47	14	0,1	
2. Variables climáticas de base					
Temperatura base 1941-2015	25	23,33	0,86	1,9	IDEAM, 2016
Precipitación base 1941-2015	277,10	265,68	60,02	0,2	
3. Variables climáticas futuras					
Temperatura futura 2016-2040	24,15	23,97	0,114	1,62	Cálculos del autor
Precipitación futura 2016-2040	285,28	276,40	5,512	0,55	
4. Enfermedades					
Incidencia del Dengue 2000-2014	4.412	2.307	3.815,40	0,55179	Departamento Administrativo de Planeación

¹⁰ Todos los valores de las variables fueron estandarizados para eliminar las diferentes escalas y hacerlos comparables entre sí, de acuerdo con la siguiente ecuación (Monterroso, 2012):

$$Z = \frac{X_i - x}{DS}$$

Donde Z representa el valor estandarizado, X_i el valor observado, x el valor medio del conjunto de valores i , y DS la desviación estándar del conjunto de valores i .

Categoría	Valor observado en 2014-2015 (\bar{x}_i)	Promedio (\bar{x})	Desviación estándar (σ)	Estandarización (z)	Fuente de información
					Municipal, 2015

Fuente: Elaboración propia

Dado que para cada uno de los indicadores se buscó una participación igualitaria de acuerdo con la vertiente escogida, para encontrar el índice de exposición base se calculó el promedio aritmético de cada subíndice: frecuencia de eventos extremos (*FEX*), variables climáticas de base (*VCB*) y enfermedades (*IE*). Adicionalmente, con base en un promedio ponderado, se sumaron los resultados así:

$$\text{Índice de Exposición}_{Base} = FEX + CVB + IE \quad (4.3)$$

De la misma forma, el índice de exposición futura fue calculado con base en los subíndices de frecuencia de eventos extremos (*FEX*), variables climáticas futuras (*CVF*) y enfermedades (*IE*), así:

$$\text{Índice de Exposición}_{Futura} = FEX + CVF + IE \quad (4.4)$$

Los resultados obtenidos fueron ubicados en una escala de 0 a 1, siendo 0 el valor menos expuesto y 1 el valor más expuesto. Para el índice de exposición base se tiene un valor de 0,49, ubicado en la tabla en una escala media, lo que permite concluir que Medellín, para esta dimensión externa tiene un nivel de exposición medio. El índice de exposición futura por su parte, se ubicó en 0,67 en una escala alta, teniendo en cuenta los demás indicadores constantes (Ver Tabla 4-6).

Tabla 4-6: Índice de exposición base y futura al cambio climático en Medellín

ESCALA		Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
		0- 0,20	0,21-0,40	0,41-0,61	0,61-0,80	0,81-1
Índice de Exposición Base	0,49			X		
Índice de Exposición Futura	0,67				X	

Fuente: Elaboración propia

Es importante anotar, que los diferentes enfoques presentados en el apartado anterior se presentaron diversos indicadores para explicar el nivel de exposición de algunas experiencias nacionales e internacionales, sin embargo, para la ciudad de Medellín se escogieron estos tres indicadores debido a su disponibilidad de información y porque se

considera que podrían explicar adecuadamente el nivel de exposición de la ciudad y su incidencia en el futuro.

- **Sensibilidad**

Monterroso (2012) se refiere a la sensibilidad como la habilidad que tiene un sistema ambiental para enfrentar un peligro o disturbio climático. Smit et al (2009), por su parte, lo define como el grado en que un sistema es afectado, o su capacidad de respuesta a un estímulo, en este caso, climático; y para el IPCC (2001) el nivel en el que un sistema resulta afectado, ya sea negativa o positivamente, por estímulos relacionados con el clima. El efecto puede ser directo (por ejemplo, un cambio en la producción de las cosechas en respuesta a la media, gama o variabilidad de las temperaturas) o indirecto (los daños causados por un aumento en la frecuencia de inundaciones costeras debido a una elevación del nivel del mar).

Los indicadores escogidos para explicar el índice de sensibilidad al cambio climático en Medellín, corresponden a aquellos que podrían verse afectados en respuesta a las modificaciones en el clima que podrían perturbar las condiciones urbanas y sociales que afecten las condiciones de vida y de salud de la población urbana.

El primer subíndice corresponde al de residuos sólidos que se producen en toda una serie de establecimientos en la ciudad. De las unidades residenciales y demás instituciones tales como escuelas, edificios públicos, hospitales, hoteles y otros establecimientos comerciales. Mantener estos indicadores como parte del índice de vulnerabilidad, permite conocer el seguimiento de la cantidad de residuos sólidos que se recolectan en el periodo escogido, a partir de las pautas de producción y consumo.

También sirve para que las entidades prestadoras del servicio planifiquen su gestión y el manejo adecuado de los mismos. El uso inadecuado de éstos puede poner en alto riesgo la salud de la población y su producción inadecuada sin hacer la separación, también acarrea consecuencias negativas para la ciudad. De esta forma, entre mayor sea la producción de residuos sólidos, la ciudad correrá el riesgo de ser más vulnerable.

Tabla 4-7: Subíndice de residuos sólidos

Año	Residuos sólidos recolectados	Residuos sólidos generados
2.010	509.459	519.850

2.011	525.467	535.806
2.012	538.549	547.021
2.013	553.599	589.428
2.014	589.595	605.887
Total	2.716.669	2.797.992

Fuente: Departamento Administrativo de Planeación Municipal, 2015

La Tabla 4-7 muestra el total de residuos que la ciudad ha generado desde 2010 a 2014 correspondiente a 2.797.992 toneladas que, en comparación con los residuos sólidos recolectados por las entidades especializadas que ha sido menor, equivalente a 2.716.669 toneladas. Este crecimiento en la producción de residuos sólidos genera un deterioro progresivo del ambiente urbano así como de las condiciones de salud de la población.

El segundo subíndice se refiere al recurso hídrico que está compuesto por dos indicadores. Uno correspondiente al volumen de aguas residuales que se refiere al total de agua consumida por los diversos sectores como el residencial, comercial, industrial, etc. Estas aguas residuales se depositan en el río, luego de pasar por un proceso de filtrado para que no llegue tan contaminada, sin embargo, su afectación al recurso hídrico y al medio ambiente es importante.

Tabla 4-8: Indicador de volumen anual de aguas residuales tratadas en Medellín

AÑO	Volumen anual de aguas residuales tratadas
2.010	41.306.333
2.011	43.271.027
2.012	42.698.238
2.013	44.526.200
2.014	42.676.031
Total	214.477.829

Fuente: Departamento Administrativo de Planeación Municipal, 2015

Es importante tener en cuenta el análisis de este indicador ya que el nivel potencial de contaminación procedente de fuentes domésticas e industriales/comerciales que entran al medio acuático, contribuiría a identificar a las comunidades en las que se requieren medidas para tratar las aguas residuales a fin de proteger el ecosistema (Ver Tabla 4-8). Estas fluctuaciones pueden tener varias razones, entre ellas el volumen de agua utilizada en el periodo en las unidades residenciales o el nivel de producción de las industrias.

El segundo indicador se refiere a la demanda de agua en la ciudad. El análisis de este indicador es muy importante, pues de su acceso depende la calidad de vida asociada a la salubridad, además de que es una de las necesidades vitales de la población. Esta demanda del recurso hídrico ha venido en aumento en el periodo de estudio, ya que al ser una necesidad vital, crece a la par que crece la población (Ver Tabla 4-9).

Tabla 4-9: Indicador de volumen anual de aguas residuales tratadas en Medellín

Demanda de agua	Metros cúbicos por segundo (m³/s)	Crecimiento
2005	9,8	
2006	10,4	6%
2007	10,7	3%
2008	10,9	2%
2009	11,1	2%
2010	11,4	3%
2011	11,6	2%
2012	11,9	3%
2013	12,2	2%
2014	12,4	2%
Total periodo	112,4	

Fuente: Plan Ambiental de Medellín -PAM-, 2012

No obstante, su demanda también está condicionada a la oferta del recurso y éste en épocas de fenómenos climáticos extremos puede verse altamente afectado, lo que podría perjudicar las necesidades de la población, especialmente en épocas de sequía. Es por esto, que su inclusión dentro del índice de sensibilidad es primordial.

El tercer subíndice corresponde a la calidad del aire, compuesto por dos indicadores como son la presencia del parque automotor en la ciudad a 2014 y el nivel de emisiones de CO₂ en la atmósfera para el mismo año. Para ambos indicadores se calculó un escenario de crecimiento 2040 con el fin de conocer la vulnerabilidad de la ciudad futura, teniendo en cuenta la importancia del parque automotor en su afectación con el medio ambiente y las emisiones de CO₂ en la ciudad dado que es uno de los gases que más aporta al calentamiento global.

Respecto a la presencia del parque automotor, se observa como en el periodo 2010-2014 se ha presentado un aumento de más del 30%. Este alto crecimiento afecta a la ciudad en vías: por un lado, disminuye la movilidad por el gran número de vehículos y por el otro

lado, el aporte a la contaminación al medio ambiente sus efectos en la salud especialmente enfermedades respiratorias, ocasionadas por los gases que emiten los vehículos como el monóxido de carbono (CO), hidrocarburos (HC), óxidos de nitrógeno y humo (Martínez, *et al.*; 2007).

Tabla 4-10: Crecimiento del parque automotor en Medellín

Año	Número
2010	936.365
2011	1.018.257
2012	1.100.148
2013	1.181.817
2014	1.234.946
Total	5.471.533

Fuente: Departamento Administrativo de Planeación Municipal, 2015

La concentración de CO₂ corresponde al segundo indicador del subíndice de Calidad del aire, cuyos cálculos fueron realizados para la ciudad de Medellín, con base en información sustraída de Agudelo (2010) donde fue calculado el aporte de CO₂ a la atmósfera para el Valle de Aburrá (Ver Tabla 4-11). Adicionalmente, se proyectaron escenarios de crecimiento a 2040 dada la importancia de este indicador para los efectos del cambio climático y por ende sobre en análisis de vulnerabilidad.

Tabla 4-11: Indicador de Emisión de CO₂

AÑO	Población	Emisión de kilos de CO₂ per cápita año en Medellín	En toneladas	Participación de la producción anual
2005	2.214.494	1.357.266.916	1.357.267	9,5%
2006	2.239.003	1.372.288.521	1.372.289	9,6%
2007	2.265.244	1.388.371.672	1.388.372	9,7%
2008	2.291.378	1.404.389.242	1.404.389	9,8%
2009	2.317.336	1.420.298.942	1.420.299	9,9%
2010	2.343.049	1.436.058.481	1.436.058	10,1%
2011	2.368.282	1.451.523.827	1.451.524	10,2%
2012	2.393.011	1.466.680.271	1.466.680	10,3%
2013	2.417.325	1.481.582.360	1.481.582	10,4%
2014	2.441.123	1.496.168.192	1.496.168	10,5%
Total	2.441.123	14.274.628.425	14.274.628	100,0%

Nota: Se construyó el indicador con base en la población habitante de la ciudad de Medellín, tomando como base una emisión en CO2 de 612,9016 kilos per cápita para 2002.

Fuente: Agudelo, 2010

El cuarto subíndice corresponde a la población, donde se escogió el indicador de incidencia de la pobreza debido a la incidencia que los efectos del cambio climático traen con las personas en condiciones más vulnerables. Carmin *et al.*, (2012) argumentan que las ciudades de bajos ingresos o en vías de desarrollo, tienen una mayor probabilidad de sufrir los efectos del cambio climático como en aumento de las enfermedades y muerte de estas poblaciones. Es por esto que fue escogido como uno de los indicadores para explicar la sensibilidad al cambio climático.

Tabla 4-12: Indicadores del subíndice de población de Medellín

Año	Incidencia de pobreza (%)	Mortalidad general (%)
2011	19,2	5,1
2012	17,7	5
2013	16,1	4,9

Fuente: Departamento Administrativo de Planeación Municipal, 2014

El segundo indicador es el índice de mortalidad general, definido como el porcentaje de muertes ocurridas por todas las causas de enfermedad en la ciudad. El incremento de este indicador, contribuye a aumentar la vulnerabilidad de la población, especialmente, si las muertes ocurridas se relacionan con incrementos en la temperatura, la precipitación o muerte accidental por eventos extremos.

La Tabla 4-13 presenta la información resumen de los indicadores, el último valor observado del conjunto de datos correspondiente al año 2014, la media de cada conjunto de datos, así como la desviación estándar, de la misma forma que se realizó con el índice de exposición. Todos los valores de las variables fueron estandarizados para eliminar las diferentes escalas y hacerlos comparables entre sí, de acuerdo con la ecuación 4.1. Como se puede observar en la tabla, los datos utilizados para explicar el nivel de sensibilidad al cambio climático correspondieron a la presencia de residuos sólidos, recurso hídrico, población y calidad del aire.

Tabla 4-13: Indicadores de índice de sensibilidad

Categoría	Valor observado en 2014-2015 (\bar{x}_i)	Pror_edio (\bar{x})	Desviación estándar (σ)	Estandarización (z)	Fuente de información
-----------	--	-----------------------	--------------------------------	-----------------------	-----------------------

1. Residuos sólidos					
Residuos sólidos recolectados 2010-2014	589.595	543.333,8	30.557,69	1,51	Departamento Administrativo de Planeación Municipal, 2015
Residuos sólidos generados 2010-2014	605.887	559.598,4	36.526,16	1,26	
2. Recurso hídrico					
Volumen anual de aguas residuales tratadas	42.676.031	42.895.566	1.163.264	-0,18	Departamento Administrativo de Planeación Municipal, 2015
Demanda de Agua	12,4	11,24	0,82	1,41	Martínez, et al, 2007
3. Calidad del Aire de base					
Emisión total en kilos de co2 anual 2005-2015	1.510.387	1.435.001	51.161	1,47	Agudelo, 2010
Parque automotor circulante 2010-2014	1.234.946	1.094.307	120.624	1,16	Departamento Administrativo de Planeación Municipal, 2015
4. Calidad del Aire futuro					
Emisión total en kilos de co2 anual 2016-2040	2.106.228	2.105.450	476,55	1,63	Cálculos del autor
Parque automotor circulante 2015-2040	3.224.328	2.273.426	581.840	1,63	
5. Población					
Incidencia de pobreza	16	18	2	-1,01	Departamento Administrativo de Planeación Municipal, 2015
Tasa de mortalidad por cada mil habitantes	4,9	5,0	0,1	-1	

Fuente: Elaboración propia

Dado que para cada uno de los indicadores se buscó una participación igualitaria de acuerdo con la vertiente escogida, para encontrar el índice de sensibilidad base se calculó el promedio aritmético de cada subíndice: residuos sólidos (RS), calidad del aire de base (CAB), recurso hídrico (RH) y población (PB). Adicionalmente, con base en un promedio ponderado, se sumaron los resultados así:

$$\text{Índice de Sensibilidad}_{Base} = RS + CAB + RH + PB \quad (4.5)$$

De la misma forma, índice de sensibilidad futura fue calculado con base en los subíndices de residuos sólidos (RS), calidad del aire futura (CAF), recurso hídrico (RH) y población (PB), así:

$$\text{Índice de Sensibilidad}_{Futura} = RS + CAF + RH + PB \quad (4.6)$$

Los resultados obtenidos fueron ubicados en una escala de 0 a 1, siendo 0 el valor menos sensible y 1 el valor más sensible. Para el índice de sensibilidad base se tiene un

valor de 0,58, ubicado en la Tabla 4-14 en una escala media, lo que permite concluir que Medellín, para esta dimensión interna tiene un nivel de sensibilidad media. El índice de sensibilidad futura por su parte, se ubicó en 0,66 en una escala alta, teniendo en cuenta los demás indicadores constantes.

Tabla 4-14: Índice de sensibilidad base y futura al cambio climático en Medellín

ESCALA		Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
		0- 0,20	0,21-0,40	0,41-0,61	0,61-0,80	0,81-1
Índice de Sensibilidad Base	0,58			X		
Índice de Sensibilidad Futura	0,66				X	

Fuente: Elaboración propia

Es importante anotar que los diferentes enfoques presentados en el apartado anterior se presentaron diversos indicadores para explicar el nivel de sensibilidad de algunas experiencias nacionales e internacionales, sin embargo para la ciudad de Medellín se escogieron estos indicadores debido a su disponibilidad de información y porque se considera que podrían explicar el nivel de sensibilidad de la ciudad y su incidencia en el futuro.

- **Capacidad adaptativa**

La capacidad adaptativa describe la habilidad de un sistema de ajustarse a condiciones actuales o esperadas, o bien, de enfrentar las consecuencias. Luers *et al.*, (2003) sugieren que es la capacidad de un sistema en modificar sus circunstancias para moverse a una condición menos vulnerable. Puede considerarse una función de la salud, tecnología, educación, información, habilidad, infraestructura, acceso a recursos, estabilidad y capacidad de manejo (O’Brien *et al.*, 2004) dentro de un sistema.

Aunque no existe un listado de indicadores que permita analizar la capacidad adaptativa, autores como Brooks y Adger (2006) sugieren que deben ser construidos para cada caso particular y en especial, de acuerdo al sistema que se desee evaluar. Aún así, los indicadores seleccionados debe proveer información útil de los factores, procesos y estructuras que pueden aumentar o disminuir la capacidad adaptativa (Adger *et al.*, 2007).

La capacidad adaptativa puede tener dos dimensiones, una genérica y otra específica. La primera se refiere a indicadores del tipo educación, ingreso y salud, mientras que la última hace referencia a indicadores particulares sobre un determinado impacto (sequía, inundación) y se puede relacionar con instituciones, conocimiento y tecnología (Adger *et al.*, 2007; Tol y Yohe, 2007) características de ese sistema.

Para el caso particular de la ciudad de Medellín, los indicadores fueron escogidos por dimensiones como se explican a continuación.

- *Dimensión social*

La dimensión social es explicada por dos indicadores. El primero se refiere al índice que calidad de vida (ICV), el cual es un resumen de diferentes características relacionadas con las condiciones de vida de los hogares de la ciudad de Medellín. La medición se realiza a partir de una canasta de atributos relacionados con las condiciones de vida de la población y está conformada por cinco factores o grupos de variables: variables que indican la calidad de la vivienda, variables que indican el acceso de la vivienda a los servicios públicos, variables de capital humano y escolarización, variables demográficas y variables de seguridad social en salud y empleo (Departamento Administrativo de Planeación Municipal, 2015).

Tabla 4-15: Indicadores de la dimensión social

Año	ICV	Coficiente de Gini
2010	83,3	0,54
2011	83,48	0,51
2012	83,38	0,5
2013	83,89	0,51
2014	84,35	0,52

Fuente: Departamento Administrativo de Planeación Municipal, 2015

El segundo indicador de la dimensión social se refiere al coeficiente de Gini, una medida que permite valorar el grado de desigualdad en el nivel de ingresos (Ver Tabla 4-15). El Coeficiente varía entre cero (0) y uno (1). Un valor de 0 representa una distribución igualitaria, mientras que un valor de 1 corresponde al mayor grado de desigualdad (Departamento Administrativo de Planeación Municipal, 2015). La escogencia de estos

dos indicadores permite conocer en términos socioeconómicos el nivel de preparación, en términos socioeconómicos de la población, ya sea en nivel educativo, acceso a servicios básicos y nivel de ingresos frente a posibles efectos del cambio climático.

Los resultados que se pueden observar en la Tabla 4-15, evidencia un crecimiento muy pequeño de las condiciones de vida de la población y respecto al nivel de desigualdad, se observa la incidencia de este indicador para la población, ya que el nivel de desigualdad, así como las condiciones básica precarias, aumentar el nivel de vulnerabilidad en la ciudad.

- *Dimensión político-administrativa*

La dimensión política-administrativa permite conocer cómo las finanzas públicas han administradas en la ciudad, como ha sido administrado el gasto público y los ingresos, que conlleven la independencia del municipio y la obtención de recursos para políticas que pueden cuidar el medio ambiente y tomar conciencia sobre el cambio climático.

En esta dimensión se incluyeron cuatro indicadores. El primero, referido a los ingresos corrientes de libre destinación a funcionamiento que para Medellín, corresponde al 35%. El segundo, es el porcentaje de inversión sobre los gastos totales, que se refieren a la inversión no solamente en formación bruta de capital fijo sino también lo que se denomina inversión social, la cual incluye el pago de nómina de médicos y maestros, capacitaciones, subsidios, dotaciones escolares, etc., independientemente de las fuentes de financiación, que para la ciudad de ubica en el 86%.

El tercer indicador se refiere a la solvencia, que evalúa la capacidad de pago del Municipio para realizar operaciones de crédito público de manera autónoma, por lo que su indicador no puede superar el 40%, para obtener el aval del Ministerio de Hacienda y Crédito Público. Y por último se tiene la sostenibilidad que mide la capacidad de pago del Municipio para realizar operaciones de crédito público de manera autónoma, que existe, para este indicador, cuando la relación deuda/ingresos corrientes no supera el 80%.

Como se puede observar en la Tabla 4-16, la ciudad cuenta con indicadores que muestran una estabilidad en las finanzas públicas del municipio, lo que corresponde a una capacidad para responder a eventualidades relacionadas con el cambio climático, e

caso de presentarse, pero también, de invertir en programas o políticas para adaptarse o mitigar los efectos.

Tabla 4-16: Indicadores de la dimensión político-administrativa

Año	Ingresos corrientes de libre destinación destinados a funcionamiento	Porcentaje de inversión sobre los gastos totales	Solvencia	Sostenibilidad
2010	37,56	86,97	2,5	20,33
2011	39,68	86,54	1,98	61,41
2012	37,48	83,71	3,28	40,6
2013	32,92	87,96	2,76	59,75
2014	35,07	88,68	4,56	78,45

Fuente: Departamento Administrativo de Planeación Municipal, 2015

- *Dimensión Física*

En la dimensión física se escogieron indicadores que describieran algunas características del suelo, que pudieran hacer parte de la capacidad adaptativa de la ciudad. El suelo del territorio municipal se clasifica en suelo urbano, suelo rural y suelo de expansión urbana. Al interior del suelo rural podrá establecerse la categoría del suelo suburbano, y en todas las clases de suelo el de protección. Clasificar los distintos tipos de suelo conducirá a la preservación de las fronteras agrícolas y ambientales, a la mejora en el uso de los suelos en beneficio de la funcionalidad y la calidad de vida de la población, y a la optimización y coherencia de las inversiones en la infraestructura territorial (SPM, 2015). Así, la dimensión física es explicada por la clasificación del suelo y cómo ésta clasificación ha evolucionado desde 1999 con el primer POT hasta la actualidad.

Tabla 4-17: Indicadores de la dimensión física

Clasificación Suelo POT / Año	1999	2006	2014
Suelo de Expansión	519,9	468,09	175,35
Suelo Rural	27.012,00	26.887,70	26.304,11
Suelo Suburbano	1.839,00	1.740,91	1.535,97
Suelo Urbano	10.502,10	10.677,70	11.160,95

Fuente: Departamento Administrativo de Planeación Municipal, 2015

- *Dimensión económica*

Finalmente, la cuarta dimensión económica se refiere al nivel de ingresos con los que cuenta la ciudad, medidos por el Producto Interno Bruto (PIB). Estos indicadores fueron los escogidos para proyectar su crecimiento e incidencia en el nivel de vulnerabilidad futura, partiendo de la importancia de la sostenibilidad económica de un territorio para hacer frente a los efectos del cambio climático. En este sentido, se proyectó un crecimiento lineal con base en los datos históricos de 2008-2012, para plantear el escenario para 2040 (Ver Tabla 4-18).

Tabla 4-18: Indicador de la dimensión económica

Año	Producto interno Bruto- pesos constantes de 2005	Crecimiento
2008	28.138.580	
2009	29.127.957	3,5%
2010	30.782.544	5,7%
2011	33.195.407	7,8%
2012	34.725.625	4,6%
2013	36.366.485	4,7%
2014	38.090.639	4,7%
2015	39.814.793	4,5%

Fuente: Departamento Administrativo de Planeación Municipal, 2015

La Tabla 4-19 presenta la información resumen de los indicadores, el último valor observado del conjunto de datos correspondiente al año 2014, la media de cada conjunto de datos, así como la desviación estándar, de la misma forma que se realizó con el índice de capacidad adaptativa. Todos los valores de las variables fueron estandarizados para eliminar las diferentes escalas y hacerlos comparables entre sí, de acuerdo con la ecuación 1. Como se puede observar en la tabla, los datos utilizados para explicar la capacidad de adaptación al cambio climático correspondieron a las dimensiones: social político-administrativa, económica y física.

Tabla 4-19: Indicadores de índice de capacidad adaptativa

Categoría	Valor observado en 2014-2015 (\bar{x}_i)	Promedio (\bar{x})	Desviación estándar (σ)	Estandarización (z)	Fuente de información
1. Dimensión Social					
Índice de Calidad de Vida	84,35	83,68	0,391765236	1,710207897	Departamento Administrativo

Coefficiente de Gini	0,52	0,516	0,01356466	0,294883912	o de Planeación Municipal, 2015
2. Dimensión político-administrativa					
Ingresos corrientes de libre destinación destinados a funcionamiento	35,07	36,542	2,600426888	-0,566060906	Departamento Administrativo de Planeación Municipal, 2015
Porcentaje de inversión sobre los gastos totales	88,68	86,772	1,905300501	1,001416836	
Solvencia	4,56	3,016	0,982181246	1,572011282	
Sostenibilidad	78,45	52,108	22,25479544	1,183655005	
3. Dimensión económica de base					
Producto interno bruto 2008-2014	38.090.639	32.918.177	3736311,74	1,384376455	Departamento Administrativo de Planeación Municipal, 2015
4. Dimensión económica futura					
Producto interno bruto 2015-2040	82.918.643	61.366.718	13187242,34	1,634301126	Departamento Administrativo de Planeación Municipal, 2015
5. Dimensión física					
Suelo de Expansión	175,35	387,78	185,784681	-1,143420431	Departamento Administrativo de Planeación Municipal, 2015
Suelo Rural	26.304,11	26.734,60	377,9629678	-1,138982837	
Suelo Suburbano	1.535,97	1.705,29	154,6227843	-1,095073628	
Suelo Urbano	11.160,95	10.780,25	341,1864703	1,115812124	

Fuente: Elaboración propia

Dado que para cada uno de los indicadores se buscó una participación igualitaria de acuerdo con la vertiente escogida, para encontrar el índice de capacidad adaptativa base se calculó el promedio aritmético de cada subíndice: dimensión social (*DS*), dimensión político-administrativa (*DPA*), dimensión económica de base (*DEB*), y dimensión física (*DF*). Adicionalmente, con base en un promedio ponderado, se sumaron los resultados así:

$$\text{Índice de Capacidad Adaptativa}_{Base} = DS + DPA + DEB + DF \quad (4.7)$$

De la misma forma, índice de capacidad adaptativa futura fue calculado con base en los subíndices de dimensión social (*DS*), dimensión político-administrativa (*DPA*), dimensión económica de futura (*DEF*), y dimensión física (*DF*), así:

$$\text{Índice de Capacidad Adaptativa}_{Futura} = DS + DPA + DEF + DF \quad (4.8)$$

Los resultados obtenidos fueron ubicados en una escala de 0 a 1, siendo 0 el valor menos sensible y 1 el valor más sensible. Para el índice de capacidad adaptativa base se tiene un valor de 0,65, ubicado en la Tabla 4-20 en una escala alta, lo que permite concluir que Medellín, para esta dimensión interna tiene un nivel de capacidad adaptativa alta. El índice de capacidad adaptativa futura por su parte, se ubicó en 0,72 que si bien se ubica en la misma escala, el resultado es mayor teniendo en cuenta los demás indicadores constantes.

Tabla 4-20: Índice de capacidad adaptativa base y futura al cambio climático en Medellín

ESCALA		Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
		0- 0,20	0,21-0,40	0,41-0,61	0,61-0,80	0,81-1
Índice de Sensibilidad Base	0,65			X		
Índice de Sensibilidad Futura	0,72				X	

Fuente: Elaboración propia

Es importante anotar, que los diferentes enfoques presentados en el apartado anterior se presentaron diversos indicadores para explicar el nivel de capacidad adaptativa de algunas experiencias nacionales e internacionales, sin embargo, para la ciudad de Medellín se escogieron estos indicadores debido a su disponibilidad de información y porque se considera que podrían explicar el nivel de preparación de la ciudad y su incidencia en el futuro.

- **Análisis de Vulnerabilidad para Medellín**

Partiendo de los resultados obtenidos de los índices de exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa, tanto base como futura, se da paso al cálculo del análisis de vulnerabilidad con base en una ponderación igualitaria. Así, para la dimensión externa (índice de exposición -IE-), se tiene una participación del 50% en la ecuación y para la

dimensión interna (índice de sensibilidad -IS- e índice de capacidad adaptativa -ICA-) corresponde al otro 50%.

De esta forma, para el análisis de vulnerabilidad base se tiene:

$$\text{Análisis de Vulnerabilidad}_{Base} = 0,5(IE_{Base}) + 0,25(IS_{Base}) + 0,25(ICA_{Base}) \quad (4.9)$$

Y para el análisis de vulnerabilidad futura se tiene:

$$\text{Análisis de Vulnerabilidad}_{Futura} = 0,5(IE_{Fut}) + 0,25(IS_{Fut}) + 0,25(ICA_{Fut}) \quad (4.10)$$

De acuerdo con las ecuaciones 4.9 y 4.10, los resultados obtenidos para el análisis de vulnerabilidad de la ciudad de Medellín en las condiciones actuales fue de 0,47, ubicado en una escala media, lo que corresponde que para la ciudad, se hace necesario la aplicación de planes de adaptación urbana para evitar los efectos del cambio climático y reducir la vulnerabilidad.

Tabla 4-21: Análisis de vulnerabilidad para Medellín

Índice de Vulnerabilidad	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
	0-0,20	0,21-0,40	0,41-0,61	0,61-0,80	0,81-1
0,502			X		
0,630				X	

Fuente: elaboración propia

De la misma manera para 2040, si la ciudad sigue creciendo en emisiones GEI, el nivel de exposición y sensibilidad de la ciudad será alto, y la capacidad adaptativa con la que cuenta, podría no alcanzar a estar preparados para los posibles efectos del cambio climático, ya que el nivel de vulnerabilidad para ese periodo de ubicó en 0,63, en la escala alta (Ver Tabla 4-21).

Sin embargo, vale la pena aclarar que el incremento de las emisiones de GEI en Medellín y sus posibles afectaciones en las variables de temperatura, precipitación, la salud y en los demás indicadores mencionados anteriormente, no solo depende de las emitidas en la ciudad. La acumulación de GEI es la sumatoria de todo el territorio nacional y cualquier impacto afectará a todo el territorio.

La evaluación por indicadores es el método más común para cuantificar los componentes de la vulnerabilidad, dado que ha sido aplicado para comprender los factores físicos y socioeconómicos que contribuyen en la vulnerabilidad (Hebb y Mortsch, 2007). La evaluación por indicadores, puede ser aplicada a cualquier escala (hogar, municipio, región, país) aunque con una limitante y es la subjetividad en selección de los indicadores, su asignación de ponderación y peso, la disponibilidad de información y la dificultad de probar o validar los resultados (Luers *et al.*, 2003). Sin embargo, el método es valioso debido a su capacidad de monitorear tendencias y explorar marcos conceptuales.

A continuación, se planteará cómo los resultados de vulnerabilidad encontrados en este capítulo y la construcción de un plan de adaptación urbana para Medellín, podría convertirse en una herramienta importante para estar preparados para los efectos del cambio climático.

5. Análisis de vulnerabilidad y plan de adaptación urbana para Medellín

En los hallazgos encontrados en el capítulo cuatro, se pueden evidenciar varios aspectos: en primer lugar, se pone en evidencia la necesidad de que la ciudad incorpore en el discurso, la problemática del cambio climático. También, se evidencia como los resultados de vulnerabilidad, bajo la metodología propuesta, incitan a la toma de decisiones temprana, especialmente relacionados con la capacidad adaptativa, de tal forma que la ciudad pueda estar preparados para los posibles efectos derivados de este fenómeno.

Ahora bien, el hecho de que los resultados obtenidos en términos de vulnerabilidad evidencien un incremento para el 2040, no implica que la ciudad no haya comenzado a tener algunas iniciativas para el desarrollo de estrategias de adaptación; y aunque no sea propiamente un PAAU, puede ser el inicio para construir esta herramienta de planificación como complemento para el ordenamiento territorial.

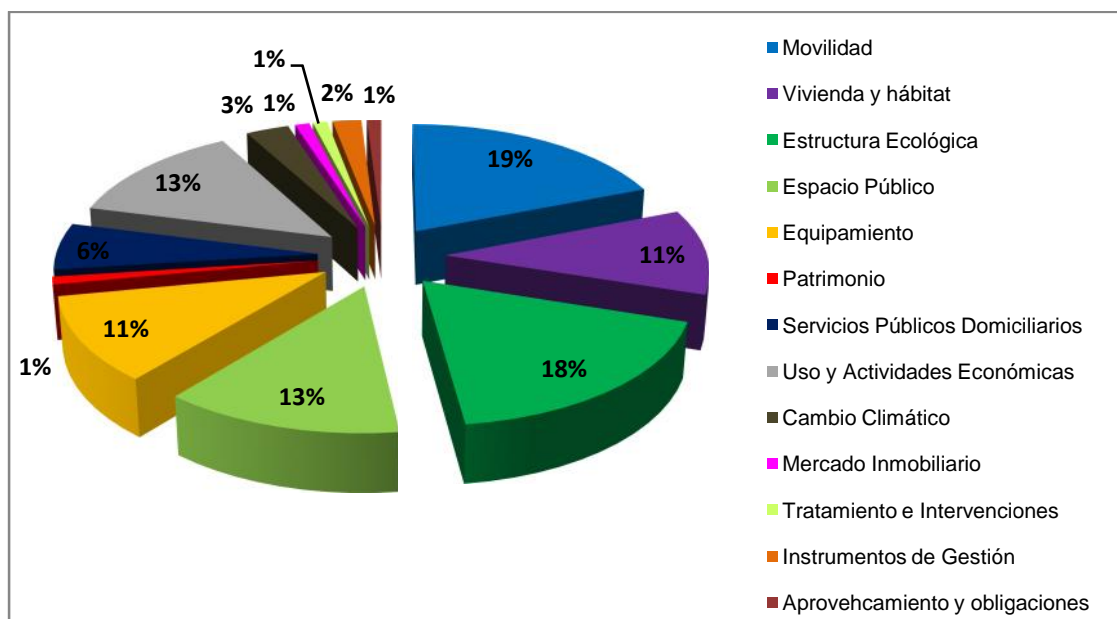
Es por esto que este capítulo retoma el POT de Medellín (2014) y las discusiones que en torno al cambio climático, se dieron en la fase de diagnóstico, así como la manera en cómo este fenómeno fue incorporado en esta herramienta de planificación. De igual forma, se proponen algunos lineamientos para la construcción de un PAAU como una propuesta alternativa para enfrentar el cambio climático no solo desde los hallazgos encontrados en el POT sino también los hallazgos encontrados a lo largo de esta tesis.

5.1 El POT en el contexto del cambio climático en Medellín

En 2013 se da paso en la ciudad de Medellín de comenzar la revisión y ajuste del POT, y sentar las bases para los próximos años en materia de ordenamiento territorial. Éste proceso finaliza en 2014 y como parte de sus apuestas de desarrollo, se incluye por primera vez, el cambio climático como un eje temático que requiere de atención por parte

de la ciudad. Este fenómeno interesa al ordenamiento territorial, por cuanto evidencia las actitudes y los compromisos de mitigación y adaptación que posibiliten la disminuir del grado de exposición y vulnerabilidad de los fenómenos climáticos extremos.

Figura 5-1: Principales temas de las discusiones en el Concejo Municipal



Fuente: Departamento Administrativo de Planeación

Ahora bien, la fase de diagnóstico discutida en el Concejo Municipal, pone en evidencia cómo la ciudad aún se encuentra ajena a esta problemática, debido al poco tratamiento que se le dio por parte de los actores participantes. Como se puede observar en la Figura 5-1, de los temas tratados en las discusiones, el cambio climático solo tuvo una participación del 3% (solo fue tratado 4 veces en las más de 120 mesas de discusión que se realizaron); una participación muy baja.

De las conclusiones obtenidas en los pocos espacios en los que fue tratado el fenómeno y su incidencia en la ciudad en las mesas del Concejo Municipal, se llegó al consenso de que el cambio climático, al ser un tema tan especializado además de nuevo para Medellín, es necesario abrir espacios adicionales para la comunidad, para entender el tema, su incidencia y afectaciones para la población, así como posibles alternativas para enfrentar el fenómeno. De igual forma, se considera que el liderazgo para la explicación de este fenómeno debería estar a cargo de las secretarías idóneas para tal fin.

Lo anterior, demuestra el poco conocimiento que la ciudad tiene frente al tema, así como la administración municipal para abordarlo. Por lo tanto, uno de los primeras acciones que se debería implementar es la relacionada con cursos de formación para conocer la problemática del cambio climático, qué afectaciones puede traer para la ciudad y de que manera, se puede afrontar.

Respecto a las principales conclusiones abordadas en el POT (2014), tal vez la más relevante se refiere a la concepción del cambio climático como un tema completamente nuevo. Tanto así que de los responsables encargados para analizar este fenómeno, así como los insumos de información, evidenciaron que se presentó limitaciones de la información existente por asimetrías en la información, disparidad de criterios conceptuales, desactualización de algunas fuentes documentales y/o cartográficas. En este sentido, la conclusión fue que para el cambio climático, su abordaje, bien podría constituirse en un enfoque del POT de Medellín, no obstante, fue un tema que se trató con datos insuficientes, pocas evidencias y bajo conocimiento por parte de los responsables, por lo que se decidió enfocar el tema en dos asuntos: la gestión del riesgo y el abastecimiento de agua.

Según el POT (2014), la gestión del riesgo es un proceso social orientado a la formulación, ejecución, seguimiento y evaluación de políticas, estrategias o programas para el conocimiento y la reducción del riesgo y para el manejo de desastres. Su propósito principal es contribuir a la seguridad, el bienestar, la calidad de vida de las personas y al desarrollo sostenible (Ley 1523 de 2012).

La gestión del riesgo puede dividirse en dos: primero se encuentra la gestión correctiva del riesgo que se realiza mediante la zonificación y reglamentación de las áreas ya ocupadas consideradas en alto riesgo, determinando los tratamientos a seguir de acuerdo con la posibilidad técnica, económica y social de intervenirlo o de mitigarlo, dentro de los cuales se encuentra la recuperación urbanística, el mejoramiento integral de barrios y la reubicación de familias en alto riesgo. La gestión prospectiva del riesgo por su parte, está dirigida a las áreas no desarrolladas, con el fin de determinar formas de ocupación seguras, en el sentido que se evite y/o se regule la ocupación de áreas propensas a la ocurrencia de amenazas.

Es por esto que los indicadores que miden y evalúan este eje temático (donde se incluye el tema del cambio climático) fueron definidos como: zonas de alto riesgo no recuperable, zonas en alto riesgo recuperable y tipos de eventos atendidos. De acuerdo al enfoque asumido por el POT, las medidas de mayor impacto son aquellas que se toman para transformar las tendencias de la situación de vulnerabilidad y por ende el riesgo, regulando la ocupación de zonas inadecuadas.

Teniendo en cuenta lo anterior, la gestión del riesgo en Medellín corresponde a una estrategia municipal de respuesta a emergencias y dado que el cambio climático se convierte en un amplificador de las actuales y en generador de algunas nuevas, la gestión del riesgo es una manera de abordar este fenómeno en la ciudad por medio de los datos históricos de la frecuencia de eventos extremos.

Sin embargo, vale la pena aclarar que el cambio climático va más allá de ser generador de desastres, esta problemática y la acumulación de GEI, así como la variabilidad climática, trae consigo afectaciones en la salud humana, en las condiciones de vida de la población y en general, en el modo de vivir y habitar las ciudades, por lo que la atención de éstas problemática debe incluir un componente estratégico basado en la adaptación que le permita a la ciudad estar preparados, no solos para los posibles eventos futuros, sino que a su vez, se permita disminuir su vulnerabilidad tanto actual como futura.

En este sentido, el cambio climático es un fenómeno que requiere ser abordado desde el ordenamiento territorial, ya que sus efectos recaen directamente en las ciudades. Y si bien Medellín ha tenido iniciativas para mitigar los efectos, específicamente con las estrategias de gestión del riesgo, se considera que este tipo de intervenciones deben complementarse con otro tipo de estrategias, información e indicadores de seguimiento y control.

Así, iniciar la discusión en la ciudad planteando la necesidad que incorporar estrategias de adaptación para estar preparados, con base en las condiciones particulares del territorio se debe considerar el primer paso para conocer la problemática y saber cómo enfrentarla. La construcción de un marco estratégico de alto nivel que permita apoyar políticamente las medidas de adaptación es indispensable, pero éstas deben estar categorizadas de tal forma que puedan desarrollarse a diferentes escalas desde lo local, hasta una escala regional-metropolitana.

De igual forma, se requiere la identificación de los principales factores vulnerables al cambio climático desde un enfoque territorial, para complementar el análisis de vulnerabilidad propuesto. El POT recomienda incorporar factores como energía, agua, uso del suelo, seguridad alimentaria, efectos socio-espaciales del cambio climático, que si bien fueron considerados en el modelo propuesto de esta tesis, es necesario hacer un análisis más exhaustivo de cada indicador y su incidencia en la vulnerabilidad urbana al cambio climático en la ciudad.

5.2 Síntesis de los resultados del análisis de vulnerabilidad al cambio climático para Medellín

La propuesta metodológica de análisis de vulnerabilidad presentada en el capítulo anterior, es una alternativa para conocer el grado de exposición, sensibilidad y nivel de preparación de la ciudad a los efectos del cambio climático, con un enfoque integrado. Este análisis se presenta como punto de partida para la construcción de un PAU, tal como se discutió en el capítulo 2, ya que con base en los resultados obtenidos, es posible tomar decisiones más acertadas y con énfasis en el ordenamiento territorial.

De los resultados encontrados en el análisis de vulnerabilidad de esta tesis y de los argumentos planteados en el POT (2014), se observan algunas similitudes. Primero, de acuerdo con los análisis estadísticos preliminares de los registros históricos de precipitación de estaciones de EPM y del Sistema de Alerta Temprana de Medellín y el Valle de Aburrá –SIATA-, se sugiere el aumento de la frecuencia de ocurrencia de los eventos extremos.

Segundo, el POT (2014) presenta resultados de algunos de los indicadores que fueron usados en la propuesta metodológica de análisis de vulnerabilidad. De estos indicadores, se destaca la calidad del aire; ésta reporta un incremento importante en los últimos años, de los gases que más aportan al calentamiento atmosférico. Esto a su vez, ha llevado a un aumento de las emisiones de GEI del 1% entre los años 2009 y 2011 asociado al crecimiento del parque automotor que en 2011, registró un incremento del 24% con respecto al año base. De las emisiones inventariadas en ese periodo, el transporte terrestre representó el 70% de las emisiones totales.

Estos resultados expuestos en el POT (2014), corroboran la importancia de haber incluido, en la propuesta metodológica de la tesis, tanto la calidad del aire como la incidencia del parque automotor, ya que estos indicadores son determinantes para el análisis de vulnerabilidad, debido al alto impacto que pueden generar para la población y para el medio ambiente.

Ahora bien, de los demás indicadores propuestos en esta tesis para analizar la vulnerabilidad al cambio climático, solo se hace referencia en el POT a los indicadores relacionados con la dimensión de exposición, es decir, la dimensión correspondiente a la sensibilidad y la capacidad adaptativa aún requiere de un mayor abordaje, especialmente porque los indicadores escogidos para esta propuesta, si bien fueron analizados con el fin de identificar si podrían explicar la vulnerabilidad de la ciudad, se considera de gran importancia ampliar el análisis combinando diferentes tipos de indicadores, haciendo análisis históricos y aplicando las otras metodologías como juicio de expertos o análisis por componentes principales.

Además, si bien es cierto que los resultados pueden ser un punto de partida para posteriores estudios en el contexto del cambio climático, también se requiere de un análisis a una escala más local, ya sea a nivel de comuna, zona o barrio. Los resultados a diferentes escalas, permitiría una mayor acertividad en la toma decisiones, así como en la identificación de los indicadores que más afectan la vulnerabilidad. De igual forma, se requiere de un análisis a escala de región y metropolitana para articular las estrategias de adaptación y mitigación con los demás territorios.

De los indicadores a para analizar a cada escala, particularmente se considera que se debe hacer énfasis de la capacidad adaptativa, y que en últimas es el que permite conocer el nivel de preparación de las personas para enfrentar esta problemática. Particularmente, se recomienda, de acuerdo a la revisión bibliográfica y los resultados obtenidos en el capítulo, hacer énfasis en una dimensión en particular de acuerdo a la escala; es decir, si se busca evaluar la capacidad adaptativa a nivel de comuna, barrio o ciudad se debería poner mayor atención al análisis de indicadores de carácter urbano y social, para la escala de ciudad o a nivel metropolitano se considera hacer un mayor énfasis en los indicadores de físicos como de desempeño e inversión fiscal; respecto a la región indicadores físicos y finalmente a nivel nacional, indicadores de carácter económico (Ver Tabla 5-1).

Aunque esta apreciación sobre el mayor énfasis en las dimensiones de capacidad adaptativa obedecen a la mayor incidencia que se puede tener en cada escala del territorio en particular, de igual forma, se requiere de la articulación de los demás indicadores para obtener un análisis integrado.

Tabla 5-1: Dimensiones de mayor énfasis según escala de análisis

Escala	Dimensión de mayor énfasis de la capacidad adaptativa
Barrio, comuna o zona	Social
Ciudad	Urbano
Región o metrópoli (Valle de Aburrá)	Biofísica (Condiciones naturales del territorio)
Departamento	Político-fiscal
Nación	Económico

Fuente: elaboración propia

5.3 Lineamientos para un Plan de Adaptación Urbana en Medellín

De las recomendaciones del POT (2014) para enmarcar el cambio climático en el ordenamiento territorial se pueden destacar cinco como las más relevantes:

- La necesidad de incorporar los proyectos de ciudad y metropolitanos que han venido ganando importancia como los Lineamientos para el Ordenamiento Territorial para Antioquia -LOTA-, la estrategia de protección asociada al Parque Central de Antioquia -PCA- y en particular para la ciudad, el cinturón metropolitano y el proyecto Parques del Río, como oportunidades para limitar el crecimiento urbanístico desbordado así como el aumento de zonas verdes que necesita la ciudad. Estos proyectos podrían potenciar mayores acciones estratégicas de adaptación, que contribuyan a la preparación de la ciudad para los efectos del fenómeno climático.
- Las posibilidades de fomentar las ventas de carbono, estrategias de producción limpia y recolección y tratamiento de residuos sólidos. Este tipo de estrategias contribuirían a controlar las emisiones, mejorar la calidad del aire y reducir posibles enfermedades en la población.
- Respecto a la generación de información, organizaciones como el Área Metropolitana del Valle de Aburrá -AMVA-, el Sistema de Información de Alerta

Temprana para Antioquia -SIATA-, Empresas Públicas de Medellín -EPM-, las Corporaciones Autónomas Regionales -CARs-, la Secretaría de Medio Ambiente -SMA- y el IDEAM deben trabajar en conjunto, con el fin de establecer un proceso sistemático y constante de captura, organización y análisis de la información climática, así como sus efectos en la ciudad. Pero esta construcción de la información debe ser parte de un plan para el manejo de desastres, programas educativos, mejoramiento del transporte urbano y la movilidad, y en general, para la construcción de políticas y programas integrales asociados al Cambio Climático.

- Actualmente existe un Plan de Descontaminación del Aire y el Ruido, así como el Pacto por el Aire y por una Ciudad Sostenible. Este proyecto podría garantizar al ordenamiento del territorio en términos de las medidas de mitigación y adaptación que podrían aplicarse, como en la definición de los usos y ocupación del territorio para disminuir la vulnerabilidad al cambio climático, como un insumo adicional a los proyectos mencionados anteriormente.

Todas estas recomendaciones del POT (2014), aún requieren de consolidación ya que aún falta la articulación de políticas y acciones por parte de las diferentes instituciones. Posicionar el tema del cambio climático como directriz integral y debidamente coordinada en el ordenamiento territorial es una acción apremiante y urgente, que le permitirá al municipio de Medellín posicionarse frente a las diferentes estrategias e iniciativas de los niveles nacional y regional. Además, le permitirá el acceso a los diferentes convenios nacionales e internacionales y a las partidas presupuestales que se requieren para las acciones de mitigación y adaptación ante el cambio climático.

Es por esto la necesidad de mostrar avances importantes en materia de cambio climático en la ciudad, así como la formulación de un plan de adaptación urbana que debería ser liderado por el Nodo Climático de Antioquia, siendo éste un grupo interinstitucional que permitiría coordinar acciones entre las autoridades ambientales y los municipios para establecer medidas de mitigación y adaptación acorde con los datos climáticos levantados e interpretados a nivel nacional y regional.

Por último, de los mayores aportes que en particular se considera que debería hacer parte de los lineamientos para un plan de adaptación urbana para la ciudad, se refieren al

papel que juega la Estructura Ecológica Principal -EEP- para el ordenamiento territorial. La EEP de Medellín se concibe como una parte esencial de la respuesta local - global frente al cambio climático, en la medida que propende por mantener la integridad de los ecosistemas, amortiguar el clima local (reducir los efectos de los gases efecto invernadero y controlar y regular la temperatura e la ciudad), reducir los riesgos y los impactos de los eventos climáticos extremos como las tormentas, las sequías, granizadas, etc. Se busca también desde la EEP contribuir en la reducción de la vulnerabilidad e incrementar la resiliencia de los ecosistemas naturales (POT, 2014).

Además, la EEP conserva servicios ecosistémicos indispensables para la seguridad de un territorio y una población, como lo son el agua, alimentos (pesca y agricultura), servicios de polinización, mantenimiento de especies silvestres. En ésta también se incluyen las áreas protegidas de nivel nacional y local, y se identifica como una parte esencial de la respuesta local - global frente al cambio climático, porque mantienen la integridad de los ecosistemas, amortiguan el clima local, reducen los riesgos y los impactos de los eventos climáticos extremos. En general, contribuye a reducir la vulnerabilidad e incrementar la adaptabilidad de los ecosistemas naturales.

A partir de la EEP se promovería la capacidad adaptativa de la población con la incorporación de mecanismos y sistemas productivos sostenibles, prácticas agroecológicas y sistemas y usos agroforestales. Todo ello reduce los consumos energéticos, protege la calidad ambiental de la ciudad y garantiza en el tiempo el desarrollo y la sostenibilidad del crecimiento (conservación, uso y aprovechamiento en el tiempo) en relación a su ruralidad, sus recursos y los servicios ecosistemas que prestan.

Todo lo anterior debe constituirse en parte de los lineamientos para la elaboración de un plan de adaptación urbana para la ciudad, a lo cual esta investigación permite añadir las siguientes consideraciones:

- La construcción de escenarios climáticos locales que puedan evidenciar la posible exposición frente a los efectos del cambio climático para la tomar de decisiones de manera temprana y a diferentes escalas barriales, zonales, de ciudad y metropolitanas. De igual forma, los sistemas de monitoreo y análisis de información climática deben ser accesibles a las comunidades, no solo para las

instituciones. La divulgación y el análisis de esta información permitiría una mayor comprensión por parte de todos los actores.

- Se debe incorporar programas educativos desde la escuela y en todos los ámbitos de formación de tal forma que se permita comprender la problemática, cómo afecta a la ciudad y cómo poder enfrentarla desde los hogares, a nivel barrial, a escala de ciudad y metropolitana e involucrando a toda la comunidad, la institucionalidad pública y la privada.
- Se recomienda determinar la capacidad adaptativa con la que cuenta la ciudad y sus ecosistemas. Una alternativa para conocer esta información es por medio del análisis de vulnerabilidad, por lo que se reitera la complementación de los indicadores escogidos en esta propuesta que puedan dar cuenta del nivel de preparación no solo de la sociedad en su ámbito social, cultural y económico, sino también desde la estructura física. Para ello, se requiere retomar la Estructura Ecológica Principal como la línea base para determinar la construcción de estrategias de protección de los medios de vida y el manejo de los ecosistemas y sus recursos naturales.
- La articulación institucionalidad-academia debe ser permanente, no solo para dar a conocer los avances que en materia de la ciencia del clima puede proveer para comprender la problemática y como enfrentar, sino también para la generación de estrategias y tecnologías para la adaptación de los servicios y sistemas de vivienda, agua, salud, energía, infraestructura y en general, alternativas que contribuyan a mejorar el nivel de preparación de las ciudades.
- La priorización de la población más pobre y vulnerable de la ciudad, ya que como se identificó en capítulos anteriores, son el grupo de población que puede verse más afectada con esta problemática por la ubicación de sus viviendas, la precariedad en el acceso a programas de salud y educativos, seguridad alimentaria y la ausencia de ingresos para disponer de servicios que pudiesen mitigar los efectos del cambios climático.
- El papel de la institucionalidad y la voluntad política para llevar a cabo esta propuesta. Además, su necesidad de enmarcarlo de programas a nivel regional,

nacional e internacional, que le permitan el acceso de recursos para financiar estas políticas, y garantizar la permanencia de éstos. Ya que si bien, los efectos del cambio climático aún son inciertos, pueden ocurrir en un periodo de tiempo de varios años o pueden ocurrir en el corto plazo, y los principales afectados siempre será la población.

Conclusiones

Dada la importancia que ha generado el cambio climático y sus efectos, algunas ciudades en el mundo han venido presentando adelantos en la construcción de estrategias de adaptación. Estas iniciativas se constituyen en una oportunidad y la base para que la ciudad de Medellín pueda dar inicio a abordar este fenómeno y sus implicaciones en el entorno urbano. Es por esto que esta tesis realiza una caracterización del debate en torno a esta problemática, con el fin de dimensionar y sustentar soluciones concretas que permitan a la ciudad prepararse para estos efectos.

Pero el cambio climático no debe quedarse solo en el ámbito académico, debe trascender, de tal forma que los tomadores de decisión puedan actuar acertadamente sobre este fenómeno y su afectación en la ciudad. Un primer paso para lograrlo es generar conciencia sobre esta realidad y los impactos que trae, pero esta discusión debe darse en todos los espacios de ciudad y desde temprana edad, ya que son las generaciones futuras las más vulnerables a sufrir estos efectos.

Ahora bien, dentro de este abordaje estratégico, es menester aquí retomar los objetivos específicos de la investigación para reflexionar sobre el grado de cumplimiento de los mismos, los hallazgos y los obstáculos encontrados, así como la dirección de investigaciones futuras sobre el tema que la tesis abre, tanto en su propósito metodológico-técnico como en su aplicación práctica en el caso de Medellín

Respecto al primer objetivo relacionado con la caracterización de las metodologías adoptadas en el mundo y en Colombia para enfrentar los impactos del cambio climático, con énfasis en la planeación urbana/territorial, se evidencian adelantos importantes alrededor de mundo, especialmente en la construcción de PAAU como herramientas para la toma de decisiones de ordenamiento territorial en el marco del cambio climático. Lo que se constituye en uno de los mayores logros, ya que estos hallazgos le dan a la ciudad la posibilidad de articular el ordenamiento territorial con el fenómeno climático, y

aprender de las demás experiencias, especialmente de las que ya se han desarrollado en el país como el PRICC y los lineamientos de adaptación para Cartagena.

Sin embargo, también se hallaron algunas debilidades. Por ejemplo, que en el país y en particular en Medellín, aún se requiere de un mayor abordaje del tema. Por un lado, relacionado con la comprensión del fenómeno y sus efectos en las ciudades y por el otro, en la necesidad de estar preparados en el futuro. Ahora bien, respecto a estos aspectos, si bien una de las dificultades radica en el hecho que la población aún no comprende la magnitud de la problemática, debido a las incertidumbres que aún genera la ciencia del clima sobre cuándo, cómo y dónde podrían ocurrir estos efectos, se insiste nuevamente en el papel que juegan los tomadores de decisión frente a este fenómeno, debilidad encontrada en el caso de Medellín, y en general del país.

En el segundo objetivo correspondiente a explorar las estrategias de adaptación desarrolladas en el caso de Medellín, se pudo observar como el POT presentó una iniciativa para abordar el cambio climático, y si bien, fue más a manera de discusión, es el primer paso para que la ciudad comience a entender la problemática, sus efectos y sus posibles soluciones. Sin embargo, se requiere de grandes esfuerzos y articulación de organizaciones para el desarrollo de estrategias de adaptación y un PAAU. Es importante también incentivar a la academia a estudiar estos temas, no solo desde el punto de vista ambiental, sino de forma multidisciplinar, sus efectos y soluciones desde cada rama del conocimiento, ya que una de las principales debilidades para esta tesis, fue la poca información que se pudo revisar sobre el cambio climático en Medellín y en particular, relacionada con el ordenamiento territorial.

Frente a la propuesta metodológica para conocer la vulnerabilidad de la ciudad, es importante tener en cuenta que la escogencia de los indicadores obedeció a la disponibilidad de la información y su fuente, además de que se buscaba que pudieran explicar cada una de las dimensiones que compone el modelo, sin embargo, una de las mayores dificultades presentadas en la construcción de estos indicadores, fue precisamente la disponibilidad de información, así como del interés de las organizaciones de proveerla, ya que no fue una tarea fácil y dificultó en algunos momentos, el análisis del modelo. Ahora bien, es claro que esta propuesta aún requiere ser complementada por modelos climatológicos y otros indicadores que permitan hacer análisis comparativos sobre cuales podrían explicar mejor la vulnerabilidad al cambio climático en la ciudad.

A pesar de las limitaciones, se considera que este análisis de vulnerabilidad podría ser un punto de partida para la elaboración de un PAAU, ya que a partir de éste, se conoce que tanto está expuesta la ciudad, su sensibilidad y su nivel de preparación, por lo que la aproximación metodológica presentada en esta tesis, se espera que contribuya al inicio de posteriores investigaciones más rigurosas y complementarias con el fin de disminuir la vulnerabilidad y adaptarse al cambio climático.

Es importante anotar la necesidad de realizar análisis a diferentes escalas (barrio, comuna, ciudad, metropolitano), ya que así, permitiría identificar vulnerabilidades más específicas y como tomar decisiones más acertadas de acuerdo a las particularidades del territorio. Además, de la necesidad de complementar los análisis con otras metodologías propuestas como el juicio de expertos y análisis por componentes principales, y hacer evaluaciones comparativas con base en los resultados encontrados. En este sentido, aún queda mucho por trabajar sobre el cambio climático y las ciudades, la exploración sobre sus efectos y la necesidad de incluir a los tomadores de decisión en el conocimiento generado desde la academia.

Bibliografía

Adger, W., Agrawala, S., Mirza, M., Cnde, C., O'brien, K., Pulhin, J., Pulwarty, R., Smit, B. y Takahashi, K. (2007). Chapter 17. Assessment of adaptation practices, options, constraints and capacity. En Parry, M, Canziani, O., Palutikof, J., Linden, P., Hanson, C. (Eds.), *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge university press, cambridge, uk.

Agudelo, L. (2010). *La ciudad sostenible. Dependencia ecológica y relaciones regionales. Un estudio de caso en el área metropolitana de Medellín, Colombia*. Medellín, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.

Alcaldía de Bogotá (2016). Plan Regional Integral de Cambio Climático de Bogotá-Cundinamarca (PRICC). Recuperado de http://www.co.undp.org/content/colombia/es/home/operations/projects/environment_and_energy/plan-regional-integral-de-cambio-climatico-de-bogota--cundinamar.html

Aldunce, P; Neri, C; Szlafsztein, C. (2008). Hacia la evaluación de prácticas de adaptación ante La variabilidad y el cambio climático. Recuperado de: http://www.google.com.co/url?url=http://www.uchile.cl/documentos/hacia-la-evaluacion-de-practicas-de-adaptacion-ante-la-variabilidad-y-el-cambio-climatico_55984_0_5935.PDF&rct=j&frm=1&q=&esrc=s&sa=U&ei=5Ot0VMjvL4qfNqWMhJAO&ved=0CBIQFjAA&usg=AFQjCNGeNt-lqNzIFHD5nVbsdJM4YDZS7w .

Alianza AVA –Agricultura, Vulnerabilidad y Adaptación-. (2013). “*Análisis interinstitucional y multisectorial de vulnerabilidad y adaptación al cambio climático para el sector agrícola de la cuenca alta del río Cauca*”. De: IDEAM. Recuperado de <http://cdkn.org/wp-content/uploads/2014/02/Reporte-tecnico-final-AVA.pdf>.

Alcaldía de Medellín (2014). Determinantes y lineamientos normativos relacionados con la adaptación al cambio climático en el POT. En de Ordenamiento Territorial: Documento técnico de soporte Tomo 3b, Plan de Ordenamiento Territorial de Medellín. Recuperado de

https://www.medellin.gov.co/irj/go/km/docs/pccdesign/SubportaldelCiudadano_2/PlandeDesarrollo_0_17/ProgramasyProyectos/Shared%20Content/Documentos/2015/DTS_POT048/POT_IIIb_Evaluaci%C3%B3nSeguimiento.pdf

Barton, J., (2009). Adaptación al cambio climático en la planificación de ciudades-regiones. *Revista de Geografía Norte Grande*, 43, 5-30.

Barton J., Harris, J., (2011) “Planes de Adaptación Urbana: Casos y experiencias de planificación para la adaptación en trece ciudades”. Proyecto financiado por el Ministerio de Ambiente, Ecología y Seguridad Nuclear (BMU) del Gobierno Federal de Alemania (Iniciativa Internacional de Clima). Documento de discusión, 4. Recuperado de: https://www.ufz.de/export/data/1/26094_BP4_geschuetzt.pdf

Blaikie, P., Brookfield, H., (1987), *Land Degradation and Society*. New York, Estados Unidos: Methuen.

Blakely, E., (2007) “Urban Planning for Climate Change”. Lincoln Institute of Land Policy Working Paper. Recuperado de: http://www.lincolninst.edu/pubs/1310_Urban-Planning-for-Climate-Change.

Biagini, B., Christiansen, L., Bernardini, T., y Moore, R., (2011). Financiamiento para actividades de adaptación Fondo para el Medio Ambiente Mundial. Recuperado de https://www.thegef.org/gef/sites/thegef.org/files/publication/FinancingAdaptation.0000510604ESes_Web_0.pdf

Brooks, N., Adger, N. y Kelly, M. (2005). The determinants of vulnerability and adaptive capacity at the national level and the implications for adaptation. *Global Environmental Change*, 15, 151-163.

Bulkeley, H., y Betsill, M., (2003), *Cities and Climate Change*. Londres, Inglaterra: Taylor Francis Books.

Burton, I., Huq, S., Lim, B., Pilifosova, O. y Schipper, E. (2002). From impacts assessment to adaptation priorities: the shaping of adaptation policy. *Climate Policy*, 2, 145-159.

Butzer, K.W., 1980. Adaptation to global environmental change. *Professional Geographer*, 32, 269–278.

Carmin, J. A., Roberts, D. and Angelovski, I., 2009. Planning climate resilient cities: early lessons from early adapters. Proceedings of the World Bank Fifth Urban Research Symposium on Cities and Climate Change: Responding to an Urgent Agenda. Marseille, France, 5–8. Recuperado de http://www.eldis.org/vfile/upload/1/document/1102/Carmin_EarlyCityAdaptation.pdf

Carmin, J., Nadkarni, N., y Rhee., C., (2012). *Progress and Challenges in Urban Climate Adaptation Planning: Results of a Global Survey*. Cambridge, Inglaterra; MA: MIT.

Alianza Clima y Desarrollo -CDKN-. (2016). Sobre CDKN. Recuperado de http://cdkn.org/introduccion-2/?loclang=es_es

Comisión Económica para América Latina y el Caribe -CEPAL-. (2013). Panorama del cambio climático en Colombia (146). Recuperado de http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/5688/S20121002_es.pdf?sequence=1

Comisión Europea. (2013). El cambio climático ¿Qué es? Recuperado de http://www.oei.es/decada/portadas/climate_change_youth_es.pdf.

Conde, C. (2003). “Cambio y Variabilidad Climáticos. Dos Estudios de Caso en México”. (Tesis Doctoral). Universidad Nacional Autónoma de México, México.

Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio climático -CMNU-(1992). Recuperado de <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>

Denevan, W. M. (1983). Adaptation, variation, and cultural geography. *The Professional Geographer*, 35(4), 399-407.

Departamento Administrativo de Planeación Municipal (2015). Sistema de indicadores estratégicos. Alcaldía de Medellín. Recuperado de

<https://www.medellin.gov.co/irj/portal/ciudadanos?NavigationTarget=navurl://d3eedc82f25fda11f5daadc10ebea795>

Departamento Nacional de Planeación (2012). Plan Nacional de Adaptación al cambio climático PNACC. ABC: Adaptación, bases conceptuales. Marco conceptual y lineamientos. Recuperado de

https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Ambiente/PNACC_ABC%20Adaptaci%C3%B3n%20Bases%20Conceptuales%20CD.pdf

Dunford, R., Harrison, P. A., Jäger, J., Rounsevell, M., y Tinch, R. (2014). Exploring climate change vulnerability across sectors and scenarios using indicators of impacts and coping capacity. *Climatic Change*, 1-16.

Eakin, H. y Tapia, B. (2008) Insights into the composition of household vulnerability from multicriterio decision analysis. *Global Environmental Change*, 18, 112-127.

Easter, C. (1999). Small states development: A commonwealth vulnerability index. *The round table*, 351, 403-422.

Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, Secretaría de Ambiente. (2009). Estrategia Quiteña al Cambio Climático. Recuperado de <http://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/index.php/biblioteca-digital/category/9-cambio-climatico?download=155:estrategia-quitena-al-cambio-climatico>.

Flynn, Cassie (2011). *El papel de los fondos nacionales en la integración de distintas fuentes de financiación para la lucha contra el cambio climático: Una guía para el diseño y el establecimiento de Fondos Nacionales para alcanzar prioridades en cambio climático*. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Nueva York, NY, EE.UU.

Fondo Adaptación (2016). ¿Quiénes somos? Recuperado de <http://sitio.fondoadaptacion.gov.co/index.php/el-fondo/quienes-somos>

Füssel, H.M. y Klein, R.J.T (2006) Climate change vulnerability assessments: An evolution of conceptual thinking. *Climatic Change*, 75, 301-329.

Garnaut, R y Rudd, K. (2008). *Climate Change Review: Report to the Commonwealth, State and Territory Governments of Australia*. Port Melbourne, Australia: Cambridge University Press.

Gobernación del Huila y Ministerio de Medio Ambiente (2014). Plan de cambio climático Huila 2050: preparándose para el cambio climático. Recuperado de https://www.minambiente.gov.co/images/cambioclimatico/pdf/nodo_centro_andino/Huila_2050-Plan_de_Cambio_Climatico_2x1.pdf

Harley, M., Horrocks, L., Hodgson, N., & Van Minnen, J. (2008). Climate change vulnerability and adaptation indicators. *European Topic Centre on Air and Climate Change (ETC/ACC) Technical Paper, 9*.

Hebb, A. y Mortsch, L. (2007). Floods: mapping vulnerability in the upper Thames watershed under changing climate, Assessment of water resources risk and vulnerability to changing climatic conditions. Canadian Foundation for Climate and Atmospheric Sciences, Canadá.

Heitzmann, K., Canagarajah, R.S. y Siegel, P.B. (2002) Guidelines for assessing the sources of risk and vulnerability. World Bank Social Protection Discussion Paper, Washington. DC.

IDEAM (2010). Segunda comunicación nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, Bogotá, Colombia. Recuperado de <http://unfccc.int/resource/docs/natc/cornc2.pdf>

IDEAM; Ministerio de Ambiente y Desarrollo Territorial (2011). Proyecto nacional piloto de adaptación -INAP-. Consultado en: https://www.minambiente.gov.co/images/cambioclimatico/pdf/Plan_nacional_de_adaptacion/Proyecto_nacional_de_adaptacion_al_cambio_climatico_INAP.pdf

IDEAM, PNUD, Alcaldía de Bogotá, Gobernación de Cundinamarca, CAR, Corpoguvio, Instituto Alexander von Humboldt, Parques Nacionales Naturales de Colombia, MADS, DNP (2014). *Vulnerabilidad de la región capital a los efectos del cambio climático*. Plan Regional Integral de Cambio Climático para Bogotá Cundinamarca (PRICC).

IDEAM (2015a). Acciones regionales de cambio climático. Proyectos de adaptación en Colombia: IDEAM. Recuperado de: <http://www.cambioclimatico.gov.co/acciones-regionales-cambio-climatico>

IDEAM (2015b). Nuevos escenarios de cambio climático para Colombia 2011-2100. Recuperado de <http://modelos.ideam.gov.co/media/dynamic/escenarios/documento-nacional-departamental-2015.pdf>

IDEAM (2016). Valores totales diarios de precipitación y temperatura 1941-2015. base de datos enviada por correo electrónico].

Kelly, P.M., Adger, W.N., 2000. Theory and practice in assessing vulnerability to climate change and facilitating adaptation. *Climate Change* 47, 325–352.

Kaly, U., Brigugilo, L., McLeod, H., Schmsall, S., Pratt, C. y Pal, R. (1999). Environmental vulnerability index (EVI) to summarize national environmental vulnerability profiles, in: SOPAC (Ed.), Technical Report Suva, Fiji.

Lampis, A. (2013a). La adaptación al cambio climático: el reto de las dobles agendas. Cambio climático, movimientos sociales y políticas públicas. En J. Postigo (Ed.), Cambio climático, movimientos sociales y políticas públicas. Una vinculación necesaria (pp. 29-50). Santiago, Chile: Instituto de Ciencias Alejandro Lipschutz.

Lampis, A. (2013b). Vulnerabilidad y adaptación al cambio climático: debates acerca del concepto de vulnerabilidad y su medición. Cuadernos de Geografía, (22), 2, 17-33.

Li, Y., Xiong, W., Hu, W., Berry, P., Ju, H., Lin, E., ...& Pan, J. (2014). Integrated assessment of China's agricultural vulnerability to climate change: a multi-indicator approach. *Climatic Change*, 1-12.

Liverman, D.M., (1990). Vulnerability to drought in Mexico: the cases of Sonora and Puebla in 1970. *Annals of the Association of American Geographers*, 80 (1), 49-72.

Luers, A.L., Lobell, D.B., Skar, L.S., Addams, C.L. y Matson, P.A. (2003). A method for quantifying vulnerability, applied to the agricultural system of the Yaqui Valley, México. *Global Environmental Change*, 13, 255-267.

Magaña, V. (2012). Una guía metodológica para la evaluación de la vulnerabilidad ante el cambio climático. Proyecto de la Quinta Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (UNFCCC), Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), México. Recuperado de: http://www.inecc.gob.mx/descargas/cclimatico/2012_t5cn_evacc2_09_vmagana.pdf

Mansury, G. y Healy, A. (2002) Vulnerability prediction in rural Pakistan., IFPRI World Bank Conference on Risk and Vulnerability: Estimation and Policy Implications., Washington D.C.

Martínez, E., Bedoya, J., Correa, M., Muñoz, A., Paz, J., Morales, O., Romero, A., Marín, A., Montoya, A. (2007). Contaminación atmosférica y efectos sobre la salud de la población Medellín y su área metropolitana. Diagnóstico ambiental. Centro de Investigaciones, Facultad Nacional de Salud Pública, Universidad de Antioquia. Recuperado de http://www.metropol.gov.co/CalidadAire/lsdocSaludPublica/diagnostico_ambiental.pdf

Mastrandrea, M., Heller, N., Root, T. y Schneider, S., (2010). Bridging the gap: linking climate-impacts research with adaptation planning and management. *Climatic Change*, 100, 87-101.

Montalvo, A. (2011). La financiación internacional del cambio climático y las negociaciones multilaterales, cambio climático: aspectos económicos e internacionales. ICE, 862 (7-18). Recuperado de http://www.revistasice.com/CachePDF/ICE_862_7-18__31C783E05EFA3C9370BE58B5B5BE5D84.pdf

Monterroso, A.I. (2012). *Contribución al estudio de la vulnerabilidad al cambio climático en México*. (Tesis doctoral). Universidad Nacional Autónoma de México, facultad de filosofía y letras, posgrado en geografía. Recuperada de: <http://132.248.9.195/ptd2013/Presenciales/0695574/0695574.pdf>

Municipio de Distrito Metropolitano de Quito (2009). Estrategia Quiteña para el Cambio Climático (2009). Secretaría de Ambiente. Recuperado de <http://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/index.php/biblioteca-digital/category/9-cambio-climatico?download=155:estrategia-quitena-al-cambio-climatico>.

O'Brien, M. J., & Holland, T. D. (1992). The Role of Adaptation in Archaeological Explanation. *American Antiquity*, 57(1), 36–59.

O'brien, K.L., Leichenko, R.M., Kelkar, U., Venema, H.M., Aandahl, G., Tompkins, H., Javed, A., Bhadwal, S., Barg, S., Nygaard, L. y West, J. (2004). Mapping vulnerability to multiple stressors: climate change and globalization in India. *Global Environmental Change*, 14, 303-313.

Olazabal, M. (2010). "El análisis de la vulnerabilidad urbana como clave para la definición de estrategias de adaptación al cambio climático". LABEIN – Tecnalia, CONGRESO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE, CONAMA10. Recuperado de <http://www.conama10.conama.org/conama10/download/files/CT%202010/1335416320.pdf>

Oke, T. R. (1987). *Boundary layer climates*. Londres, Inglaterra: Psychology Press.

Organización Meteorológica Mundial -OMM-. (2011) "La Niña y los fenómenos meteorológicos extremos actuales". Recuperado de https://www.wmo.int/pages/mediacentre/factsheet/documents/laninaqa.final_es.pdf

Palacio, G. (2013). Cambio climático, retórica política y crisis ambiental: una nueva interfase entre ciencias naturales y ciencias sociales. En J. Postigo (Ed.), *Cambio climático, movimientos sociales y políticas públicas. Una vinculación necesaria* (pp. 51-74). Santiago, Chile: Instituto de Ciencias Alejandro Lipschutz.

Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático -IPCC- (2001). Anexo B. Glosario de términos. De Cambio climático, informe de síntesis. Recuperado de <https://www.ipcc.ch/pdf/glossary/tar-ipcc-terms-sp.pdf>

Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático -IPCC- (2007a). *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press. Recuperado de https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg2/ar4_wg2_full_report.pdf

Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático -IPCC- (2007b). *Climate Change 2007 – The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC*. CambridgeUniversityPress. Recuperado de https://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_ipcc_fourth_assessment_report_wg1_report_the_physical_science_basis.htm

Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático -IPCC-. (2015a) ¿Qué es el IPCC?: IPCC. Recuperado de http://ipcc.ch/home_languages_main_spanish.shtml

Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático -IPCC-. (2015b). Informes de evaluación: IPCC. Recuperado de http://ipcc.ch/home_languages_main_spanish.shtml

Paniagua, E; Hernández, D. (2013). La Perspectiva del cambio climático en el departamento de Antioquia. *Revista Trilogía*, 9, 115 – 130.

Parry, M.L., O.F. Canziani, J.P. Palutikof y Coautores 2007: Resumen Técnico. Cambio Climático 2007: Impactos, Adaptación y Vulnerabilidad. Aportes del Grupo de Trabajo II al Cuarto Informe de Evaluación del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático. Cambridge, U.K.

Penny, J. y Wiedtz, I., (2007). *Cities preparing for climate change: a study of six urban regions*. Toronto, Canadá: Clean Air Partnership.

Otero, E. (2014). El Plan de Adaptación al Cambio Climático de Cartagena requiere donantes. *Periódico El Universal*. Recuperado de <http://www.eluniversal.com.co/ambiente/el-plan-de-adaptacion-al-cambio-climatico-de-cartagena-requiere-donantes-161564>

Plan Ambiental de Medellín -PAM-. (2012). Diagnóstico. Componente de funcionamiento espacial. Recuperado de <https://www.medellin.gov.co/irj/go/km/docs/wpcontent/Sites/Subportal%20del%20Ciudadano/Medio%20Ambiente/Secciones/Plantillas%20Gen%C3%A9ricas/Documentos/2013/SIGAM/pam/componentefuncionamientoespacial.html#c8>

Plan Nacional de Adaptación Al Cambio Climático -PNACC-. (2011). ABC: Adaptación, bases conceptuales. Marco conceptual y lineamientos. Departamento Nacional de Planeación. Recuperado de https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Ambiente/PNACC_ABC%20Adaptaci%C3%B3n%20Bases%20Conceptuales%20CD.pdf

Plan de Ordenamiento Territorial -POT-. (2014). Documento Técnico de Soporte. Alcaldía de Medellín. Recuperado de <https://www.medellin.gov.co/irj/portal/ciudadanos?NavigationTarget=navurl://474b42d2a001a412ed3117d306a43135>

Prichett, L., Suryahadi, A. y Sumarto, S. (2000) Quantifying vulnerability to poverty: A proposed measure with application to Indonesia. Social Monitoring and Early response Unit Research Institute (SMERU).

Programa de las Naciones Unidas y el Desarrollo -PNUD-. (2010). El cambio climático en Colombia y en el sistema de las Naciones Unidas: Revisión de riesgos y oportunidades asociados al cambio climático. Recuperado de http://www.pnud.org.co/img_upload/61626461626434343535373737353535/Brochure%20resumen%20Proyecto.pdf..

Quiroz, D. (2013). Las ciudades y el cambio climático: el caso de la política climática de la Ciudad de México. *Estudios Demográficos y Urbanos*, (28), 2, 343-382.

Romero, P; Tribbia, J (2009). Assessing patterns of vulnerability, adaptive capacity and resilience across urban centers. Fifth Urban Research Symposium. Recuperado de http://www.pacificdisaster.net/pdnadmin/data/original/UCAR_2009_Romero.pdf

Romero, H., Irarrázaval, F., Opazo, D., Salgado, M y Smith, S. (2010). Climas urbanos y contaminación atmosférica en Santiago de Chile. *Eure*. Vol. 36. (109). 35-62.

Romero, P., Qin, H. (2011). Conceptualizing urban vulnerability to global climate and environmental change. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 3,142–149. Recuperado de http://ac.els-cdn.com/S1877343511000030/1-s2.0-S1877343511000030-main.pdf?_tid=04f3772c-faa5-11e5-af10-00000aab0f6b&acdnat=1459802416_dfe1389f1a6a85d1738095302d782f5d

Samaniego, J., (2009), *Cambio climático y desarrollo en América Latina y el Caribe: una reseña*. Santiago, Chile: CEPAL.

Satterthwaite, D., Huq, S., Reid, H., Pelling, M. y Romero, P. (2007a), *Adapting to climate change in urban areas: the possibilities and constraints in low –and middle– income nations*. London, Inglaterra: IIED Human Settlements Discussion Paper Series: Climate Change and Cities – 1.

Satterthwaite D, Huq S, Pelling M, Reid A, Romero, P. (2007b), *Building Climate Change Resilience in Urban Areas and among Urban Populations in Low- and Middle-income Countries' Research Report Commissioned by the Rockefeller Foundation*. Londres, Inglaterra: International Institute for Environment and Development.

Schipper, E., (2007), *Climate Change Adaptation and Development: Exploring the Linkages*. Norwich, Inglaterra: Tyndall Centre for Climate Change Research.

Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal -SEDEMA-. (2014). Programa de Acción Climática de la Ciudad de México 2014-2020. Recuperado de <http://www.sedema.df.gob.mx/sedema/images/archivos/temas-ambientales/cambio-climatico/PACCM-2014-2020completo.pdf>

Sen, A., (1981), *Poverty and Famines: an Essay on Entitlement and Deprivation.*, Oxford, Inglaterra: Clarendon Press.

Servicio Informativo sobre Negociaciones relacionadas con el Medio Ambiente y el Desarrollo Sostenible-IISD-. (2009). Síntesis de la conferencia de Copenhague sobre el cambio climático. Boletín de Negociaciones de la Tierra, (12), 459. Recuperado de <http://www.iisd.ca/vol12/enb12459s.html>

Seto, K, y Satterthwaite, D. (2010). Interactions between urbanization and global environmental change. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, (2), 127-128.

Smit, B., Burton, I., Klein, R., Wandel, J., (2000). An anatomy of adaptation to climate change and variability. *Climatic Change*, 45, 223–251.

Smit, B. y Wandel J. (2006). Adaptation, adaptive capacity and vulnerability. *Global*

Environmental Change, 16 (3), 282-292.

Smit, B., Burton, I., Klein, R. y Wandel, J. (2009). An anatomy of adaptation to climate change and variability. En Schipper, L., Burton, I. (Eds), *The earthscan reader on adaptation to climate change*. The Earthscan Reads, Sterling VA, USA, p. 459.

Stern, N., (2006), *Stern Review on the Economics of Climate Change*. London, Inglaterra: HM Treasury.

Stern, N., (2007), *The Economics of Climate Change: The Stern Review*. Cambridge, Reino Unido: Cambridge University Press.

Steward, J., (1972), *Theory of culture change: The methodology of multilineal evolution*. Illinois, Estados Unidos: University of Illinois Press.

Suárez, L., Peña, B. (2008). Tratamiento de los errores en las mediciones mecánicas. Recuperado de <http://monografias.umcc.cu/monos/2008/facultad%20Quimica-Mecanica/m0885.pdf>

Tanner, T. y Alluche, J. (2011). Towards a New Political Economy of Climate Change and Development. *IDS Bulletin*, (42), 3, 1-14.

Tol, R., y Yohe, G. (2007). The weakest link hypothesis for adaptive capacity: an empirical test. *Global Environmental Change*, 17, 218-281.

Vargas, L; Salazar, M; García, L; Hernández, D (2014). “Estado y prospectiva de las posibilidades de adaptación y mitigación de impacto del cambio climático en diferentes regiones del país”. Facultad de ciencias contables, económicas y administrativas centro de investigaciones en medio ambiente y desarrollo Cimad. Universidad de Manizales. http://ridum.umanizales.edu.co:8080/jspui/bitstream/6789/764/1/Guerrero_Guti%C3%A9rrez_Reinaldo_2013.pdf

Vela, Sergio (2005). “Marco teórico de la directiva de comercio de emisiones”. Revista ICE, mayo 2005, 822. Recuperado de: http://www.revistasice.com/CachePDF/ICE_822_3950_F9065AFC11D43C706DB9D63DB733D1EE.pdf

Wilhelmi, V; Hayden, H. (2010). Connecting people and place: a new framework for reducing urban vulnerability to extreme heat. *Environmental research letters*. 5, 1-7.

Vogel C, O'Brien K (2004). Vulnerability and global environmental change: Rhetoric and reality. AVISO – Information Bulletin on Global Environmental Change and Human Security 13. Recuperado de : <http://www.gechs.org/publications/aviso/13/index.html>.

<http://iclei.org.mx/web/index.php/seccion/Acerca-de-ICLEI> Acerca de ICLEI. Gobiernos locales por la sustentabilidad. 2016.