

Diagnóstico ambiental de las estrategias para la formulación del Plan de adaptación en salud al cambio y la variabilidad climática de Medellín

Trabajo de grado para optar por el título de Ingeniera Ambiental

Mariana Jiménez García

**Asesor
Ángela María Bello Gómez
Ingeniera Ambiental
Especialista en Producción más Limpia
Magister en Ingeniería Urbana**

**Corporación Universitaria Lasallista
Facultad de Ingeniería
Ingeniería Ambiental
Caldas - Antioquia
2019**

Contenido

Introducción	12
Justificación	19
Objetivo	23
Objetivos específicos	23
Marco Teórico	24
Cambio climático	24
Gases de efecto invernadero.....	25
Adaptación	25
Riesgo	26
Amenaza.....	26
Exposición	27
Vulnerabilidad.....	27
Serie de tiempo	29
Metodología.....	30
Diagnóstico de algunas de las líneas de intervención del Plan de Adaptación en Salud al Cambio y la Variabilidad Climática para Medellín	30
Proponer la descripción de factores ambientales adicionales a las líneas de intervención delimitadas por la SSSP municipal.....	31
Identificar indicadores como insumo para el cálculo de la vulnerabilidad por comuna	32
Crear las series temporales de las temperaturas superficiales promedio diarias durante el día y la noche del municipio a partir de los registros de 2006 a 2019 vía satélite	33
Favorecer la creación de estrategias o acciones de adaptación en salud	34
Resultados	37
Diagnóstico de algunas líneas de intervención asociadas al cambio climático y priorizadas para la vigilancia e intervención dentro del Plan de Adaptación en Salud al Cambio y la Variabilidad Climática de Medellín.....	37
Gestión del Riesgo de Desastres.....	37
Afectación a la disponibilidad y acceso a agua potable.....	44
Radiación Ultravioleta.....	54
Descripción de factores ambientales adicionales a las líneas de intervención delimitadas por la SSSP municipal.....	58
Ubicación territorial y descripción geomorfológica.....	58
Patrones de uso del suelo	63
Estructura ecológica	73
Indicadores como insumo para el cálculo de la vulnerabilidad por comuna.....	86
Series temporales de las temperaturas superficiales promedio diarias durante el día y la noche del municipio a partir de los registros de 2006 a 2019 vía satélite	88
Estrategias de adaptación en salud	90
Conclusiones	93
Referencias	95

Apéndices ¡Error! Marcador no definido.

Lista de tablas

Tabla 1. Eventos históricos de Riesgo en Medellín.....	39
Tabla 2. Valores obtenidos de IUV en Medellín y en El Retiro.....	56
Tabla 3. Comparación de IUV en dos días en particular.....	57
Tabla 4. Población Medellín 2018.....	59
Tabla 5. Cuencas y microcuencas abastecedoras en suelo rural.....	77
Tabla 6. Registro de las temperaturas superficiales promedio diarias y anuales durante la noche.....	86
Tabla 7. Registro temperaturas superficiales mínimas y máximas durante el día, número de días en el año en que la temperatura superó 32° C y temperaturas superficiales máximas al año.....	87
Tabla 8. Número de árboles y arbustos por comuna y por año en Medellín registrados en la plataforma SAU.....	88
Tabla 9. Muestra del registro procedimental para el análisis temporal de las temperaturas superficiales medias diarias durante el día en Medellín.....	89
Tabla 10. Fracción de la matriz de estrategias de adaptación en salud.....	92

Lista de Figuras

Figura 1. Zonas Urbanas del Municipio de Medellín	40
Figura 2. Zonas rurales del Municipio de Medellín.....	41
Figura 3. Provisión de agua para el Valle de Aburrá	44
Figura 4. Ubicación plantas de tratamiento acueductos veredales	45
Figura 5. Áreas prioritarias para el aprovisionamiento de agua superficial dentro y fuera de Medellín	46
Figura 6. Índice de Regulación Hídrica para la cuenca del río Aburrá	50
Figura 7. Índice de Vulnerabilidad al desabastecimiento Hídrico IVH	51
Figura 8. Índice de Calidad ICA del río Aburrá	53
Figura 9. IACAL río Aburrá en año seco	54
Figura 10. Código de colores para el Índice Ultravioleta IUUV	55
Figura 11. Depósitos de Vertiente en la zona noreste de Medellín	60
Figura 12. Mapa Geológico del Valle de Aburrá y sus depósitos de vertiente	61
Figura 13. Clasificación del suelo del municipio	64
Figura 14. Áreas de intervención estratégica	68
Figura 15. Gráfico del comportamiento de las temperaturas superficiales medias durante el día reales vs las temperaturas superficiales pronosticadas	89
Figura 16. Gráfico del comportamiento de las temperaturas superficiales medias durante la noche reales vs las temperaturas superficiales pronosticadas	90
Figura 17. Código de colores para la clasificación de las estrategias de adaptación en función de la vulnerabilidad y la exposición	91

Lista de apéndices

Apéndice A. Acueductos pertenecientes al sistema de abastecimiento de agua de la población

Apéndice B. Escenarios de riesgo en Medellín por zonas

Acrónimos, siglas y abreviaturas

AMVA	Área Metropolitana del Valle de Aburrá
ASIS	Análisis de Situación en Salud
AUVA	Área Urbana del Valle de Aburrá
CEPAL	Comisión Económica para América Latina y el Caribe
CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
CONPES	Consejo Nacional de Política Económica y Social
CORNARE	Corporación Autónoma Regional de las Cuencas de los Ríos Negro y Nare
CH₄	Metano
CO₂	Dióxido de Carbono
CVC	Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca
C40	Grupo de liderazgo climático de ciudades a nivel mundial
DAGR	Departamento Administrativo para la Gestión y el Riesgo de Desastres en Medellín
DBO	Demanda Biológica de Oxígeno
DSAS	Determinantes Sociales y Ambientales de la Salud
DQO	Demanda Química de Oxígeno
ECDBC	Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono
EPA	Agencia de protección al Medio Ambiente de los Estados Unidos
EPM	Empresas Públicas de Medellín
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
GEI	Gases de Efecto Invernadero
HFC	Hidrofluorocarbonos
IACAL	Índice de Alteración Potencial de la Calidad del Agua
ICA	Índice de Calidad del Agua
ICACOSU	Índice de Calidad del Agua para Corrientes Superficiales
ICV	Incendios de Cobertura Vegetal

IDEAM	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales
INCA	Informe Nacional de Calidad del Agua para consumo humano
IPCC/GIECC	Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático
IRCA	Índice de Riesgo de la Calidad del Agua para consumo humano
IRH	Índice de Retención y Regulación Hídrica
IUA	Índice de Uso del Agua
IUV	Índice Ultravioleta
IVH	Índice de Vulnerabilidad por desabastecimiento Hídrico
MADS	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible
MSPS	Ministerio de Salud y Protección Social
OMS	Organización Mundial de la Salud
O₃	Ozono
N₂O	Óxido Nitroso
OD	Oxígeno Disuelto
ODM	Objetivos de Desarrollo del Milenio
OMM	Organización Meteorológica Mundial
OPENDATA	Datos Geográficos Abiertos
PACC	Plan de Adaptación al Cambio Climático
PACCSA	Plan de Adaptación al Cambio Climático en Salud Ambiental
PDSP	Plan Decenal de Salud Pública
PFC	Perfluorocarbonos
PICCA	Plan Integral de Cambio Climático en Antioquia
PND	Plan Nacional de Desarrollo
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
POMCA	Plan de Ordenamiento y Manejo de Cuenca Hidrográfica
POT	Plan de Ordenamiento Territorial
PRCC	Plan Regional de Cambio Climático de Corantioquia
SF₆	Hexafluoruro de azufre
SAU	Sistema de Arbolado Urbano de Medellín
SIAC	Sistema de Información Ambiental de Colombia
SIAMED	Sistema de Información Ambiental de Medellín

SIG	Sistemas de Información Geográfica
SIMAP	Sistema Municipal de Áreas Protegidas
SMA	Secretaría de Medio Ambiente de Medellín
SSSP	Subsecretaría de Salud Pública
SST	Sólidos Suspendidos Totales
TCNCC	Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático
UN	Naciones Unidas

Resumen

El cambio climático es un fenómeno del clima que genera cambios en los patrones o ciclos naturales del planeta, producto de la acumulación continua de diversos gases de efecto invernadero, los cuales se derivan de la huella de la actividad humana en la tierra, principalmente, por su magnitud y frecuencia. La acumulación de estos gases en la atmósfera del planeta altera las concentraciones estables de los gases con las cuales los ecosistemas trabajan en condiciones normales; como se aumentan las concentraciones de los gases, la radiación solar incipiente es capturada por la Tierra sin poder ser liberada, gracias a que la capa de gases es más grande, impidiendo su salida. Esto crea a su vez la maximización de calor. Este fenómeno es conocido como calentamiento global, y es el que genera los cambios en el clima y los ciclos naturales anteriormente mencionados.

Esta situación pone en grave riesgo a los ecosistemas y a los seres humanos. Algunos de los efectos del cambio climático son fuertes lluvias que provocan deslaves e inundaciones; huracanes y tormentas de gran intensidad; olas de calor, producto de las altas temperaturas; heladas más fuertes; pérdida de cultivos a causa de exceso de calor y/o precipitación; disminución de la biodiversidad a causa de la pérdida de especies locales y/o migración; incremento de las enfermedades en la población; incremento de plagas que pueden ocasionar enfermedades; disminución en la disponibilidad del recurso hídrico; aumento en los eventos de riesgo como incendios, movimientos en masa, inundaciones, avenidas torrenciales, entre otros. Estos cambios en el clima mundial afectan especialmente a las poblaciones más vulnerables, entre las

cuales destacan desplazados, adultos mayores, mujeres en condición de vulnerabilidad, personas con discapacidad, migrantes, etnias y poblaciones tribales, personas en condición de pobreza, niños menores de cinco años, etc.

Con el fin de disminuir los impactos potenciales derivados de este fenómeno en el clima, algunas entidades a nivel mundial decidieron efectuar instrumentos normativos y vinculativos para abordar soluciones relacionadas con la necesidad de evitar el riesgo que ocasiona el cambio climático en la salud y en el medio ambiente.

En ese orden de ideas, Colombia participó y continúa participando en la formulación e implementación de este tipo de instrumentos de planificación para la reducción del riesgo. La ciudad de Medellín, por su parte, atenta a la necesidad de generar e implementar políticas públicas relacionadas con la gestión integral de la salud de la población, se acoge a la creación e implementación de su PACCSA, a través de la Secretaría de Salud de la Alcaldía de Medellín, reconociendo la urgencia de evitar eventos de riesgo en la salud. Por ello, se hace necesario diagnosticar a través de un análisis ambiental las estrategias en salud potencialmente importantes a implementar en la ciudad, para actuar en beneficio de la reducción de la vulnerabilidad del territorio.

Palabras clave: Adaptación, Cambio climático, Riesgo, Salud, Vulnerabilidad.

Introducción

El cambio climático, según el Ministerio de Salud - Subdirección de Salud Ambiental (2016) e IDEAM (s.f.), es definido como un fenómeno de variación en la distribución de los patrones del clima, atribuido a las acciones de la actividad antrópica (directa o indirectamente); se presenta en periodos de tiempo de pequeña o gran dimensión (desde décadas hasta millones de años) y afecta la composición promedio de los gases de la atmósfera mundial, lo cual desestabiliza la variabilidad natural del clima analizada durante miles de años; existen algunos procesos naturales que tienen gran influencia en la manifestación del cambio climático, como son la variación en la radiación solar, los movimientos de la corteza terrestre, la actividad volcánica y las variaciones de los parámetros orbitales de la tierra (la inclinación del eje del planeta, la excentricidad).

Estos cambios en los patrones climáticos son impulsados por el efecto invernadero, el cual, de acuerdo a IDEAM (s.f.), se trata de un comportamiento natural del planeta, en este caso, en el que los gases de efecto invernadero (dióxido de carbono CO_2 , vapor de agua, metano CH_4 , óxido nitroso N_2O , ozono O_3 y gases fluorados como hidrofluorocarbonos HFC, perfluorocarbonos PFC y hexafluoruro de azufre SF_6 , según menciona Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, s.f.) absorben la radiación infrarroja solar, incluyendo la fracción reflejada por la superficie terrestre y por las nubes, aumentando y reteniendo el calor en la primera capa de la atmósfera, la tropósfera.

Entre sus principales efectos, conforme dice Acciona (s.f.), por el cambio climático se puede ver reflejada la presencia de eventos meteorológicos más violentos, como precipitaciones de mayor intensidad, periodos de sequías y vientos más fuertes, disminución de la biodiversidad a causa de la pérdida de especies locales y/o migración, incremento de las enfermedades en la población (incluyendo afectaciones a la salud mental y enfermedades crónicas no transmisibles), incremento de plagas que pueden ocasionar enfermedades, presencia y expansión de islas de calor urbanas, disminución en la disponibilidad del recurso hídrico, afectación a la seguridad alimentaria a causa de pérdida de cultivos, aumento en los eventos de riesgo como incendios, movimientos en masa, inundaciones, avenidas torrenciales, entre otros, lo cual fomentará la destrucción de los medios de subsistencia y de los recursos económicos.

Todos estos cambios, influyen en los DSAS (los cuales son agua potable, aire limpio, alimentos suficientes, vivienda segura) de acuerdo a Ministerio de Salud - Subdirección de Salud Ambiental (2016). Según la OMS, como indica Ministerio de Salud - Subdirección de Salud Ambiental (2016), entre los años 2030 y 2050, el cambio climático creará 250.000 defunciones anuales, a causa de desnutrición, paludismo, diarrea y estrés calórico, a nivel mundial.

Debido a estas consecuencias de gran preocupación, el país fue y sigue siendo estado parte de la CMNUCC actualmente (a través de la Ley 164 de 1994) al tratarse de un territorio altamente vulnerable ante los efectos ocasionados por la presencia del cambio climático, conforme menciona Ministerio de Salud - Subdirección de Salud Ambiental (2016); al estar consciente de esta problemática de talla mundial, Colombia

también se comprometió en el Protocolo de Kioto a intervenir en la mitigación de sus emisiones de gases de efecto invernadero, y por ello desarrolló una política nacional para responder a las exigencias de reducción de GEI.

La ley 1753 de 2015 “Por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2014 – 2018” (Senado, s.f.) indica en el artículo 170 como se menciona en MinSalud – Subdirección de Salud Ambiental (2016), la necesidad de la Formulación de una política de crecimiento verde en el país, la cual demanda la gestión de los Ministerios en la creación de planes sectoriales de adaptación al cambio climático y planes de acción en mitigación de la ECDBC.

Ahora, el PND 2010 – 2014 “Prosperidad para Todos” (a través de la Ley 1450 de 2011), la Estrategia Institucional para la Articulación de Políticas y Acciones en Materia de Cambio Climático en Colombia (CONPES 3700 de 2011) y el PND 2014-2018: “Todos por un nuevo país” (a través de la Ley 1753 de 2015) se encargaron de plantear la política de acción climática nacional, como indica Ministerio de Salud - Subdirección de Salud Ambiental (2016). En la Ley 1753 del PND 2014-2018, en su artículo 155 se manifiesta la debida gestión del Fondo para la Adaptación, expedido a través del Decreto-Ley 4819 de 2010. Este “podrá estructurar y ejecutar proyectos integrales de reducción del riesgo y adaptación al cambio climático, en el marco del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y en coordinación con los respectivos sectores” (Ministerio de Salud - Subdirección de Salud Ambiental, 2016).

A partir del documento por nombre: Iniciativas de Adaptación al Cambio Climático, de la circular 039 de 2014 del MSPS (metas en cuanto a mecanismos de acción frente al cambio climático) y en articulación con el proceso de Planeación

Integral para la Salud, en la Resolución 1536 de 2015, según menciona Ministerio de Salud - Subdirección de Salud Ambiental (2016), la Subdirección de Salud Ambiental formula el *Lineamiento para la Formulación de Planes Territoriales de Adaptación al Cambio Climático desde el Componente de Salud Ambiental*, con el fin de que los territorios diseñen su estrategia de adaptación, con base a sus herramientas, instrumentos de planificación ambiental y contexto propio, anticipándose a los diversos efectos en salud relacionados con el fenómeno de cambio climático.

Adicional, como se indica en la consolidación del PACCSA de Medellín (versión Mayo 2019), el sector salud, a nivel nacional, a través del PDSP 2012 – 2021, asume el compromiso en respuesta a la adaptación al cambio climático, estableciendo la prioridad de la dimensión de salud ambiental, dentro de la gestión del sector de salud.

La salud ambiental es entonces definida en el PDSP como un

Conjunto de políticas, planificadas y desarrolladas de manera transectorial, con la participación de los diferentes actores sociales, que buscan favorecer y promover la calidad de vida y salud de la población, de las presentes y futuras generaciones, y materializar el derecho a un ambiente sano, a través de la transformación positiva de los determinantes sociales, sanitarios y ambientales (PDSP, 2013 como se menciona en la consolidación del PACC, versión Mayo 2019).

El municipio de Medellín, entendiendo su realidad y complejidad territorial, a través de la formulación del Plan de Adaptación al Cambio Climático en Salud Ambiental (PACCSA), a cargo de la Secretaría de Salud y en articulación con diferentes actores gubernamentales, académicos y de la sociedad civil, pretende

fortalecer su gestión en salud al diseñar e implementar estrategias de adaptación para reducir el impacto en la salud de la población, ante los eventos de cambio climático, con el fin de disminuir la vulnerabilidad poblacional territorial. En la estructura del PACCSA de Medellín se contempla la articulación de diferentes componentes municipales y nacionales de gran importancia, los cuales permiten darle una categorización propia al plan, que responda a las necesidades de Medellín. Entre estos componentes se encuentran: el marco normativo nacional y local, el análisis del contexto hidrometeorológico, la descripción de la situación actual de cambio climático y de las condiciones de riesgo del territorio de Medellín frente al cambio y la variabilidad climática, la revisión de los instrumentos territoriales existentes de planificación municipal, el historial de eventos de riesgo en la ciudad, el diagnóstico en diferentes líneas de intervención (Cambio en los patrones de vectores y zoonosis, afectación a la disponibilidad y acceso a agua potable, presencia de desastres naturales, afectación a la seguridad nutricional, aumento en las radiaciones ultravioleta, presencia de islas de calor urbana y efectos en la salud por contaminación atmosférica), el análisis de los eventos en salud presentados por cada línea de acción anteriormente mencionada, la caracterización de la vulnerabilidad en salud de cada comuna (a través de la metodología planteada por el IDEAM & el PNUD en la TCNCC para identificar la vulnerabilidad y el riesgo por cambio climático) considerando indicadores poblacionales, físicos, de infraestructura, ambientales, de población vulnerable, de servicios, de equipamientos, de salud, de movilidad, de economía, entre otros., las estrategias de adaptación en salud por cada eje estratégico de acción (fortalecimiento de la capacidad de respuesta, vigilancia en salud ambiental, disminución de la

vulnerabilidad, promoción de la salud, respuesta en situaciones de emergencia, generación de evidencia y gestión del conocimiento), los indicadores de seguimiento y control de las estrategias de adaptación priorizadas, el análisis de la estructura y los recursos en salud para la capacidad de respuesta ante eventos de variabilidad y cambio climático y por último, los objetivos del PACCSA, los recursos que requiere su implementación y los beneficios de su ejecución en el municipio.

Ahora, en el marco del Trabajo de grado para optar por el título de Ingeniera Ambiental, se hizo un gran aporte dentro de la estructura del PACCSA a través de la participación en el diagnóstico de algunas de las diferentes líneas de intervención (afectación a la disponibilidad y acceso a agua potable, presencia de desastres naturales y aumento en las radiaciones ultravioleta); en este apartado, se mencionó la definición de cada línea, su relación con el cambio climático y su magnitud de impacto dentro del municipio; otro aporte corresponde al análisis de los eventos en salud en la ciudad presentados por cada línea de acción anteriormente mencionada; también se desarrolló la descripción de una serie de factores ambientales propios en el contexto de Medellín (la descripción de su ubicación territorial, su descripción geomorfológica, los patrones de uso del suelo y la estructura ecológica); adicional, se intervino en la caracterización de la vulnerabilidad dentro de cada comuna del municipio, a partir del cálculo de algunos indicadores esenciales como la temperatura superficial municipal media diaria y anual durante el día y la noche del municipio (años 2006 a 2019) - estos datos fueron obtenidos del registro de temperaturas vía satélite -, el número de días por año que excedieron una temperatura media diaria durante el día, de 32°C (años 2006 – 2019), la estimación de las temperaturas máximas anuales durante el día (años 2006 –

2019). Además, se elaboró una serie de tiempo de la temperatura superficial media diaria durante el día, y otra para las temperaturas superficiales medias durante la noche y se apoyó la elaboración de los talleres de cambio climático en algunas comunas, a cargo de la secretaría de medio ambiente, con el fin de levantar insumos para la construcción del Plan de Acción Climática de Medellín, el cual es un plan macro que integrará las acciones positivas recogidas de cada comuna, gremio, como también las acciones propuestas por expertos institucionales y de otras redes de gestión climática como C40. Otra de las intervenciones dentro de la formulación del Plan corresponde a la participación en la elaboración de la matriz de estrategias de adaptación en salud, posteriormente priorizadas para consolidar aquellas con mayor factibilidad de acción. En ese orden de ideas, con la participación en la construcción del PACCSA de Medellín a cargo de la subsecretaría de salud pública del municipio, unidad de salud ambiental, se pretende diagnosticar a través de un análisis ambiental las estrategias en salud necesarias a formular con el fin de reducir la vulnerabilidad frente a los posibles episodios de salud que se presentarán a causa del cambio climático en la ciudad, y en el mundo.

Justificación

Los efectos del cambio climático son una amenaza directa para la salud de las personas, de alcance mundial, y como establece UN (s.f.), el cambio climático es el mayor desafío de nuestro tiempo; justamente debido a esto, es necesario formular medidas de adaptación de nuestras poblaciones desde este momento, pues más adelante será una situación mucho más complicada debido a la magnitud de sus efectos, que cada día van en aumento.

Existen pruebas alarmantes de que se pueden haber alcanzado o sobrepasado puntos de inflexión que darían lugar a cambios irreversibles en importantes ecosistemas y en el sistema climático del planeta. Ecosistemas tan diversos como la selva amazónica y la tundra antártica pueden estar llegando a umbrales de cambio drástico debido al calentamiento y a la pérdida de humedad. Los glaciares de montaña se encuentran en alarmante retroceso y los efectos producidos por el abastecimiento reducido de agua en los meses más secos tendrán repercusiones sobre varias generaciones (UN, s.f.).

UN (s.f.) resalta algunos de los hechos científicos más relevantes, como que la concentración de gases en la atmósfera se relacione directamente con la temperatura promedio mundial del planeta, que esta esté en aumento progresivo desde la Revolución Industrial y que el GEI de mayor abundancia corresponda al CO₂, representando las 2/3 partes de la cantidad de GEI emitidos, proviniendo de la quema de combustibles fósiles. Es importante señalar cómo el efecto invernadero es un

fenómeno natural de gran importancia para la supervivencia de los seres vivos, pues mantiene las condiciones climáticas aptas para el desarrollo de la vida, pero las actividades productivas del ser humano (entre las cuales destaca industrialización, deforestación y agricultura a gran escala), están ocasionando externalidades de gran impacto en el medio ambiente, como lo es la enorme cantidad de emisiones día a día, en este caso, lo cual está acelerando las condiciones de riesgo para la población, especialmente para aquellas que se encuentran en las condiciones más vulnerables (en función de la proporción entre la sensibilidad y la capacidad adaptativa). “A medida que la población, las economías y el nivel de vida crecen, también lo hace el nivel acumulado de emisiones de este tipo de gases” (UN, s.f).

Como se menciona en UN (s.f.), el IPCC fue un grupo formado para desempeñarse como una fuente objetiva de información de tipo científica, creado por la OMM y la ONU Medio Ambiente. Este sirve como una herramienta investigativa de escala mundial, debido a la necesidad de emprender registros científicos en tema de cambio climático, al ser un fenómeno de gran complejidad. A partir de los informes que publica el IPCC (los cuales contienen por ejemplo la tasa de aumento del nivel del mar, la concentración de emisiones acumulada desde la época preindustrial, proyecciones de emisiones, etc.), los países pueden emplear diferentes análisis de este fenómeno teniendo en cuenta su contexto local, y también estos sirven para el mismo ejercicio, a escala territorial y local. Adicional, las Naciones Unidas tienen diferentes instrumentos jurídicos a partir de los cuales, los diferentes países emplean ejercicios de articulación para la gestión en materia de cambio climático; estos instrumentos son la CMNUCC, el Protocolo de Kyoto y el Acuerdo de París.

El Plan de Adaptación al Cambio Climático en el componente de Salud Ambiental, para la ciudad de Medellín, será un insumo de planificación en salud, el cual servirá como una caja de herramientas analíticas para entender el impacto ocasionado por la variabilidad y el cambio climático en la salud de las personas del territorio de Medellín, y disminuir su influencia a través de la formulación e implementación de estrategias de adaptación en salud.

La SSSP de la Alcaldía de Medellín avanza en procesos de creación de estrategias de adaptación y en el cálculo de la vulnerabilidad del municipio, a través de diferentes espacios de integración interinstitucional, como son las reuniones con funcionarios de diferentes secretarías. Estos espacios permiten fomentar la interdisciplinariedad en las directrices planteadas dentro del plan. El desarrollo de este plan, permitirá entonces, tener la sistematización de la evidencia y generar indicadores para auditar la acción de las estrategias planteadas en pro de la mitigación de los efectos en salud de la población del municipio.

Para el desarrollo de este PACCSA de Medellín, es necesario efectuar un diagnóstico a través de un análisis ambiental de las estrategias en salud para poder identificar los eventos de riesgo para la población presentados en la ciudad dentro de las diferentes líneas de intervención del plan y los impactos de estos en la salud de las personas; también para conocer cuáles comunas son las más vulnerables al considerar indicadores poblacionales, físicos, de infraestructura, ambientales, de población vulnerable, de servicios, de equipamientos, de salud, de movilidad, de economía, entre otros., pues se hace necesario emprender medidas de adaptación prioritarias en las comunas más vulnerables en términos de su sensibilidad y capacidad adaptativa; y en

general, es de gran importancia que cada territorio aborde soluciones adaptativas en salud que aborden el tema de cambio climático, para lograr un crecimiento resiliente territorial y reducir la vulnerabilidad frente a los riesgos de desastres a causa del cambio climático y su impacto en la salud.

Objetivo

Diagnosticar a través de un análisis ambiental las estrategias de adaptación en salud para la formulación del PACCSA de Medellín.

Objetivos específicos

- Acompañar la construcción del diagnóstico de algunas líneas de intervención del plan de adaptación en salud ambiental al cambio climático.
- Proponer la descripción de factores ambientales adicionales a las líneas de intervención delimitadas por la SSSP municipal.
- Identificar los indicadores de vulnerabilidad asociados a temperaturas superficiales y cobertura vegetal por comuna.
- Crear las series temporales de las temperaturas superficiales promedio diarias durante el día y la noche del municipio a partir de los registros de 2006 a 2019 vía satélite.
- Favorecer la creación de estrategias o acciones de adaptación en salud.

Marco Teórico

Cambio climático

Es un desequilibrio en el balance térmico del planeta, conforme indica Siac (s.f.), generando un incremento en la temperatura media, lo cual crea alteraciones en el clima de la Tierra. Este fenómeno se genera a partir de una gran acumulación en la concentración de la capa de gases en la atmósfera que impide la salida de la cantidad de calor necesaria para que la temperatura media permanezca estable. La alta tasa de emisión de gases de efecto invernadero, producto de las actividades económicas del ser humano (en mayor proporción si es comparada con los procesos naturales), es la encargada de acelerar el desequilibrio climático. El uso y quema de combustibles fósiles como el petróleo, el gas, el carbón que son utilizados como fuente de energía en el desarrollo de actividades antrópicas (industriales, de transporte, de disposición de residuos líquidos y sólidos, de minería, entre otras), sumados a la alta deforestación, agricultura y ganadería responden a la mayor emisión de estos gases, como externalidad de los procesos productivos. En Colombia, este fenómeno amenaza especialmente a las fuentes hídricas provenientes de los ecosistemas altoandinos y de páramo, como también a los glaciares de alta montaña a causa del deshielo y a los ecosistemas marinos debido al cambio en la temperatura promedio, a los arrecifes de coral, afectando el recurso pesquero nacional; este cambio en las condiciones normales de los ecosistemas ocasiona una pérdida importante de especies y de sus servicios ecosistémicos. Una mayor presencia de inundaciones, deslizamientos e incendios serían otras de las consecuencias a presentarse en los diversos territorios, alterando en especial a las poblaciones vulnerables.

Gases de efecto invernadero

Los gases emitidos diariamente, encargados de producir el fenómeno de calentamiento del planeta corresponden al CO₂, el CH₄, el vapor de agua, el N₂O, el ozono O₃ y gases fluorados como hidrofluorocarbonos HFC, perfluorocarbonos PFC y hexafluoruro de azufre SF₆, de acuerdo a IDEAM (s.f.); estos se acumulan y aceleran el aumento en el grosor de la capa de la atmósfera. Pueden tener una vida en la atmósfera de años, décadas o incluso siglos. Como consecuencia de este proceso, una importante fracción de la radiación infrarroja queda atrapada y se produce un calentamiento global. A su vez, este incremento a mediano y largo plazo puede ocasionar diversos cambios en los patrones climáticos y por ende, desestabilizar el normal funcionamiento de la estructura ecológica a nivel mundial y afectar la vida en el planeta de forma general.

Adaptación

Según Canal de Evolución de la Universidad del Valle (2018), este término comprende a un proceso o rasgo morfológico, comportamental o fisiológico que mejora las condiciones de vida de un organismo con respecto al estado de sus ancestros, en presencia de una presión selectiva o un ambiente dado. Ahora, el Consolidado del PACCSA de Medellín versión mayo (2019) define la adaptación como un proceso de los individuos de ajuste al clima real o proyectado y a los efectos provenientes de este. En el sistema antrópico, se refiere a desarrollar actividades o emplear cambios con el fin de moderar o evitar los daños, o también, aprovechar los beneficios en caso tal de que se presenten.

Riesgo

Con base al Consolidado PACCSA de Medellín versión mayo (2019), el riesgo se define como la combinación de la probabilidad de que sucedan fenómenos de origen hidrometeorológico a causa del cambio climático y la probabilidad de que se produzcan impactos negativos sobre la salud de las personas o sobre el ambiente, o que se produzcan pérdidas futuras debido a las características propias, la capacidad de respuesta de la población y su grado de exposición frente a las amenazas existentes en el territorio. Con base a Siac (s.f.), el riesgo se entiende como la articulación de la probabilidad de un evento climático desfavorable con la vulnerabilidad y la exposición.

Según la TCNCC (2017), a partir de la fórmula general de gestión del riesgo

Riesgo = Amenaza x Vulnerabilidad

El IPCC adoptó la fórmula de vulnerabilidad al cambio climático con el fin de identificar un punto de diálogo entre quienes gestionan información y conocimiento en torno al análisis de la gestión del riesgo, así

$$\text{Riesgo por cambio climático} = \Delta \text{ Amenaza (exposición)} \times \frac{\text{Sensibilidad}}{\text{Capacidad Adaptativa}}$$

Amenaza

Esta variable, en correspondencia al Consolidado del PACCSA de Medellín versión mayo (2019), comprende a un evento de origen físico que puede ser producido natural o forzadamente por la actividad antrópica, y por su magnitud puede ocasionar diversos impactos en la salud de las personas, así como también pérdidas de bienes, infraestructura, de recursos ambientales y de servicios. Ahora bien, considerando el tema de cambio climático, la amenaza será relacionada directamente con la presencia de diversos fenómenos hidrometeorológicos extremos que se asocian a la variabilidad en el clima por causa de cambio climático.

Exposición

De acuerdo al IPCC (2014) como se citó en la TCNCC (2017), la exposición relaciona la presencia de gente, sus medios de vida, ecosistemas, infraestructura, servicios y recursos, actividades económicas, prácticas culturales y sociales en lugares que están amenazados por fenómenos físicos o podrían ser afectados. La exposición depende del contexto dado por la amenaza por cambio climático, con base a las circunstancias de clima, medio físico y condición ambiental.

Vulnerabilidad

Los diferentes cambios presentados en el clima, según indica IPCC (2012) como se citó en Siac (s.f.), en muchos casos han creado impactos desfavorables para la condición de las poblaciones humanas. A pesar de esto, la gravedad del impacto por causa de la variabilidad en el clima depende de las variables de exposición y vulnerabilidad.

Para el IPCC (2014) como se citó en la TCNCC (2017), la vulnerabilidad es la predisposición por las condiciones sociales a ser afectado de forma negativa. Ahora bien, los grupos sociales que se encuentran en condiciones desfavorables de pobreza, de sexo y/o edad, por ejemplo, pueden verse mayormente afectados por los eventos desfavorables causados por el cambio climático si se presenta un evento con las mismas condiciones hidrometeorológicas en otro contexto social.

La vulnerabilidad es un producto de la interacción de una cantidad de factores como las condiciones socioeconómicas, en las que se relacionan la sensibilidad y la capacidad adaptativa como factores. Para su reducción, conforme se relata en la TCNCC (2017), algunas de las actividades a desarrollar corresponden a la educación

sobre el riesgo por cambio climático y su relación con los riesgos de desastres climáticos locales, la mejora de la alerta temprana y de la capacidad de respuesta ante diversos eventos.

Según indica Siac (s.f.), en el sistema productivo colombiano, el sector agropecuario tendrá una disminución del agua disponible para su mantenimiento lo que traduce en una afectación a la producción de alimentos en las poblaciones, como también, se reflejará esta alteración en el sector de energía eléctrica debido a la alta dependencia del sector, para la generación. Adicional, el país presenciara diversos cambios en el clima, lo cual creara variaciones en su capacidad de producción de alimentos; de manera general en todos los sectores, habra escasez de diferente tipo de materia prima para la producción, generando alto costo por insumos.

Sensibilidad

Con base al Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (2016), esta refiere al grado de afectación en un sistema, de forma positiva o negativa, por la variabilidad y el cambio climático. Los efectos del fenómeno de cambio climático pueden ser directos o indirectos y su nivel de afectación dependerá de la sensibilidad del sistema.

Capacidad Adaptativa

Se trata de las capacidades, recursos, instituciones y similares que fomentan y mejoran los procesos adaptativos frente a los eventos a causa de cambio climático, en diferentes niveles de análisis, con base a la definición del término presentada por el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (2016). Esta se relaciona con el acompañamiento en el diseño y la implementación de acciones y medidas de

adaptación efectivas para el contexto local territorial, en pro de la disminución de la vulnerabilidad ambiental y de las poblaciones. Algunos de los elementos relacionados con la capacidad adaptativa de un territorio se relacionan con: destinación de recursos financieros, instrumentos de planificación vinculados directamente con el proceso de adaptación al cambio climático y la articulación de diversas acciones en función de las problemáticas. Las acciones formuladas para mejorar la capacidad de adaptación deben considerar elementos de gran importancia como la estructura administrativa local, el marco normativo del territorio y las redes de coyuntura entre actores.

Serie de tiempo

Es un proceso estadístico a través del cual, según Hildebrand (1998) como se citó en Patiño Jiménez, Luis A. & Silva Salcedo, Diego F (s.f.), se crea una colección de datos por un periodo de tiempo, en función de una misma cantidad de variables. Además, considera las mediciones a partir de unos intervalos fijos. El fin de efectuar este tipo de procedimientos corresponde a la modelación del comportamiento observado en las mediciones registradas, para pronosticar los valores y permitir analizar sus resultados y tomar decisiones. Este procedimiento tiene aplicación en varios sectores como el marketing y los presupuestos, la proyección de empleo y desempleo, la evolución del índice de precios al consumidor, los beneficios netos de cierta entidad bancaria, el número de habitantes anuales, la temperatura media mensual, entre otros.

Metodología

Diagnóstico de algunas de las líneas de intervención del Plan de Adaptación en Salud al Cambio y la Variabilidad Climática para Medellín

Introducción

La SSSP de la Alcaldía de Medellín en el proceso de formulación del PACCSA del municipio, ideó inicialmente 7 líneas de intervención con el fin de facilitar la creación de las estrategias de adaptación en salud y simplificar el proceso de diagnóstico ambiental del municipio y de sus eventos en salud. Las 7 líneas de acción anteriormente mencionadas comprenden los factores ambientales a desarrollar dentro del plan, los cuales son: cambio en los patrones de vectores y zoonosis, afectación a la disponibilidad y acceso a agua potable, presencia de desastres naturales, afectación a la seguridad nutricional, aumento en las radiaciones ultravioleta, presencia de islas de calor urbana y efectos en la salud por contaminación atmosférica. Estas líneas ya se encontraban definidas por la Subsecretaría. En el proceso de acompañar el diagnóstico de algunas de las líneas de intervención, se desarrolló el contenido de 3 de las líneas: afectación a la disponibilidad y acceso a agua potable, presencia de desastres naturales y aumento en las radiaciones ultravioleta.

Para el desarrollo del diagnóstico en las 3 líneas, se consultó la información a través de instrumentos de planificación existentes para el municipio, como el Plan Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres de Medellín (2016) – en la línea: presencia de desastres naturales; el POMCA del río Aburrá (2018) – en la línea: afectación a la disponibilidad y acceso a agua potable. También se consultaron las

actas de la Alcaldía de Medellín de concepto sanitario, inspección, vigilancia y control de acueductos, la información recogida por otras secretarías como el DAGRD – para la línea: presencia de desastres naturales; y también se abstrajo información a través de las diferentes publicaciones empleadas por académicos y profesionales de Medellín en artículos, revistas científicas y demás – en las líneas: aumento en las radiaciones ultravioleta y afectación a la disponibilidad y acceso a agua potable.

Proponer la descripción de factores ambientales adicionales a las líneas de intervención delimitadas por la SSSP municipal

Introducción

En la elaboración del contenido de las 3 líneas de intervención anteriormente mencionadas, y a partir de la lectura del documento expedido por el Ministerio de Salud - Subdirección de Salud Ambiental – con título: Lineamiento para la formulación de Planes Territoriales de Adaptación al Cambio Climático desde el Componente de Salud Ambiental, se identificó la necesidad de agregar al PACCSA la descripción de otros factores ambientales adicionales a las líneas de intervención definidas; estos factores no hacen parte de las líneas de intervención, pero cumplen la función de ejercer un acercamiento al contexto ambiental municipal incluyendo el diagnóstico ecológico, geomorfológico, de biodiversidad y de distribución de los patrones de uso del suelo de Medellín. Estos fueron nombrados como: descripción de la ubicación territorial, descripción geomorfológica, distribución de los patrones de uso del suelo y definición de la estructura ecológica.

En el proceso de consulta de la información de estos factores ambientales, se usaron diferentes fuentes como las plataformas de la Alcaldía de Medellín (OpenData, Medellín una ciudad para la Biodiversidad) - en el factor: definición de la estructura ecológica; la página oficial de la Alcaldía y la información de diferentes publicaciones empleadas por académicos y profesionales de Medellín – en: descripción de la ubicación territorial; por último, se hizo la revisión del POT municipal vigente (2014) – en los factores: descripción geomorfológica, distribución de los patrones de uso del suelo y definición de la estructura ecológica.

Identificar indicadores como insumo para el cálculo de la vulnerabilidad por comuna

Introducción

En la formulación de un PACCSA, como indica Ministerio de Salud - Subdirección de Salud Ambiental (2016), es necesario efectuar la caracterización de la vulnerabilidad territorial con el fin de poner especial énfasis en las comunidades de mayor vulnerabilidad al idear las acciones adaptativas y priorizarlas. Para este cálculo, se hace necesario considerar diferentes indicadores en las dimensiones humanas: economía, sociedad, medio ambiente, demografía, entre otras.

Ahora, para el aporte de algunos indicadores en el cálculo de la vulnerabilidad por comuna se usó el registro de las temperaturas medias superficiales diarias en Medellín (2006 – 2019) tomadas vía satélite por el equipo técnico de vigilancia del programa de salud ambiental de la SSSP del municipio; con estos datos se hicieron los cálculos necesarios para dar respuesta a indicadores como temperatura promedio anual del

municipio, número de días por año en los que se excede una temperatura por encima de los 32°C, temperaturas máximas anuales. Otro de los indicadores implicados en el cálculo de la vulnerabilidad y del cual se hizo aporte corresponde a número de árboles y arbustos por comuna, para lo cual, se solicitó a la SMA el reporte de número de árboles y arbustos registrados en la plataforma SAU por año y por comuna.

Crear las series temporales de las temperaturas superficiales promedio diarias durante el día y la noche del municipio a partir de los registros de 2006 a 2019 vía satélite

Introducción

Una serie de tiempo es un método estadístico de análisis del comportamiento de diferentes variables cuantitativas; permite hacer el pronóstico de los datos al considerar la trazabilidad de estos en un periodo de tiempo. En el PACCSA de Medellín, este permite hacer una proyección estimada de la temperatura superficial media diaria durante el día y la noche del municipio en general, correspondiendo de esta forma a un insumo de análisis importante para la toma de decisiones administrativas de adaptación en salud.

Para crear unas series de tiempo de estas temperaturas superficiales medias diarias durante el día y la noche, se utilizó la herramienta ofimática de Excel y se implementó el análisis con base en el procedimiento explicado en Soberanis, Canche, May y Canché Valle (2014) a partir del cual se efectúa un promedio móvil de los datos (considerando el periodo de análisis – en este caso se usó un promedio de 4 días para mayor precisión -), luego se hace un promedio móvil centrado (en este caso, con base

a la mitad de los de 4 días), a continuación se efectúa la relación porcentual del valor real respecto al promedio móvil centrado (valor real/promedio móvil centrado *100), después se eliminan los % más elevados y más pequeños por cada periodo (el periodo general usado fue de 365 días y por ello el proceso de suprimir los valores máximos y mínimos se hizo por día), luego se requiere hacer el promedio de los % restantes o que quedan (en este caso, día a día), después se suman los promedios obtenidos y se calcula el factor de ajuste con la fórmula: periodo/suma (365/suma en este caso), a continuación se calcula el índice estacional con base en la fórmula: promedio (por día en este caso)*factor de ajuste, ahora se desestacionaliza el valor real a partir de la fórmula valor real/índice estacional, luego se proyectan los datos – considerar que hay diferentes métodos de proyección con base a elementos estadísticos de estacionalidad, tendencia, comportamiento cíclico, entre otros - (en este caso a partir de otra media móvil) y por último, es necesario estacionalizarlos nuevamente al multiplicar los resultados por el índice estacional. Estos corresponden a los datos obtenidos de la proyección.

Favorecer la creación de estrategias o acciones de adaptación en salud

Introducción

En términos de facilitar la formulación de las estrategias de adaptación, la SSSP municipal definió 7 líneas de intervención, como se mencionó anteriormente, y determinó los ejes estratégicos de acción, los cuales corresponden a las acciones o formas de intervenir en el tema salud; estos son: fortalecimiento capacidad de respuesta en salud, vigilancia en salud ambiental, disminución de vulnerabilidad,

promoción de la salud, respuesta en situaciones de emergencia, y generación de evidencia y gestión del conocimiento. Esto funcionó para dar un orden a las estrategias con base al factor ambiental y su eje estratégico en salud asociado. Además, se hizo una tercera clasificación de las estrategias planteadas con base a otro filtro en términos de la vulnerabilidad y de la exposición de la población.

En cuanto a las alternativas de adaptación en salud, para la línea de intervención: disponibilidad y acceso a agua potable, por ejemplo, se hizo un análisis acerca de los riesgos cercanos e internos en las plantas de potabilización de agua identificados y registrados en actas por los servidores de la Alcaldía de Medellín, y a partir de la información registrada, se propuso diferentes estrategias para mejorar la operación en su tratamiento y su durabilidad en el tiempo; en general, la mayor parte de las estrategias para todas las líneas de intervención fueron abstraídas de diferentes documentos nacionales e internacionales; por dar ejemplos, algunos de estos documentos fueron Cambio Climático y Salud en la región Andina (2009), Cepal y Unión Europea – Medidas de adaptación y mitigación frente al cambio climático en América Latina y el Caribe (2015), PRCC de Corantioquia en colaboración con la Gobernación de Antioquia y el Tecnológico de Antioquia (2017), Administración Municipal de Tuluá Valle del Cauca & CVC (2013), Cepal – Adaptación al Cambio Climático en Megaciudades de América Latina (2013), PICCA Gobernación de Antioquia y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO (2018), Sostenibilidad – Mitigación y adaptación al cambio climático (s.f.), Universidad Nacional de Colombia – Islas de calor en el Área Urbana del valle de Aburrá AUVA (2017), Anzola, J (2014), Universitat Politècnica de Catalunya UPC –

Barcelonatech (2017), Agencia de protección al Medio Ambiente de los Estados Unidos EPA – Desarrollo Inteligente e Islas de Calor (2014), entre otros. Adicional, se tomaron ideas de estrategias de adaptación gracias a la asistencia a eventos como el Foro internacional de adaptación al cambio climático y salud, el I Foro Ambiental Lasallista, como también se acogieron propuestas de adaptación a partir de la lectura de planes de adaptación al cambio climático creados en otros países y ciudades, como por ejemplo el plan de adaptación en salud de Santiago Chile (2016) y el programa de cambio climático y salud de España (2012).

Resultados

Diagnóstico de algunas líneas de intervención asociadas al cambio climático y priorizadas para la vigilancia e intervención dentro del Plan de Adaptación en Salud al Cambio y la Variabilidad Climática de Medellín

Gestión del Riesgo de Desastres

El Plan Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres del municipio de Medellín sirve como una herramienta para promover el desarrollo del territorio, en concordancia con lo establecido en el Plan de Desarrollo del Municipio y el Plan de Desarrollo Territorial.

Desde el Plan de Gestión del Riesgo elaborado por la Alcaldía de Medellín (2016), se plantea la gestión del riesgo de desastres con un equipo funcional y la participación de actores con competencias específicas que permitan abarcar todos los temas necesarios para conocer el riesgo en un territorio.

La importancia de la gestión del riesgo dentro del Plan de Adaptación al Cambio Climático radica en la necesidad de identificar los riesgos existentes, los cuales son incrementados debido a procesos de variabilidad climática, de urbanización acelerados, de desigualdad en los cuales se da la ocupación del territorio, entre otros. A su vez, crece no solo el riesgo de exposición de la población, sino también los desastres y sus daños y pérdidas consecuentes, generándose un alto costo para el desarrollo de su sociedad. A partir de la identificación de estos, se pretende disminuir los factores de riesgo a través de una intervención correctiva y prospectiva, como también a través de

la planeación, implementación, seguimiento y evaluación, y la coordinación administrativa y técnica en la cual se logre crear estrategias para reducir la vulnerabilidad y disminuir el riesgo en salud, con el fin de fomentar seguridad y bienestar en la calidad de vida de las personas del municipio de Medellín.

Según el DANE (2014), como se menciona en el Plan Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres de Medellín (2016), en el año de 1993 en el municipio se concentraba el 67,7% de los habitantes del Área Metropolitana del Valle de Aburrá, porcentaje que se mantuvo hasta el año 2012, y para el 2014, en el municipio se concentraba el 38,2% de la población departamental. El mayor porcentaje de habitantes del municipio, en el 2016, estaba en la comuna 16 Belén, con un 8,04% y en la comuna 6 Doce de Octubre con un 7,91% del total de la población; pero la mayor densidad poblacional se concentraba en las comunas 1 Popular y 3 Manrique, y según el Departamento Administrativo de Gestión del Riesgo de Desastres DAGRD, estas áreas corresponden a las de mayor porcentaje de áreas de amenaza y de riesgo a causa de fenómenos socio naturales, y además, a las áreas de mayores vulnerabilidades debido a las condiciones de vida de sus habitantes. A continuación, puede ser apreciado el registro de eventos de riesgo en la ciudad segregado por comunas (años 2004 a 2019).

Tabla 1. Eventos históricos de Riesgo en Medellín

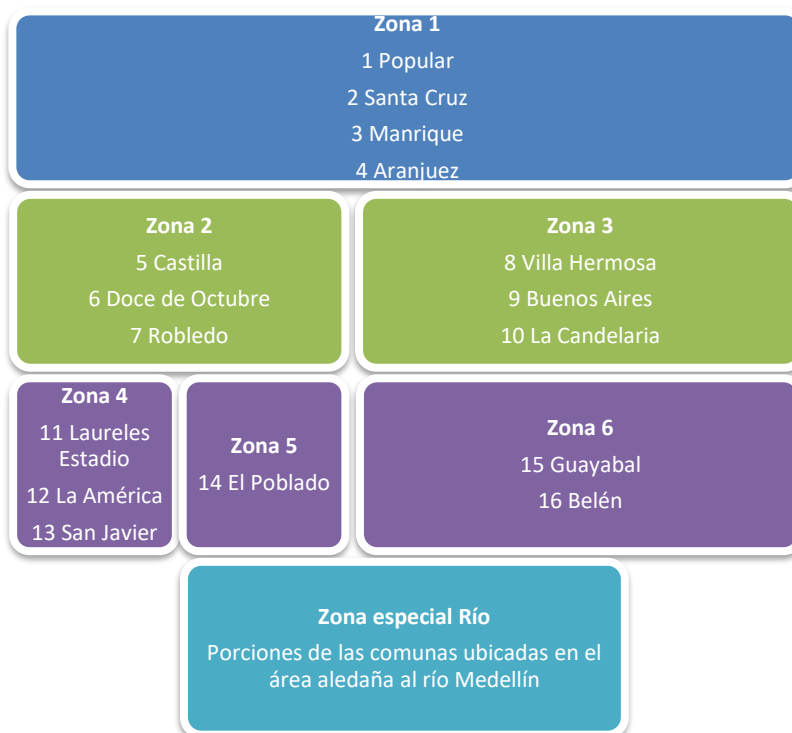
Eventos de Riesgo registrados en el municipio de Medellín			
Comuna/Evento de Riesgo	Incendios de Cobertura Vegetal (2016 a 2019)	Movimientos en Masa (2004 a 2019)	Inundaciones (2004 a 2019)
Altavista	37	1.014	74
Comuna 1 Popular	18	4.195	163
Comuna 2 Santa Cruz	9	1.555	93
Comuna 3 Manrique	38	2.839	168
Comuna 4 Aranjuez	15	1.074	171
Comuna 5 Castilla	29	250	69
Comuna 6 12 de Octubre	18	677	97
Comuna 7 Robledo	153	1.913	195
Comuna 8 Villa Hermosa	80	5.013	250
Comuna 9 Buenos Aires	45	1.227	124
Comuna 10 La Candelaria	19	160	37
Comuna 11 Laureles Estadio	1	46	20
Comuna 12 La América	33	192	32
Comuna 13 San Javier	127	5.686	203
Comuna 14 El Poblado	18	793	84
Comuna 15 Guayabal	38	125	17
Comuna 16 Belén	119	1.177	95
Palmitas	16	270	5
San Antonio de Prado	116	1.101	84
San Cristóbal	140	1.473	71
Santa Elena	45	225	9
Total Eventos	1.114	31.005	2.061

Fuente: Elaboración propia con base en la información del Departamento Administrativo de Gestión del Riesgo de Desastres DAGRD (s.f).

De acuerdo al Plan Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres del municipio de Medellín (2016), para facilitar de la caracterización de los escenarios de riesgo y de la gestión, las comunas fueron agrupadas por zonas. La zona 1, 2 y 3 agrupan el 60% de la población municipal, contienen las mayores densidades poblacionales, los menores índices de calidad de vida y las áreas con mayor riesgo. Adicional a estas

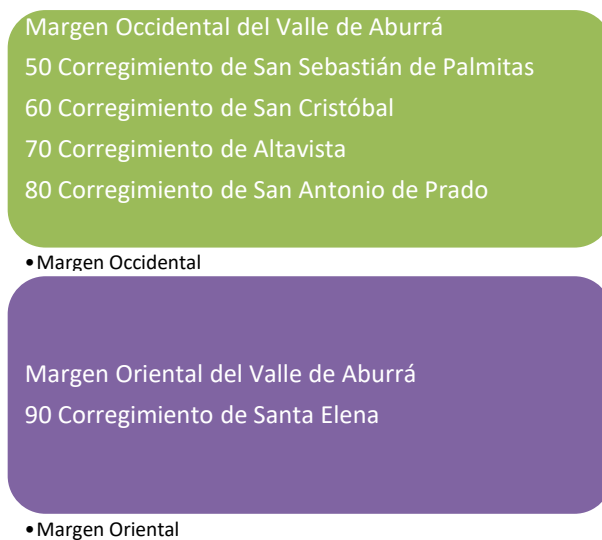
zonas, se creó una zona especial llamada **Ámbito Río**, implementada a partir del análisis del Plan de Ordenamiento Territorial.

Figura 1. Zonas Urbanas del Municipio de Medellín



Fuente: Elaboración Propia a partir de la información brindada por el Plan Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres del municipio de Medellín (2016)

Figura 2. Zonas rurales del Municipio de Medellín



Fuente: Elaboración Propia a partir de la información brindada por el Plan Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres del municipio de Medellín (2016)

Según los escenarios modelados por el IDEAM (2015), como se menciona en el Plan Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres de Medellín (2016), se espera que la precipitación tenga un aumento del 10% al 30% en aproximadamente el 14% del territorio colombiano: centro de Boyacá, norte de Cundinamarca, Bogotá, Nariño, Cauca, Huila, Tolima, Eje Cafetero y occidente de Antioquia. Sumado a esto, los cambios en el uso del suelo, ayudarán a aumentar la posibilidad de deslizamientos y daños a la infraestructura vial cercana a montaña y afectándose además los acueductos veredales. De acuerdo con el Plan Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres de Medellín (2016), en Antioquia, los aumentos de precipitación serán mayoritariamente en la región centro (sobre el valle de Aburrá), Occidente y Suroeste.

En promedio, para Antioquia se podrán aumentar las precipitaciones en un 9,3% con respecto al valor actual para fin de siglo, e incrementar los movimientos en masa sobre las poblaciones que se encuentran ubicadas en topografías con pendientes elevadas por lo que los sectores de construcción e infraestructura en general deben incorporar medidas de adaptación. (Plan Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres de Medellín, 2016).

Para ello, en el Plan Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres de Medellín (2016) se priorizaron 6 fenómenos amenazantes de alta importancia por su frecuencia, y además estos fueron analizados individual e interrelacionados para identificar el riesgo que representan para el municipio en su interacción multiamenaza y en su presencia única.

Las amenazas priorizadas dentro del Plan Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres del municipio de Medellín (2016) fueron movimientos en masa (deslizamientos, flujos de detritos, caída de rocas, flujos de lodo y reptación), inundaciones y avenidas torrenciales (desbordamiento lento del río Medellín y crecientes súbitas de quebradas tributarias), incendios de la cobertura vegetal (forestales y de zonas cubiertas de pastos o arbustos), eventos asociados a riesgo tecnológico (derrames de líquidos peligrosos, emanaciones de gases tóxicos, incendios estructurales y explosiones, etc., considerando los servicios del Sistema Integrado de Transporte del Valle de Aburrá SITVA, las redes de los servicios públicos domiciliarios, los ductos y tanques de almacenamiento de combustibles, entre otros.), sismos (las fuentes sísmicas más importantes se localizan al occidente del valle de Aburrá) y por

último, aglomeración de personas por afluencia masiva (en escenarios móviles o fijos, para el desarrollo de encuentros deportivos, musicales, religiosos, culturales, entre otros).

El escenario amenazante de mayor frecuencia, de acuerdo a Aristizábal et al. (2011) como lo menciona el Plan Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres de Medellín (2016), corresponde a los movimientos en masa y a las inundaciones, especialmente en lluvias acumuladas de 15 días mínimo, con niveles superiores a 60 mm para 30 días, 160 mm para 60 días y 200 mm para 90 días.

Según la base de datos 2014 - 2015 del Departamento Administrativo de Gestión del Riesgo de Desastres DAGRD, como lo menciona el Plan Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres de Medellín (2016), en las últimas décadas han sido incrementados los periodos lluviosos por la variabilidad climática y en los años 2008, 2010 y 2011, lo más recurrente fueron los movimientos en masa en la ciudad, lo cual representó el 46% de los eventos presentados, y estos reportan mayores proporciones en las pérdidas de vidas, destrucción de viviendas y evacuaciones de las personas.

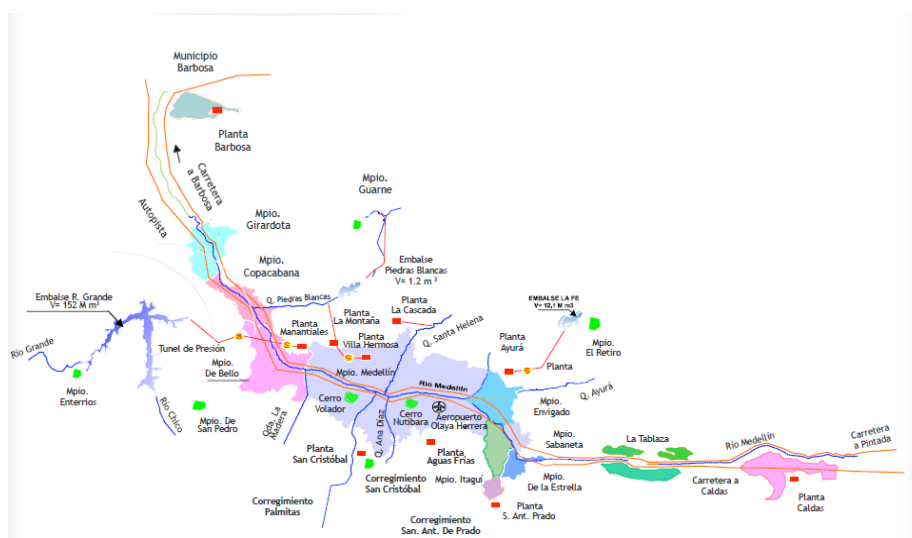
De acuerdo al Plan Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres de Medellín (2016), con relación al riesgo tecnológico, en el caso del transporte masivo, no existen datos específicos que permitan definir la recurrencia de estos eventos y por ende este riesgo se asume como potencial; la suspensión que se presenta en ocasiones por diversos fenómenos en el transporte masivo y en los servicios públicos domiciliarios se determinan como medidas preventivas a situaciones de riesgo mayores y se consideran como eventos que activan los planes de contingencia de las diferentes empresas. En lo pertinente a los sismos, la intensidad de la aceleración sísmica en

Medellín es 0,22 g., siendo una intensidad alta; de acuerdo al mapa sísmico de Colombia, la ciudad de Medellín se localiza en la zona de amenaza intermedia, lo cual sugiere una probabilidad moderada de sismo, y si este ocurriera, no tendría impactos destructivos en la ciudad, aunque si de importancia, dependiendo de la calidad de las construcciones dentro de la zona de influencia del sismo. Ver el detalle de gestión del riesgo por zonas en el apéndice B.

Afectación a la disponibilidad y acceso a agua potable

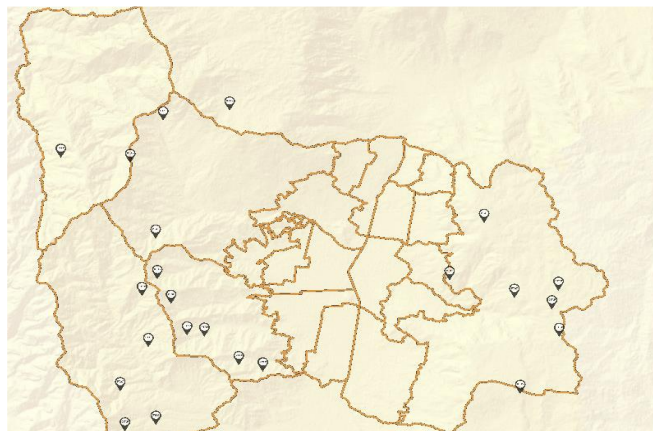
El agua para consumo humano en la ciudad de Medellín, conforme EPM (s.f.), se dispone a través del sistema de acueducto, que para la zona urbana es administrado por Empresas públicas de Medellín EPM contando con 10 plantas de tratamiento y en los corregimientos y zonas urbanas periféricas se cuenta con 21 sistemas de acueductos veredales.

Figura 3. Provisión de agua para el Valle de Aburrá



Fuente: EPM (s.f.)

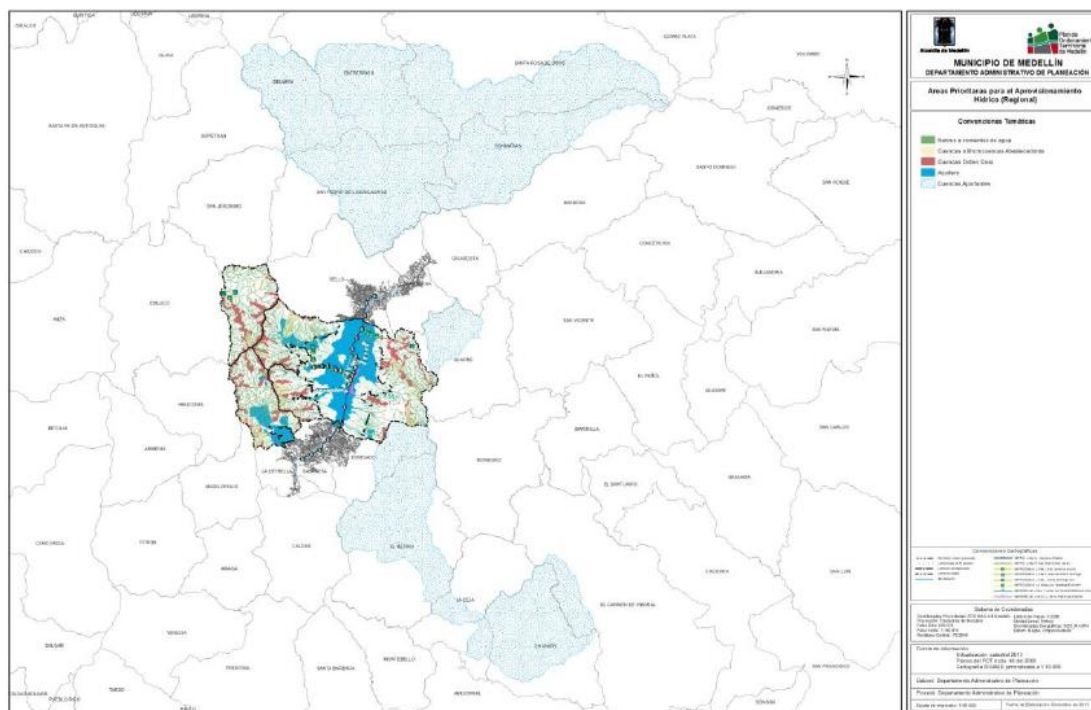
Figura 4. Ubicación plantas de tratamiento acueductos veredales



Fuente: Secretaría de Salud de Medellín (2019)

De acuerdo con información de EPM (s.f.), la mayor empresa prestadora del servicio en la región, las áreas que ofrecen el recurso hídrico para el abastecimiento de agua para el Valle de Aburrá son: el Embalse de La Fe (58%), Embalse Riogrande II (33%), Embalse Piedras Blancas (3,5%), Áreas varias en Medellín -San Cristóbal, San Antonio de Prado, Altavista, Santa Elena, Caldas y Barbosa (5,5%), lo que nos convierte en una zona de alta dependencia hídrica (POT Medellín Tomo IIIc), como se muestra en la siguiente figura.

Figura 5. Áreas prioritarias para el aprovisionamiento de agua superficial dentro y fuera de Medellín



Fuente: Alcaldía de Medellín – Acuerdo 48 (2014)

En cuanto al análisis de calidad de las fuentes, según Medellín cómo vamos (s.f.), el Área Metropolitana del Valle de Aburrá AMVA, realizó estudios de Índice de Calidad del Agua para Corrientes Superficiales (ICACOSU) en once de las quebradas afluentes al río Aburrá para los años de 2012 y 2015; el AMVA encontró que de las once, solo una no empeoró sus condiciones según tal índice, manteniendo su mismo valor desde el 2012; la demás, resultaron con peores valores en el año 2015, en comparación con el año 2012 y por ello, la calidad de las once quebradas fue de mala para el año 2015, mientras que en el 2012 una tuvo la calificación de aceptable, dos fueron regular y las restantes, obtuvieron calificación de mala.

Por otro lado, según información del Ministerio de Salud - Subdirección de Salud Ambiental (2016), en Colombia el Ministerio de Salud y Protección Social, viene normalizando desde hace varios periodos la calidad del agua potable en el país y lleva a cabo la vigilancia de la misma a través de las Entidades Territoriales de Salud. Para perfeccionar la realización de esta tarea, se creó el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua, el cual fue adoptado mediante el Decreto No 1575 de 2007 y sus Resoluciones expedidas posteriormente.

Los resultados obtenidos de la vigilancia de la calidad del agua para consumo humano se basan en el seguimiento realizado por la autoridad sanitaria municipal durante los años 2010 y 2015, con base en el Índice de Riesgo de la Calidad del Agua para Consumo Humano – IRCA, como uno de los instrumentos básicos para garantizar dicha calidad. Ver apéndice A para consulta del índice en la calidad de agua de la ciudad.

De acuerdo con la Actualización del POMCA del río Aburrá – Medellín (2018), en general, los eventos amenazantes de mayor impacto en la cuenca del río Aburrá corresponden a movimientos en masa tipo deslizamiento, sin embargo, son también bastantes recurrentes los eventos relacionados con inundaciones. Con base a un Inventario de Emergencias y desastres en el Valle de Aburrá, realizado por Edier Aristizabal y Julieta Gómez del AMVA, se identifica que en la primera mitad del siglo anterior se presentaron 110 eventos amenazantes, y en la segunda mitad del mismo siglo, fueron 5.457 eventos; para los primeros 7 años del siglo actual, ya se habían presentado 1.182 reportes de eventos, lo cual corresponde a más del 20% de lo que había ocurrido en décadas anteriores.

Con base en Actualización del POMCA del río Aburrá – Medellín (2018), de los 5.299 eventos registrados a lo largo de casi un siglo (1966 - 2016), el 47% representa los eventos relacionados con inundaciones, las cuales se han visto reducidas en los últimos 17 años, lo cual resalta la tarea realizada de intervenir en el manejo hidráulico de las corrientes de agua. Los eventos de inundaciones, si bien se han visto reducidos en los últimos años, el 90% de ellos afectan a los municipios de Medellín, Itagüí y Bello, representando los problemas asociados al nivel de urbanización en la cuenca, a la ocupación de rondas, la restricción natural de la filtración debido a la permeabilización del suelo, la pérdida de cobertura vegetal, entre otros.

De acuerdo con la Actualización del POMCA del río Aburrá – Medellín (2018), los movimientos en masa siguen siendo muy representativos en la ciudad; con relación a los incendios forestales, el municipio es el mayor territorio con el mayor número de registros, seguido por Envigado, Copacabana, Bello y Sabaneta. Las avenidas torrenciales en Medellín representan únicamente el 3% de los registros, y es Medellín el municipio con el 71% de recurrencia de estos fenómenos. En general, se tiene registro de 1.491 pérdida de vidas en Medellín, de las cuales, el 83% se debe a los movimientos en masa y el 17% se debe a las inundaciones presentadas.

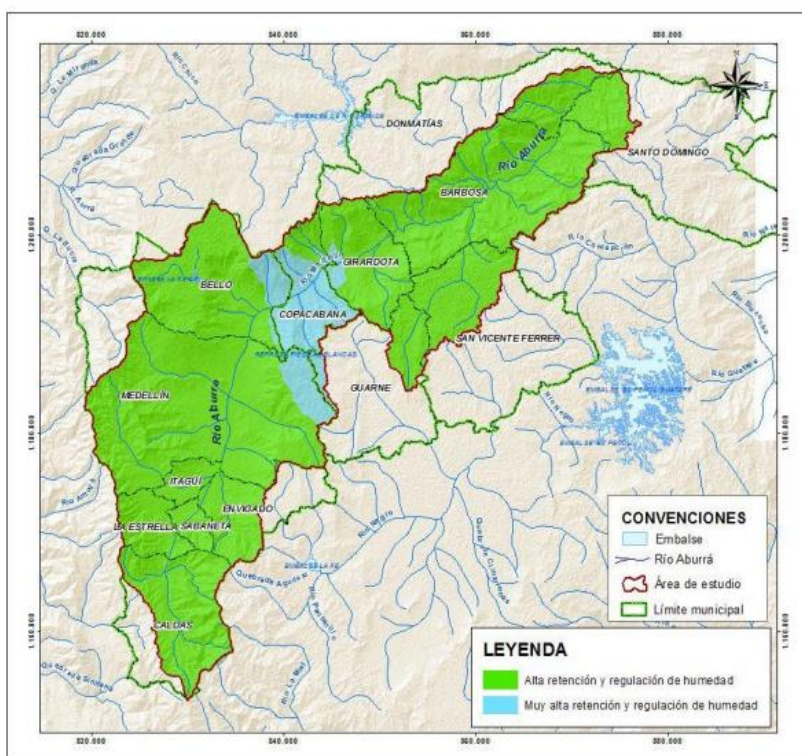
El número de damnificados que ha sido registrado, menciona la Actualización del POMCA del río Aburrá – Medellín (2018), corresponde a 34.185, principalmente por avenidas torrenciales (en un 49%), por movimientos en masa (26%) y por inundaciones (en un 25%). Estas contingencias han causado la destrucción de 3.770 viviendas y la afectación de 12.174 más.

Según el diagnóstico realizado por el POT (2014) se precisa que EPM tiene asegurada la oferta hídrica para la población urbana del Valle de Aburrá por 20 años más (teniendo en cuenta la capacidad instalada de las plantas de tratamiento), sin embargo, por fuera de su área de cobertura, se usa necesariamente el agua del interior de la cuenca. En algunos sectores, a pesar de existir la posibilidad de contar con el servicio de EPM, se recurre a fuentes propias y en otros, se cuenta con los dos servicios: el agua de EPM y el servicio de acueductos locales, en algunos casos ambas fuentes comparten la misma tubería, con la consecuente contaminación del agua de mejor calidad. Los acueductos comunitarios son actualmente elementos claves en el abastecimiento de agua en zonas periurbanas y rurales. La calidad del servicio es muy variable, pero no solo depende de la administración de los sistemas sino de las condiciones ambientales en las cuencas abastecedoras. En este mismo sentido, se anota que el gran potencial relacionado con la oferta hídrica, estaría condicionado por escenarios de calidad del recurso y esta a su vez, con la gestión ambiental en cada una de las microcuencas y su adaptación frente a las variables climáticas.

Con base a la Actualización del POMCA del río Aburrá – Medellín (2018), se conoce que el Índice analizado de Uso del Agua (IUA), para la cuenca del río Aburrá y sus subcuencas, arrojó que varias subcuencas y microcuencas abastecedoras tienen un porcentaje correspondiente al 20% o más, y una categoría de uso del agua de Muy Alto y Alto, lo cual indica la necesidad de iniciar programas de ordenamiento y de conservación de cuencas para evitar la afectación en el abastecimiento de agua futuro; algunas de las quebradas en la clasificación de Alto, son Los Chorros, La Iguaá, La Valeria, La Presidenta, Ovejas, La Bermejala, La Miel, entre otras; y en la clasificación

de Muy Alto, se encuentran Mandalay, El Salado, La Doctora, Piedra Gorda, entre otras. Adicional, se determinó el Índice de Regulación Hídrica (IRH), para el cual se obtuvo una retención de humedad de las cuencas con las calificaciones de Alta y Muy alta, explicando la buena capacidad de la subzona de mantener los regímenes de caudales, especialmente en la región central del valle, con in IRH Muy Alto, como se puede evidenciar en la siguiente figura.

Figura 6. Índice de Regulación Hídrica para la cuenca del río Aburrá

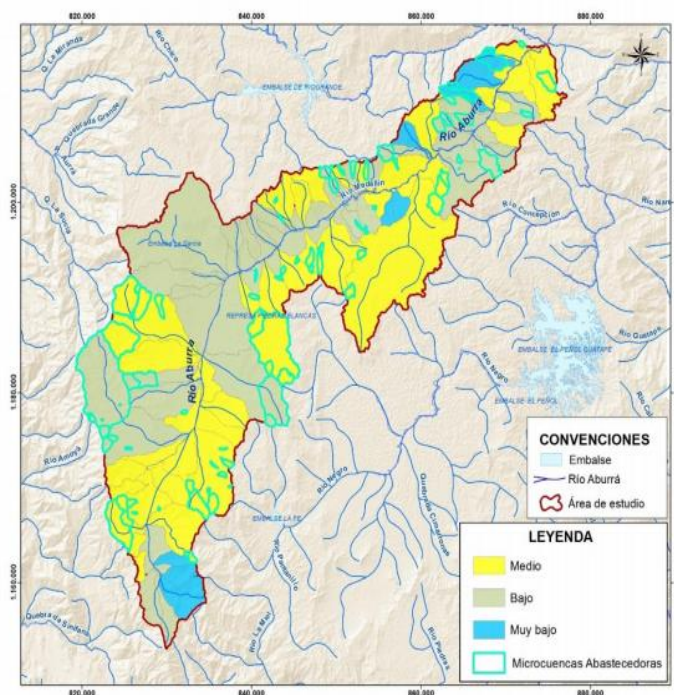


Fuente: Actualización POMCA río Aburrá (2016)

El Índice de Vulnerabilidad por desabastecimiento Hídrico (IVH) refiere al grado de sensibilidad de la dinámica hídrica para ofertar el abastecimiento de agua; este índice depende del cálculo de los índices de regulación hídrica (IRH) y de uso de agua (IUA). En relación a la estimación de este en el municipio de Medellín, se determinó la

predominancia en la cuenca, del índice medio de la vulnerabilidad hídrica, debido a su calificación alta en regulación por las características morfométricas de esta; algunas de las quebradas con la vulnerabilidad hídrica más alta, en la categoría de medio, son La Correa, El Limonal, La Iguaná, La Bermejala, La Ayurá, La Presidenta, Piedras Blancas, Aguas Claras. (Tomado de Actualización del POMCA del río Aburrá – Medellín, 2018).

Figura 7. Índice de Vulnerabilidad al desabastecimiento Hídrico IVH



Fuente: Actualización POMCA río Aburrá (2016)

A pesar de tener en general un índice medio de vulnerabilidad en el recurso hídrico, como se menciona en la Actualización del POMCA del río Aburrá – Medellín (2018), es frecuente que se tenga la preocupación por eventos de desabastecimiento del recurso, en condiciones normales y en condiciones extremas, reconociendo la

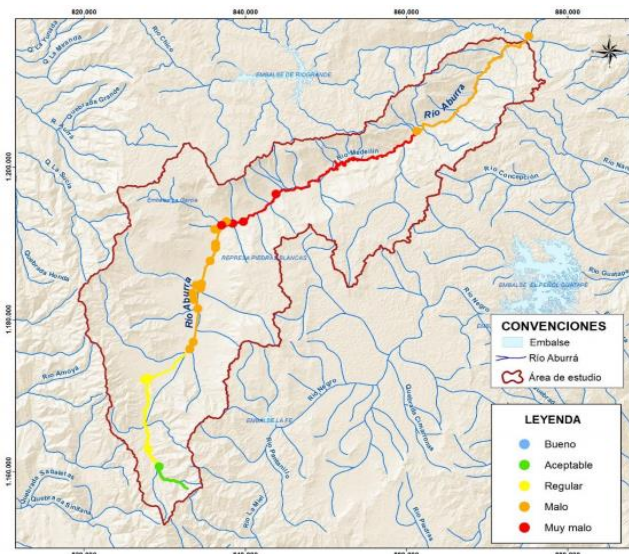
situación real en el territorio, en la cual se presenta informalidad alta en el aprovechamiento del agua, alta remoción de cobertura vegetal para creación de potreros y establecimiento de cultivos y plantaciones forestales, impermeabilización, entre otras actividades, las cuales afectan la dinámica regulativa del ciclo hidrológico. En condición hidrológica seca, el panorama empeora debido al incremento de la vulnerabilidad por desabastecimiento en la cuenca, por lo cual es necesario formular e implementar medidas de mejora de la regulación del ciclo hidrológico.

Para conocer si habrá agua suficiente para abastecer la demanda, sugiere la Actualización del POMCA del río Aburrá – Medellín (2018) que será necesario combinar los índices IUA e IVH; las quebradas que cumplen con las condiciones de IUA de Alto y Muy Alto, y además, con el IVH medio para la condición hidrológica media y seca, serán aquellas quebradas con tendencia a agotar más rápidamente sus reservas y con base a esto, será entonces necesario aplicar en ellas la reglamentación de corrientes y el desarrollo de programas, promoviendo el uso eficiente de ahorro del agua, con mayor urgencia.

El Índice de Calidad de Agua ICA, conforme la Actualización POMCA río Aburrá (2018), permite determinar el estado de la calidad del agua de una corriente; este ayuda también a reconocer problemas de contaminación en un punto del cuerpo de agua y a identificar posibilidades o limitaciones para diferentes usos, en función de diferentes variables físicas, químicas y biológicas. En relación al cálculo de este índice para el río Aburrá, fueron empleadas las variables de Oxígeno Disuelto OD, pH, Sólidos Suspendidos Totales SST, Demanda Química de Oxígeno DQO, Demanda Bioquímica

de Oxígeno DBO5, Coliformes Fecales, Conductividad Eléctrica y la relación Nitrógeno Total a Fósforo Total (NT/PT).

Figura 8. Índice de Calidad ICA del río Aburrá



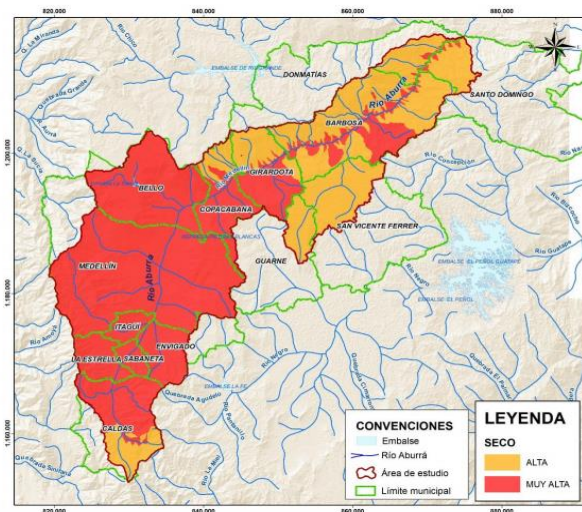
Fuente: Actualización POMCA río Aburrá (2016)

De estos resultados, se deduce que los objetivos de calidad propuestos para el río en el corto plazo se cumplieron parcialmente; aunque cabe destacar que la situación del río de un año a otro se mantuvo en su tendencia y no desmejoró. Se deberán esperar los resultados luego de la entrada en funcionamiento de los nuevos sistemas de tratamiento en construcción, revisar y replantear las actividades realizadas, para la consecución de estos objetivos, teniendo en cuenta que el enfoque mayoritario ha sido la remoción de contaminantes al final de los procesos, frente a un menor enfoque de uso eficiente del recurso y de la movilización a tecnologías limpias y de reducción en la fuente que ha

promovido el AMVA para el sector productivo. (Actualización POMCA río Aburrá, 2018).

El Índice de Alteración Potencial a la Calidad del Agua IACAL permite conocer la afectación a causa de las presiones de diferentes actividades socioeconómicas; los insumos para obtener el cálculo del índice, corresponden a las variables fisicoquímicas (DBO5, DQO, SST, NT/PT) ponderadas con oferta hídrica. La cuenca del río Aburrá, tiene una situación crítica debido a la calidad del recurso hídrico y a la presión alta que le genera la actividad de los asentamientos humanos; en general, el IACAL para año medio y para año seco es de Muy Alto y Alto. (Tomado de la Actualización POMCA río Aburrá, 2018).

Figura 9. IACAL río Aburrá en año seco



Fuente: Actualización POMCA río Aburrá (2016)

Radiación Ultravioleta

La población de Medellín está constantemente expuesta a niveles muy altos de radiación ultravioleta, y durante todo el año. Según Sanclemente, G & Hernández, G

(2010), la OMS en compañía de otras entidades idearon el índice Ultravioleta (IUV), el cual sirve para describir el grado de intensidad de radiación solar, y a su vez, corresponde a un indicador del daño potencial que puede tener la piel, con relación a la exposición. Este índice no presenta unidades de medida, sus valores oscilan en un rango de 1 a 16 y se categoriza con una serie de colores basados en las referencias de color Pantone Matching System (PMS).

Figura 10. Código de colores para el Índice Ultravioleta IUV

CATEGORÍA RANGO IUV	
BAJO	<2
MODERADO	3-5
ALTO	6-7
MUY ALTO	8-10
EXTREMO	>11

Fuente: Sanclemente, G & Hernández, G (2010)

En Medellín en los años 2000 y 2003, conforme mencionan Sanclemente, G & Hernández, G (2010) se realizó un estudio descriptivo y observacional para cuantificar el IUV del municipio y de una zona del oriente antioqueño. En el oriente antioqueño, fue escogido un punto en la zona de El Retiro, a 2.370 m.s.n.m. y a una latitud norte 6° 6' 4.5". Su selección corresponde principalmente a: en el 2000, el 20% de los pacientes del Hospital Universitario San Vicente de Paúl ingresó a consulta externa a causa de un diagnóstico de cáncer cutáneo proveniente del oriente antioqueño. Las mediciones fueron realizadas a partir de un equipo Biometer modelo 501 versión 3 (Solar Light Co.,

USA). En el municipio de Medellín se determinó la radiación UVA y UVB diariamente, de enero a diciembre de 2000, a 1.526 m.s.n.m. y a una latitud norte de 6° 4' y en EL Retiro, durante los meses de junio a diciembre de 2003. El cálculo del IUV se hizo a partir de una fórmula brindada por el fabricante del equipo.

Adicionalmente, y con el fin de ilustrar el IUV de algunas zonas geográficas del mundo en las cuales se presenta una alta incidencia de cáncer cutáneo, se extrajo información contenida en el Intersun - The global UV Project, la cual se presenta con los niveles máximos de IUV obtenidos en cada mes para las localidades seleccionadas. (Comunicación personal: Craig Sinclair, director del Centro colaborativo para la promoción de la protección solar, Organización Mundial de la Salud). (Sanclemente, G & Hernández, G., 2010).

Tabla 2. Valores obtenidos de IUV en Medellín y en El Retiro

		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Medellín													
(año 2000)	6° N	10	10	11	12	10	10	10	9	11	11	11	11
El Retiro													
(año 2003)	6° N	ND*	ND	ND	ND	ND	14	15	16	16	15	14	16

*ND = no disponible

Fuente: Sanclemente, G & Hernández, G (2010)

En El Retiro fueron cuantificados los IUV entre junio y diciembre debido a que, según la Alcaldía del municipio de El Retiro, corresponden a los meses en los cuales se recogen las cosechas de fresas, frijol, papa y hortalizas, y por ende, meses en que los agricultores permanecen mayormente expuestos a la radiación UV. Según los

resultados obtenidos, Medellín corresponde mayormente a una zona con IUV “muy altos” y El Retiro, “extremos”. (Tomado de Sanclemente, G & Hernández, G., 2010).

Tabla 3. Comparación de IUV en dos días en particular

Hora (00:00-24:00)	Localidad y Fecha (d/m/a)			
	El Retiro		Medellín	
	24/09/2003	05/11/2003	23/07/2000	25/09/2000
06:00-7:00	0	0	0	0
07:00-08:00	1	1	0	0
08:00-09:00	4	4	2	1
09:00-10:00	9*	7*	4	3
10:00-11:00	11**	9**	7*	7*
11:00-12:00	13**	14**	9**	10**
12:00-13:00	9**	14***	10**	11***
13:00-14:00	9**	10**	8*	10**
14:00-15:00	3	3	6*	2
15:00-16:00	2	1	4	1
16:00-17:00	2	1	1	0
17:00-18:00	1	0	1	0

*Niveles “altos”; **niveles “muy altos”; ***niveles “extremos”

Fuente: Sanclemente, G & Hernández, G (2010)

Con el fin de mostrar el comportamiento del IUV durante el día, en la tabla anterior se muestra el IUV obtenido en dos días diferentes en el municipio de El Retiro, ubicado en el oriente Antioqueño, señalando que a partir de las 09:00 se registraron niveles que según la clasificación universal son considerados como “altos”, “muy altos” e incluso “extremos”, para regresar a cifras de 3 (“moderado”) a partir de las 14:00; el valor máximo (IUV=14 = “extremo”) se presentó entre las 12:00 y las 13:00. (Sanclemente, G & Hernández, G., 2010).

En Medellín, de acuerdo a Sanclemente, G & Hernández, G (2010) se encontró niveles “altos” a las 10:00 am, luego, niveles “muy altos” a eso de las 11:00 am – 12:00

pm y se llegó a niveles “extremos” entre las 12:00 pm y la 1:00 pm y fue solo a las 3:00 pm aproximadamente que se regresó a un valor “moderado”. Además, la dosis de radiación UV depende también de la latitud del área de interés, incrementándose en las zonas cercanas a la línea ecuatorial; por lo cual, Medellín tiene altas dosis de radiación UV y la vulnerabilidad y susceptibilidad a desarrollar cáncer de piel ante estas dosis depende de la edad y de la piel o Fototipo (con mayor sensibilidad a la exposición, los Fototipos relacionados a I-IV). Las zonas estudiadas generan alta preocupación a causa de los niveles de IUV tan altos y precisamente en poblaciones que en su mayoría corresponden a fototipos claros (esto es, en Medellín y El Retiro); adicional, existen varias poblaciones de estas zonas dedicadas a la agricultura o a trabajos al aire libre, razón por la cual están ampliamente expuestos a sufrir cáncer debido a la radiación solar, como también, hay quienes pertenecen a estratos socioeconómicos altos y se exponen a estas dosis de radiación cuando utilizan cámaras bronceadoras o cuando están en vacaciones y se exponen al sol.

Descripción de factores ambientales adicionales a las líneas de intervención delimitadas por la SSSP municipal

Ubicación territorial y descripción geomorfológica

Medellín es la capital del departamento de Antioquia y se encuentra situada en el centro del Valle de Aburrá, en la cordillera central. La ciudad limita por el norte con los municipios de Bello, Copacabana y San Jerónimo; por el oriente con Guarne y Rionegro; por el sur con Envigado, Itagüí, La Estrella y El Retiro y por el occidente con

Angelópolis, Ebéjico y Heliconia. Su temperatura promedio corresponde a 24° Celsius, y su precipitación promedio anual es de 1571 mm. Su extensión es de 105,02 Km² en el suelo urbano, 270,42 Km² de suelo rural y 5,2 Km² de suelo para expansión. (Tomado de Medellín Cómo Vamos).

La ciudad se extiende longitudinalmente sobre el eje natural del río Medellín enmarcada en dos ramales de la cordillera central, con altitud variable entre 1.460 m.s.n.m. en la confluencia de las quebradas La Iguaná, Santa Elena y el río Medellín, y 3.200 m.s.n.m. en los Altos del Romeral, Padre Amaya y Las Baldías al occidente. (Alcaldía de Medellín – Documento Técnico de Soporte POT Acuerdo 046, 2006).

En la siguiente tabla puede ser evidenciada la población del municipio con base en la clasificación por asentamiento en casco urbano o rural, año 2018.

Tabla 4. Población Medellín 2018

N° Total Habitantes del municipio 2018	N° Total de Viviendas Casco Urbano 2018	N° Total de Viviendas resto 2018
2.464.322	646.861	29.150

Fuente: Planeación Municipal (2018)

El Valle de Aburrá debe ser visto como el resultado de la combinación de diversos eventos tectónicos con procesos erosivos intensos, y su geomorfología explica claramente la geomorfología del municipio de Medellín, debido a que este último se ubica en la zona central del valle de Aburrá; indica Arias (2003) como se menciona en

Aristizábal, E. & Yokota, S (2008), el valle es un “basin intramontañoso poligenético” que no puede ser explicado a través de un análisis morfogénético único.

La geomorfología del Valle de Aburrá, según Alcaldía de Medellín – Documento Técnico de Soporte POT Acuerdo 046 (2006) pertenece a una planicie aluvial en su zona central; en las laderas, se evidencian los depósitos de antiguos movimientos en masa (coluviones), los cuales han ido acumulándose en los pie de monte de las vertientes, en medios saturados, a partir de eventos climáticos y sísmicos. Las cimas están conformadas por saprolitos y roca, las cuales han pasado por un proceso de transformación y moldeado, debido a la meteorización, en combinación con la acción de la gravedad. El relieve del valle es plano en su parte más baja y tiene diferentes variaciones de pendiente hacia las laderas este y oeste, y con una tendencia de vertical a subvertical en el Altiplano Oriental, la Cuchilla de Las Baldías, el Cerro del Padre Amaya y la Cuchilla de Romeral.

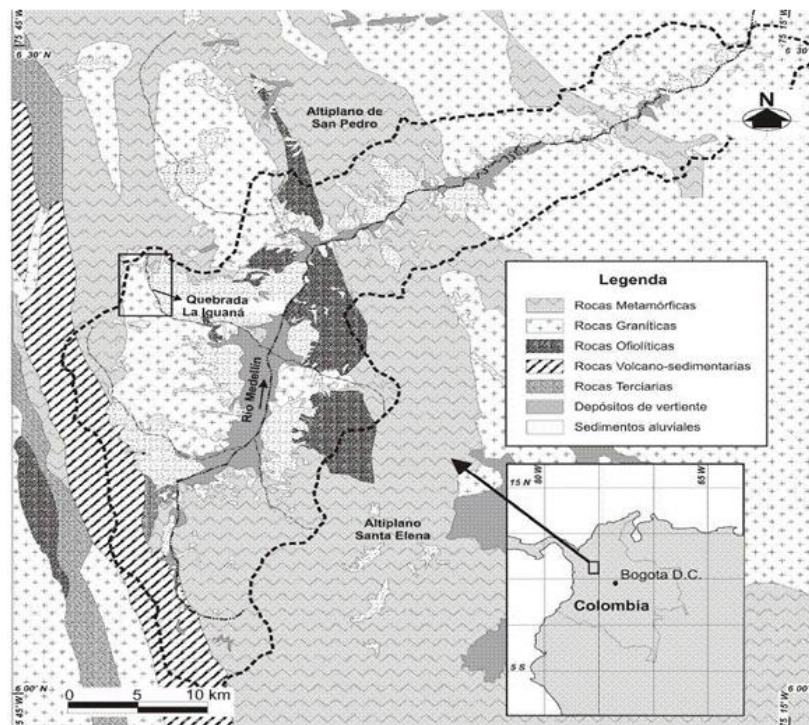
Figura 11. Depósitos de Vertiente en la zona noreste de Medellín



Fuente: Hermelin Arbaux, M., Echeverri Restrepo, A. & Giraldo Ramírez, J (2010)

El Valle se compone de un “basamento metamórfico paleozoico, rocas ígneas ultrabásicas, una secuencia volcánico - sedimentaria, cuerpos graníticos intrusivos y depósitos de vertiente y aluviales” (Maya y González, 1995 como se menciona en Aristizábal, E. & Yokota, S., 2008). Este basamento metamórfico, indica Restrepo y Toussaint (1984) como se menciona en Aristizábal, E. & Yokota, S (2008), se conforma principalmente de secuencias de esquisto, anfibolitas y gneises. También, “tonalitas y granodioritas cretácicas y triásicas de composición ácida a intermedia, intruyeron este complejo cuerpo metamórfico” (McCourt et al., 1984; Kerr et al., 1996 conforme se menciona en Aristizábal, E. & Yokota, S., 2008).

Figura 12. Mapa Geológico del Valle de Aburrá y sus depósitos de vertiente



Fuente: Aristizábal, E. & Yokota, S (2008)

El Valle de Aburrá se encuentra enmarcado en antiguos altiplanos, producto de tres generaciones de superficies de erosión, según Arias (1996) como se menciona en Aristizábal, E. & Yokota, S (2008). En el sector suroccidental, según Arias (1996) como se menciona en Aristizábal, E. & Yokota, S (2008), el Valle de Aburrá limita con el frente de erosión del Valle de río Cauca, y por el oriente y norte, con el altiplano de Santa Elena (el cual se encuentra a 2.750 m.s.n.m.) y San Pedro (a 2.800 m.s.n.m.). De acuerdo a AMVA (2002) como se menciona en Aristizábal, E. & Yokota, S (2008), esta región es tectónicamente muy activa, lo cual en combinación con la geomorfología del valle, explica la alta incidencia de eventos de movimientos en masa.

El sistema orográfico de Medellín, conforme menciona Alcaldía de Medellín – Documento Técnico de Soporte POT Acuerdo 046 (2006) se configura de cimas, vertientes, escarpes, cerros aislados, colinas y picos montañosos que forman la parte alta de la ladera. El río Medellín es la principal corriente hidrográfica del valle, la cual conduce los demás cuerpos de agua pertenecientes a los municipios asentados en el Área Metropolitana, adicional, se trata del eje natural de división de la ciudad en dos grandes zonas: las áreas de influencia de la vertiente oriental y las áreas cercanas a la vertiente occidental. Sus afluentes tienen los nacimientos en las laderas del valle, y generalmente presentan una gran variabilidad de caudales debido a los cambios abruptos de pendiente de las vertientes.

Los afluentes de la vertiente oriental, según Alcaldía de Medellín – Documento Técnico de Soporte POT Acuerdo 046 (2006), son La Zúñiga, La Aguacatala, La Volcana, La Sucia, La Presidenta, La Poblada, La Asomadera, El Indio, Santa Helena, El Ahorcado, El Molino, La Bermejala, La Rosa y La Seca, y los correspondientes a la

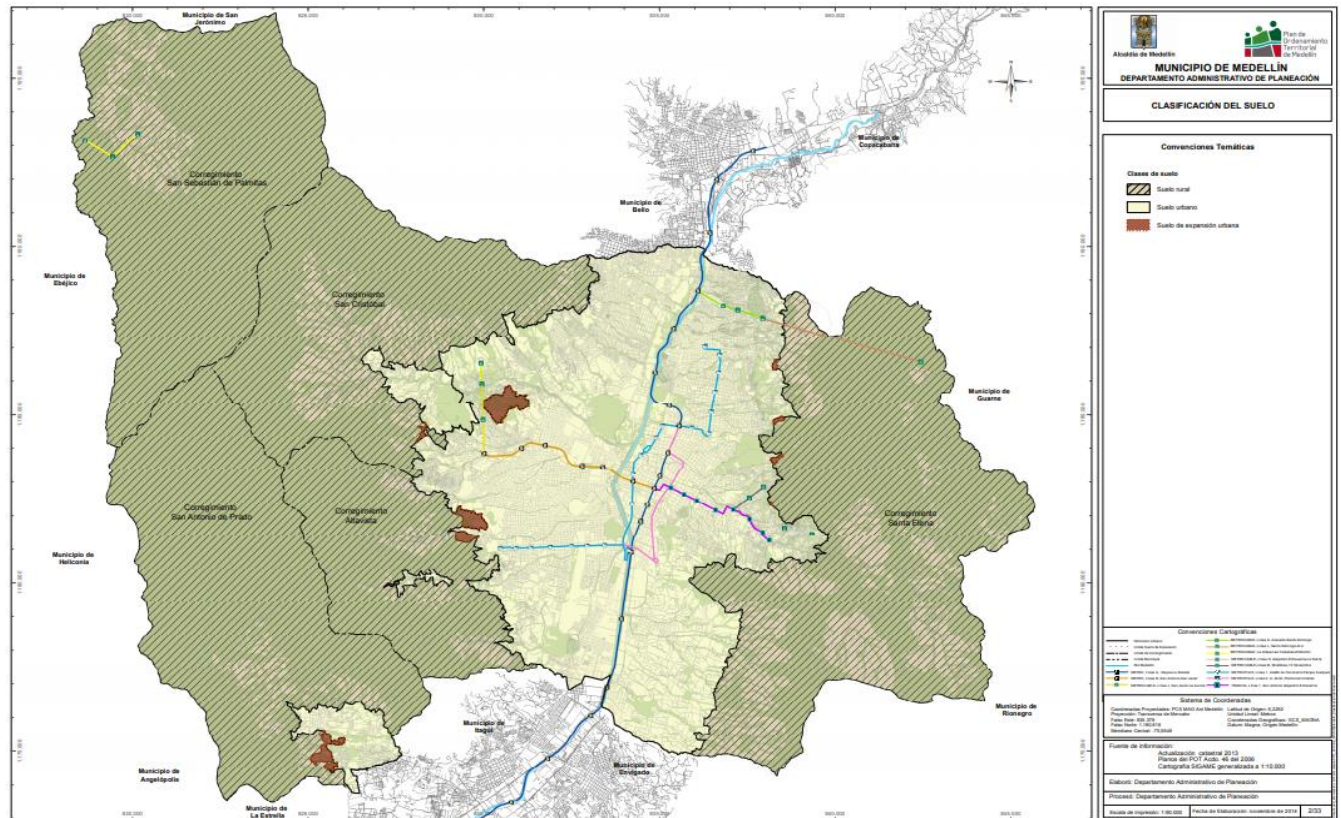
vertiente occidental son Doña María, La Jabalcona, La Guayabala, Altavista, La Picacha, Ana Díaz, La Hueso, La Iguana, Malpaso, La Quintana, La Cantera y Minitas. Todos estos afluentes presentan contaminación por descarga de aguas residuales (domésticas y no domésticas), además de que su zona de drenaje se evidencia bastante modificada por expansión de asentamientos urbanos, y este fenómeno se presenta aún sin respetar las zonas de retiro de los cauces naturales. En cuanto a su geomorfología, según Aristizábal, E. & Yokota, S (2008), la mayoría de los canales de estos ríos se encuentran formados por diversos knickpoints (cambios en la pendiente de los perfiles longitudinales de los ríos), los cuales han incidido enormemente en la evolución de la geomorfología del Valle de Aburrá, en compañía de la clasificación geomorfológica de las laderas del valle, en los últimos millones de años. Este proceso ha creado un aumento en las pendientes de las laderas, cambiando el sistema morfogenético de estabilidad general a inestabilidad potencial.

Patrones de uso del suelo

La clasificación del suelo, según Alcaldía de Medellín – Acuerdo 48 (2014), corresponde a suelo urbano, expansión urbana y rural. Esta clasificación partió de la estructura ecológica principal del municipio, de la zonificación de áreas de amenaza y riesgo, y de la capacidad de soporte territorial; el suelo rural entonces, comprende un área de 26.304,11 ha, el suelo urbano a 11.160,98 ha y el suelo de expansión urbana por su parte, a 175,35 ha. Transversal a la clasificación del suelo, existe la designación de categoría de protección como un elemento articulador del territorio, con el fin de preservar la estructura ecológica, garantizando los procesos ecológicos y los servicios

ecosistémicos necesarios para soportar el desarrollo del modelo territorial, como también, la preservación del sistema ecológico municipal permite restringir el desarrollo urbanístico y posibilita la producción.

Figura 13. Clasificación del suelo del municipio



Fuente: Alcaldía de Medellín – Acuerdo 48 (2014)

Para la designación del suelo urbano y de expansión urbana, se considera que la zona específica debe poseer infraestructura de movilidad, redes primarias de acueducto, alcantarillado y energía, como soporte de urbanización. Conforme la Alcaldía de Medellín – Acuerdo 48 (2014), los suelos clasificados de expansión urbana previamente a la actualización del Plan de Ordenamiento Territorial POT, corresponden

a Pajarito (exceptuando Área de Manejo Especial 2), Altavista, Belén Rincón y La Florida. Adicional, los suelos adyacentes al perímetro urbano previa a la vigencia de la actualización del POT 2014, con predominancia de dinámica urbana, con una densidad de habitantes superior a 30 viviendas por hectárea y con prestación de servicios públicos domiciliarios, también corresponden a usos de suelo urbano; los sectores relacionados son: parte de la vereda Travesías (Palenque), la Loma del corregimiento de San Cristóbal (Loma Hermosa, La Gabriela, San Gabriel, San Pedro, Parte San José, Bella Vista y Altos de la Virgen), y la cabecera del corregimiento de Altavista. Además, se consideran suelos de expansión para el desarrollo, o suelos con destinación futura de uso urbano, los Altos de Calazans, Eduardo Santos, El Noral y Las Mercedes; y suelos de expansión para el mejoramiento (asentamientos humanos de desarrollo incompleto y/o inadecuado que se encuentran fuera del perímetro de cobertura sanitaria), el área adyacente al barrio María Cano Carambolas, el área adyacente al barrio Llanaditas Sector Golondrinas, el área adyacente al barrio Versalles N°2 Sector La Honda y el área adyacente al barrio 13 de Noviembre, Pinares de Oriente. En la categoría de suelo de protección dentro del suelo urbano y de expansión urbana, hacen parte las áreas de estructura ecológica principal (contienen el sistema hidrográfico, orográfico como cerros tutelares y elementos de la red de conectividad ecológica) y las áreas de amenaza y riesgo, especialmente las áreas de riesgo no mitigable.

Según la Alcaldía de Medellín – Acuerdo 48 (2014) en la designación del suelo rural, los terrenos poseen un alto valor ecológico, paisajístico, productivo y cultural, y permiten emplear actividades productivas agrícolas, forestales y pecuarias; también

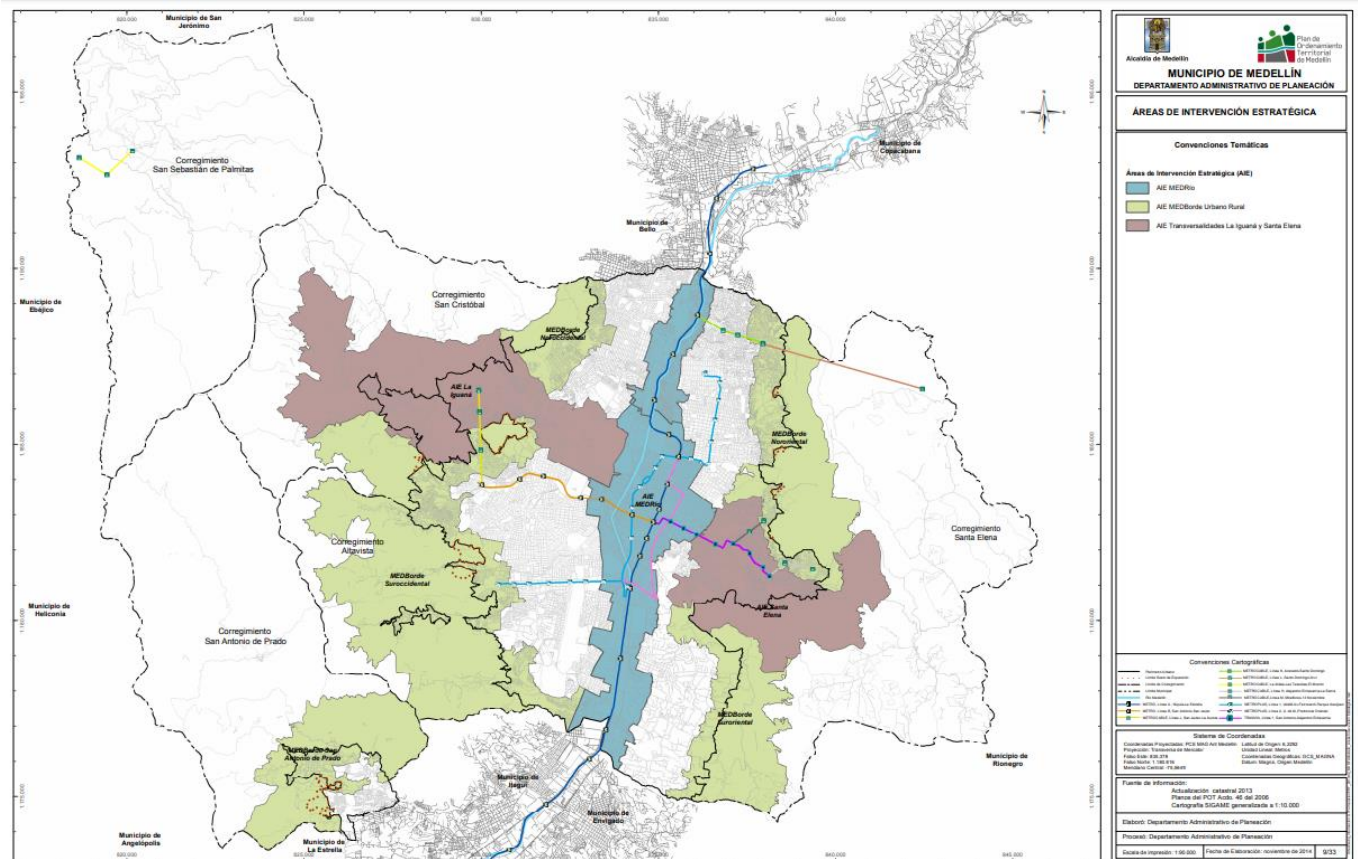
incluyen los usos y actividades suburbanos (de desarrollo restringido). En la categoría de protección, se encuentran las áreas de conservación y protección ambiental (áreas protegidas de carácter público o privado que contienen el sistema hidrográfico, orográfico y los componentes importantes de la red de conectividad ecológica); también, las áreas de protección para la producción (destinadas a producción y explotación de recursos naturales como actividades forestales, de minería, agricultura, etc.); las áreas e inmuebles considerados patrimonio cultural (al incluir sitios de historia y arqueología, o bienes nombrados de interés cultural); las áreas del sistema de servicios públicos domiciliarios (corresponden a áreas de ubicación de infraestructuras primarias de saneamiento); y las áreas de amenaza y riesgo.

Por su parte, la categoría de suelo suburbano corresponde a las áreas en las cuales prevalece una mezcla de formas de vida en el campo y en la ciudad; en esta categoría, se encuentran las áreas destinadas a la parcelación de vivienda campestre (Mirador del Poblado, el Tesoro y Chacaltaya en la vereda las Palmas del Corregimiento de Santa Elena); los centros poblados rurales los cuales cuentan con la dotación de infraestructura de servicios públicos básicos que necesitan y los equipamientos necesarios para la concentración de 20 viviendas o más (Corregimiento San Sebastián de Palmitas: Sector central y Urquitá, Corregimiento San Cristóbal: El Llano, Pedregal Alto, Pajarito-AME-, y La Loma, Corregimiento de Altavista: Corazón El Morro, Aguas Frías, San Pablo, San José del Manzanillo, Buga y Patio Bonito, Corregimiento de San Antonio de Prado: Potrerito, La Florida, y Corregimiento de Santa Elena: Santa Elena sector Central, Barro Blanco, Mazo, y Mazo-Los Vásquez); los suelos suburbanos propiamente dichos que son definidos como centros poblados

rurales con menos densidad poblacional a la definida en esa clasificación (Corregimiento San Sebastián de Palmitas: La Aldea 2 y Aldea – Centralidad, Corregimiento de San Cristóbal: Conexión Aburrá – Río Cauca y Pedregal Alto, Corregimiento de Santa Elena: El Plan, El Llano, El Cerro, El Placer, Piedras Blancas y Chorroclarín); y las áreas para la localización de equipamientos las cuales tienen definida la localización de equipamientos de salud, educación, de bienestar social, cultural, recreación y deporte. (Tomado de Alcaldía de Medellín – Acuerdo 48, 2014).

Con el fin de garantizar el desarrollo de los objetivos territoriales en las líneas económicas, sociales y demás, indica Alcaldía de Medellín – Acuerdo 48 (2014), en el municipio, a través del instrumento de planificación Plan de Ordenamiento Territorial (POT) se definieron unas zonas específicas para emplear intervenciones estratégicas a través de diversas acciones e instrumentos de planificación. Estas áreas corresponden entonces a zonas definidas como estratégicas a causa de sus características, las cuales permiten emplear transformaciones en el territorio, asegurando un desarrollo adecuado de asentamiento; por ello, estas requieren medidas económicas y sociales necesarias para que alcancen las condiciones funcionales y físicas más adecuadas. Esta planificación estimula la convergencia de escalas generales como el POT y escalas más detalladas como la elaboración de proyectos de orden público y privado en un proceso de dirección territorial.

Figura 14. Áreas de intervención estratégica



Fuente: Alcaldía de Medellín – Acuerdo 48 (2014)

El área de intervención estratégica MEDRío, comprende el corredor del río Medellín y sus alrededores. Conforme Alcaldía de Medellín – Acuerdo 48 (2014), esta se subdivide en RíoNorte, RíoCentro y RíoSur, de acuerdo a características urbanas y aspectos económicos y sociales. Aprovechando las infraestructuras existentes, en esta área se pretende designar una nueva ocupación de los suelos cercanos al río, formando una ciudad más compacta y propiciando el urbanismo de proximidad. RíoNorte se ubica entre el límite con el municipio de Bello al norte y la Calle 77. Con su intervención como zona estratégica, se propicia el equilibrio de las laderas nororiental y

noroccidental y su unión con el corredor del río. En RíoCentro se pretende ordenar la zona central municipal, a través de la transformación y la configuración de la centralidad metropolitana; este sector a su vez se subdivide en las subzonas Frente del Río, Distrito Medellíninnovation y Centro, con base en su diversidad morfológica y funcional. La subzona 1 – Frente del Río, se conforma por la parte central y baja del Valle de Aburrá, por lo cual, esta comprende ambos costados del frente del río, incluyendo el centro cívico; en ella se pretende desarrollar tratamientos de Renovación Urbana. La Subzona 2 – Distrito Medellíninnovation, contiene la zona norte del área de intervención estratégica, entre las comunas 4 y 10 (Aranjuez y La Candelaria respectivamente); se considera como el sector para consolidar el corazón de la innovación de toda la ciudad, debido principalmente a la presencia cercana de equipamientos educativos, investigativos y de salud de orden general, considerándose además su cercanía a suelos con procesos de Renovación Urbana. Allí se pretende entonces fomentar un ambiente digital, soportando el crecimiento de las industrias del Siglo XXI, por lo cual, los barrios Chagualo, Sevilla, San Pedro y Jesús Nazareno son considerados como áreas de actividad económica tecnológica.

Por su parte, la subzona 3 – Centro Tradicional, según Alcaldía de Medellín – Acuerdo 48 (2014) comprende la zona centro tradicional de la ciudad. En esta se tiene como objetivo implementar un orden integral del centro a partir de intervenciones en su estructura física, obteniéndose además mejores condiciones de movilidad, seguridad, legalidad, convivencia, entre otras. Para ello, se ha formulado una serie de estrategias: *Rehabilitar (Adecuar los sistemas públicos, destinar suelo apto para desarrollar nueva vivienda y crear políticas de reciclaje) *Mejorar el espacio público (a través de

dinámicas de sana convivencia, apropiación y control) *Devolver la presencia de la institucionalidad (con acciones para favorecer el surgimiento de redes de mercado y presentar servicios a la comunidad) *Potenciar el patrimonio cultural (a partir del desarrollo de Planes de Manejo y Protección a zonas patrimoniales) *Implementar nuevos desarrollos (al generar nuevas alianzas público/privadas y al formar un nuevo sistema de incentivos y de gestión de suelo) *Mejoras las condiciones ambientales (enfaticando primeramente en la movilidad del peatón, en el uso masivo de transporte público y en la movilidad no motorizada). Continuando con la subdivisión del área de intervención estratégica MEDRío, el sector RíoSur corresponde al tramo de corredor entre la calle 30 y el límite con los municipios del sur del Valle de Aburrá; este sector tiene una tendencia industrial y barrios con viviendas tradicionales. El patrón de uso de suelo en RíoSur corresponde a la función industrial, lo cual impulsa la competitividad en la economía global y la coexistencia de la industria sostenible y los usos residenciales.

Por otro lado, de acuerdo a Alcaldía de Medellín – Acuerdo 48 (2014) el área de intervención estratégica MEDBorde Urbano Rural es la designación de las áreas del Borde Urbano y Borde Rural y su apelativo atiende la necesidad de cualificar los barrios, mejorar los sistemas públicos, mejorar las Unidades de Planificación Rural, mitigar el riesgo en zonas de riesgo mitigable, impulsar el reasentamiento poblacional, conservar los suelos de protección y fomentar la designación de los suelos con fines de producción rural; esto permite favorecer el mejoramiento integral de los barrios, apoyar la productividad en el suelo rural, disminuir la presión en zonas de protección y de riesgo y favorecer el crecimiento o expansión urbana más adecuado. Esta área de intervención estratégica a su vez, se clasifica en 5 zonas: MEDBorde Nororiental,

MEDBorde Noroccidental, MEDBorde Suroccidental, MEDBorde Suroriental, MEDBorde San Antonio de Prado. La zona MEDBorde Nororiental contiene áreas que deberán ser orientadas a una adecuada gestión del riesgo y a la coyuntura del parque Arví con la ciudad y la Reserva Forestal Protectora del Río Nare, mediante espacios públicos para aprovechar el espacio natural. En la zona MEDBorde Noroccidental se propende en su planificación, ordenar la distribución de los asentamientos urbanos existentes, consolidar un cinturón verde y alentar en el sistema de espacio público, la predominancia de los espacios verdes; siendo en este caso, el cerro tutelar El Picacho, el principal referente de espacio público para los encuentros entre la población. Además, en esta zona, se debe robustecer el sistema productivo agrícola, agropecuario, agroforestal, con especial énfasis en las áreas del corregimiento de San Cristóbal.

En la MEDBorde Suroccidental, se encuentran áreas impactadas por actividades mineras, especialmente en los corregimientos de Altavista y San Cristóbal, para lo cual se hace necesario efectuar actividades de mitigación de estos impactos; por otro lado, se ha identificado la necesidad de implementar un subsistema de espacio público en el cual se propenda por la protección ambiental y paisajística de los sistemas orográfico e hidrográfico y fortalecer las actividades agropecuarias y agroforestales, especialmente del suelo rural. La MEDBorde Suroriental se encuentra en el corredor vial de Las Palmas; allí se hace necesario ordenar los procesos de suburbanización, los cuales han perjudicado el sistema hídrico y además han acelerado la presencia de amenazas por movimientos en masa, y por ello se requiere la configuración de un subsistema de espacio público que tenga como objetivo gestionar para la mejora de los elementos

hidrográficos, de la estructura ecológica. La MEDBorde San Antonio de Prado comprende el área del corregimiento de San Antonio de Prado que contiene importantes transformaciones urbanísticas, lo que implica generar una alta presión sobre el sistema ambiental y productivo de la zona, lo cual demanda ordenar el territorio de una mejor manera para proteger los servicios ecosistémicos; por ello, se ha definido como necesario consolidar un subsistema de espacios públicos para mejorar las condiciones ambientales en la quebrada Doña María, e integrar el distrito rural campesino con la zona urbana. (Tomado de Alcaldía de Medellín – Acuerdo 48, 2014).

Otras de las áreas de intervención estratégica, según señala Alcaldía de Medellín – Acuerdo 48 (2014) corresponden a MED transversalidades; estas se encuentran entre los regímenes Borde y Río de los conjuntos montañosos centro occidental y centro oriental y comprenden las franjas de los márgenes de las quebradas y sus zonas de influencia. En estas áreas se identifica la necesidad de planificar su conectividad ambiental entre el área rural, el borde urbano y el corredor del río Medellín; en consecuencia, se fomentará el mejoramiento de la planificación rural, impulsando la productividad rural, la innovación, la educación, y el desarrollo. Se subdividen estas áreas en MED Transversalidad La Iguaná y MED Transversalidad Santa Elena. La MED Transversalidad La Iguaná es la zona donde discurre la quebrada La Iguaná, referida al área entre el río y la zona de influencia del Túnel de Occidente. Le compete la integración entre el desarrollo del área de intervención estratégica MEDRío y las estrategias a implementar en los territorios de borde; especialmente, le pertenece la gestión en asuntos de articulación de los proyectos de infraestructura regionales, municipales y metropolitanos con acciones de movilidad

(sobre todo, proyectos transversales y longitudinales); en esta zona hay una gran cantidad de instituciones de educación superior, por lo que se presenta la gran oportunidad de generación de conocimiento cercana, y esto considerado con la importancia ambiental de las áreas aledañas al cerro El Volador, se crea una ocasión para producir un “distrito de educación” a través del cual es posible formular una dinámica de innovación y articulación para las áreas de intervención estratégica MEDRío y MEDTransversalidad Iguaná.

La MED Transversalidad Santa Elena, como indica Alcaldía de Medellín – Acuerdo 48 (2014) se trata de la transversalidad presente en la quebrada Santa Elena entre el río y el límite de lo urbano al oriente; a esta transversalidad le corresponde establecer una coyuntura entre el área de intervención estratégica MEDRío y las diferentes acciones a implementar en las zonas de borde, con el fin de bajar la presión a causa de la urbanización. Con especial énfasis, a esta área se le asigna la tarea de emprender la articulación de Medellín con la región cercana del oriente, formando la acción coyuntural entre los proyectos de infraestructura municipales con los regionales. Deberá considerar estrategias con el objetivo de formular estrategias para articular el desarrollo rural en el espacio metropolitano del municipio, interviniendo para la protección ecológica, la seguridad alimentaria, la regulación del recurso hídrico y permitiendo procesos controlados de urbanización.

Estructura ecológica

La estructura ecológica de un territorio comprende un sistema o red de áreas de gran importancia ambiental por su capacidad de almacenar procesos ecológicos y

servicios ecosistémicos importantes que soportan el desarrollo cultural, social y económico de la población territorial. De acuerdo a Alcaldía de Medellín – Acuerdo 48 (2014) la estructura ecológica comprende dos enfoques: la estructura ecológica principal y la estructura ecológica complementaria. La principal corresponde al primer nivel de la prioridad; su objetivo es conservar o recuperar las funciones ecológicas más importantes (áreas protegidas nacionales, regionales o metropolitanas, de la sociedad civil y áreas de interés como el sistema hidrográfico, orográfico y enlaces de la red de conectividad ecológica) y la estructura ecológica complementaria comprende el segundo nivel de prioridad; se interesa en asegurar el mantenimiento de las funciones conectoras de la estructura principal. Contiene áreas que permiten prevenir movimientos en masa, avenidas torrenciales, inundaciones, incendios, además de que preserva la captura y almacenamiento de carbono, permite el aprovisionamiento de madera y provee funciones culturales, entre otras.

Ahora, como lo indica la Alcaldía de Medellín – Acuerdo 48 (2014) las categorías dentro de la estructura ecológica principal, son las áreas protegidas, la reserva forestal protectora del Río Nare, el distrito de manejo integrado divisoria del Valle de Aburrá – Río Cauca, las áreas de interés estratégico, el sistema hidrográfico, los ríos y quebradas con sus retiros, los humedales con sus retiros, los ojos de sal, las cuencas y microcuencas abastecedoras, las cuencas de orden cero, las cuencas aportantes externas a Medellín, el sistema orográfico (cerros tutelares y las cadenas montañosas estructurantes) y la red de conectividad ecológica. Las áreas protegidas comprenden las áreas protegidas de orden público y privado; las de orden público son La Reserva Forestal Protectora RFP del Río Nare, El Distrito de Manejo Integrado DMI de la

Divisoria Valle de Aburrá - Río Cauca, Parque Natural Regional Metropolitano Cerro El Volador, Áreas de recreación Parque Ecológico Cerro Nutibara y Área de Recreación Urbana Cerro Asomadera; la de orden privado es La Reserva Natural de la Sociedad Civil RNSC Montevivo. La reserva forestal protectora del Río Nare tiene como clasificación, zonas de preservación, zonas de restauración y zona de uso sostenible; las de preservación son las áreas que contienen bosque natural secundario de especies mixtas, de robledal mixto y bosque plantado (en Represa Piedras Blancas), las de restauración tienen la función de protección con diferentes coberturas que no sean bosque, rastrojos bajos y altos, como también, corresponde a la zona de retiros de quebradas principales sin coberturas adecuadas, y las zonas de uso sostenible son las zonas de espacios limitados para efectuar actividades extractivas relacionadas con la Zona Forestal Protectora.

Por otro lado, el distrito de manejo integrado divisoria del Valle de Aburrá – Río Cauca, como lo indica Alcaldía de Medellín – Acuerdo 48 (2014) es conformado por 5 diferentes zonas: la zona de oferta de bienes y servicios ambientales (ecosistemas en mejor estado de conservación), la zona con potencial de oferta de bienes y servicios ambientales (áreas con vegetación en diferentes etapas de sucesión y con tendencia al encogimiento), la zona de producción forestal sostenible (suelos en áreas susceptibles a la erosión), la zona de producción agroforestal sostenible (áreas en las cuales se desarrollan actividades productivas con medidas de protección) y la zona de producción agropecuaria sostenible (áreas en las que se emplean actividades productivas propias de las actividades pecuarias, agrícolas y agroindustriales). Además, las áreas de interés estratégico son de especial importancia por estar

asociadas al sistema hidrográfico, al sistema orográfico y a los enlaces de la red de conectividad ecológica. Por otro lado, la categoría sistema hidrográfico se compone de aquellas áreas que contribuyen a asegurar los servicios ecosistémicos de aprovisionamiento y regulación del recurso hídrico y hace parte de los elementos constitutivos naturales de espacio público; la categoría ríos y quebradas con sus retiros incluyen el río Aburrá o río Medellín y los afluentes de los cuales se compone (estos elementos son la base para conformar los corredores ecológicos asociados a las corrientes), y estos se clasifican en función de drenajes y corredores principales (río Medellín o Aburrá, Santa Elena y Piedras Blancas) y drenajes y corredores secundarios (La Iguaná, Doña María, Ana Díaz, La Picacha, Altavista, La Guayabala, La Presidenta y todas las quebradas restantes de Medellín incluidas en la red hídrica oficial del Municipio); por su parte, la categoría de humedales con sus retiros, comprende las extensiones de pantanos y turberas, marismas o superficies cubiertas de aguas de origen natural o artificial, permanente o temporal, de forma estancada o con corriente, ya sea dulce, salado o salobre (los humedales son Laguna de Guarne, Embalse de Piedras Blancas, Lago del Parque Norte, Lago del Jardín Botánico y Humedal Romeral).

Continuando con las categorías en la estructura ecológica principal, según indica Alcaldía de Medellín – Acuerdo 48 (2014) los ojos de sal en Medellín, o las aguas continentales ricas en minerales como se definen, corresponden en la Reserva Forestal Protectora del Rio Nare a: Pozo Real, El Barnizal, El Chiflón, El Temprano, Cuberos (Vereda Mazo), Santa Cruz (Vereda El Tambo); en zona urbana, son los cercanos a las quebradas La Salada o Aguasal, afluente de la quebrada Santa Elena (sector Rancho

de Lata), en la parte alta de la quebrada El Salado (San Javier) y en el corregimiento de San Antonio de Prado, en la estrella fluvial de la quebrada Doña María. Las cuencas y microcuencas abastecedoras de la zona rural, como otra de las categorías en la estructura ecológica principal, son evidenciadas en la siguiente tabla.

Tabla 5. Cuencas y microcuencas abastecedoras en suelo rural

Corregimiento	Cuenca	Acueductos que surte
San Antonio de Prado	La Limona	San José
	La Larga	Montañita
	La Sorbetana	Sorbetana
	La Manguala	El Manantial

	La Manguala	El Vergel
	Las Despensas	Acueducto EPM, Área Urbana San Antonio de Prado
	La Chata	
	La Larga	
	Doña María	
San Cristóbal	Quebrada Grande	El Hato
	La Frisola	Arco Iris
	Quebradas San Francisca y Los Hoyos	La Acuarela
	La Iguaná	La Iguaná
Santa Elena	San Pedro	San Pedro
	Quebradas Santa Elena y las Antenas	Multiveredal Santa Elena
	Quebradas San Roque 1 y San Roque 2	Mazo
	Chiqueros	Las Flores
	Santa Bárbara	Media Luna
	Matasano	Piedras Blancas
	Piedras Blancas	Acueducto EPM
	Chorrillos	
La Castro	Acueducto Isaac Gaviria	
Altavista	Quebrada Altavista y sus afluentes, La Piedra, Los Pérez y El Barcino, La Buga	Altavista
	Ana Díaz	Travesías El Morro
	La Guayabala	Manzanillo
	La Guayabala	Agua Pura
San Sebastián de Palmitas	Chachafruto y los Azules	Acueducto EPM, Área Urbana San Sebastián de Palmitas
	Quebrada La Sucia- Afluente la China	Acueducto la China
	Quebrada La Volcana (En proceso de construcción)	Acueducto La Volcana

Fuente: Alcaldía de Medellín – Acuerdo 48 (2014)

La categoría cuencas de orden cero, de acuerdo con Alcaldía de Medellín – Acuerdo 48 (2014) contiene a las cuencas que son las que no poseen un canal con una corriente permanente en el cual el agua que escurre se mueve a través del suelo, y en periodos extremos de lluvia, a través de canales o zanjas; son áreas de gran importancia para la función de recarga de acuíferos y son especialmente sensibles a intervenciones antrópicas; en el municipio, las cuencas de orden cero se encuentran en las veredas: Aguas Frías, Altavista, Barro Blanco, Boquerón, La Suiza, La Verde, Las Palmas, Mazo, Buga - Patio Bonito, El Astillero, El Cerro, El Corazón El Morro, El Jardín, El Patio, El Placer, El Plan, El Salado, El Uvito, La Cuchilla, La Esperanza, La Florida, La Frisola, La Ilusión, La Loma, La Palma, Media Luna, Montañita, Naranjal, Palmitas Sector Central, Piedra Gorda, Piedras Blancas – Matasano, Potrera Miserenga, Potrerito, San José de la Montaña, San José del Manzanillo, San Pablo, Santa Elena sector Central, Urquitá, La Volcana Guayabal, Yarumalito y El Yolombo. Asimismo, en la categoría de sistema orográfico (el cual contiene el relieve montañoso y los cerros o accidentes geográficos como elementos naturales de espacio público), se encuentra una clasificación especial, atendiendo a la estructura orográfica de los componentes; esta es: cerros tutelares y cadenas montañosas estructurantes.

Dentro de los cerros tutelares, se encuentran entonces el Cerro Nutibara, Cerro El Volador, Cerro Santo Domingo, Cerro La Asomadera, Cerro El Salvador, Cerro Pan de Azúcar, Cerro El Picacho, Cerro de las Tres Cruces o Morro Pelón, Cerro La Potrera, Cerro Las Lajas, Cerro Verde, Cerro El Morrón, Cerro El Ajizal y Cerro de La Cajetilla; y dentro de la clasificación cadenas montañosas estructurantes (cuchillas, altos y cerros de las cadenas montañosas), se hace una diferenciación entre las

cadenas montañosas del oriente y las del occidente. Los elementos constitutivos de esta clasificación son entonces: cuchilla Romeral (Incluyendo los Altos de La Guija, Romeral, El Silencio, El Chuscal y Las Cruces); el cerro del Padre Amaya, el cual comprende la vertiente derecha de la quebrada La Sucia, El Boquerón, la Cuchilla de Las Baldías en San Cristóbal y San Sebastián de Palmitas, en límites con el Municipio de Bello (Incluyendo El Alto Urquitá, El Boquerón, El Chuscal y El Yolombo); las cuchillas El Barcino, Astillero y Manzanillo, las divisorias de agua que conforman el Corregimiento de Altavista, en el costado occidental (incluyendo los altos El Astillero, cerro El Barcino, alto El Encanto y alto El Manzanillo; son las divisorias de agua que conforman el corregimiento de Altavista y los cerros Aguas Frías, alto de Los Jaramillos y Morro Pelón); el Lomerío del escarpe de Las Palmas, el cual se encuentra en la vertiente izquierda de la quebrada Santa Elena; la divisoria de aguas del costado nororiental, donde se ubican la Cuchilla Gurupera y los Altos Juan Gómez, La Virgen, Sabanas y El Toldo; y la Cadena montañosa que limita con los municipios de Envigado (Incluye los altos de La Pelada, de Perico, Romerillo y Espíritu Santo); Rionegro (Cerro Verde) y Guarne (Altos de San Ignacio, del Pino, La Yegua, Tres Puertas, Las Cruces y La Honda) y el parque Ecológico Piedras Blancas. (Tomado de Alcaldía de Medellín – Acuerdo 48, 2014).

Por último, la categoría red de conectividad ecológica, dentro de la estructura ecológica principal del municipio, busca conservar poblaciones viables de biota en ecosistemas fragmentados; esta categoría a su vez, conforme menciona Alcaldía de Medellín – Acuerdo 48 (2014) se subdivide en nodos estructurantes, enlaces estructurantes, nodos y enlaces estructurantes proyectados, áreas de interés recreativo

y paisajístico, y corredores del Sistema Metropolitano de Áreas Protegidas – SIMAP. Los nodos estructurantes son fragmentos de bosque con coberturas vegetales en buen estado de conservación, que contengan áreas de más de 6400 m²; en esta clasificación, se incluyen las áreas protegidas urbanas. Los enlaces estructurantes corresponden a áreas priorizadas, como resultado de estudios de métrica del paisaje, y también, corredores riparios del POMCA del río Aburrá y del Plan Maestro de Zonas Verdes Urbanas; los corredores riparios se asocian a las quebradas la Iguaná, Santa Elena, Picacha, Tablaza, Doña María, Malpaso, Quintana, Altavista y Guayabala. Los nodos y enlaces estructurantes proyectados son zonas con amenaza alta de inundaciones, deslizamientos, o con alto impacto causado por actividad minera, en las cuales se planea su recuperación para integrarlas a la red de conectividad ecológica; en el municipio, estas zonas corresponden a las áreas localizadas en el Cinturón Verde, principalmente. Las áreas de interés recreativo y paisajístico en Medellín son: Club El Campestre, Club El Rodeo, Lote de la Universidad de Antioquia en la Comuna

Villa Hermosa, Parque La Ladera, Finca Montecarlo, Finca La Mesa, Museo El Castillo, Lote El Castillo, Zoológico Santa Fe, Canal Parque (Antiguo Vivero Municipal), Piedra Lisa, Ecoparque Loma Hermosa, Ecoparque Bosques de La Frontera, Finca Yerbabuena, Jardín Botánico y lote adyacente a la Universidad de Medellín.

Los corredores del Sistema Metropolitano de Áreas Protegidas – SIMAP, por su parte, dentro de la categoría red de conectividad ecológica, son subdivididos en 16 corredores, que son: corredor La Rosa - Villa Guadalupe – Carevieja - El Aguacatillo (Corredor No. 10 del SIMAP) el cual se encuentra en la comuna nororiental del municipio, en los barrios La Rosa, San Isidro, Moscú y Carpinelo, y la parte alta del

barrio Santo Domingo, y sus afluentes principales son la quebrada La Rosa, Villa Guadalupe, Carevieja y El Aguacatillo; el corredor Bermejala – Piñuela (Corredor No. 11 del SIMAP), el cual se encuentra ubicado en la comuna nororiental también, entre los barrios de Aranjuez y el sector Aranjuez-Anillo, y sus principales afluentes son la quebrada La Piñuela, la cual desemboca en la quebrada Bermejala; el corredor El Molino (Corredor No. 12 del SIMAP), aquel que se ubica en la comuna nororiental también, entre los barrios Campo Valdés y Santa Cruz, incluyendo la ribera de la quebrada El Molino (La Chorrera) en sus partes más altas y la quebrada La Máquina (Tebaida); el corredor Unidad de conservación Jardín Botánico – Parque Norte – Universidad de Antioquia (Corredor No. 13 del SIMAP); el corredor Santa Elena (Corredor No. 14 del SIMAP), el que se ubica en el sector oriental del municipio de Medellín, entre los barrios La Sierra, La Milagrosa, El Salvador y Buenos Aires, y posee entre sus principales afluentes la quebrada Santa Elena, Chorro Hondo, La Rafita y la quebrada La India; el corredor La Poblada (Corredor No. 15 del SIMAP), localizado en el sector suroriental del municipio de Medellín, entre los barrios El Poblado y los sectores San Martín y San Lucas y su principal afluente es la quebrada La Poblada; el corredor La Presidenta (Corredor No. 16 del SIMAP), el cual es asociado a las cuencas de las quebradas La Presidenta, Palo Blanco y La Chacona, en el sector suroriental del municipio de Medellín; el corredor Aguacatala (Corredor No. 17 del SIMAP), aquel que tiene como afluentes la quebrada La Aguacatala en su parte media y alta, hasta el Parque Arví, e incluye áreas de la quebrada El Castillo, Los Balsos, La Volcana y La Sucia. (Tomado de Alcaldía de Medellín – Acuerdo 48, 2014).

Otro de los 16 corredores del Sistema Metropolitano de Áreas Protegidas – SIMAP, señala Alcaldía de Medellín – Acuerdo 48 (2014), se trata del corredor Altavista (Corredor No. 18 del SIMAP) el cual es localizado en la zona suroccidental del municipio de Medellín, integra la cuenca media y alta de la quebrada Altavista hasta la cuchilla El Romeral, en el barrio Belén, sectores Altavista, Rosales y El Rodeo; el corredor La Picacha (Corredor No. 19 del SIMAP), es aquel que se ubica en la zona suroccidental del municipio de Medellín, se integra por la cuenca de la quebrada La Picacha, desde el valle aluvial del río Aburrá hasta la cuchilla El Romeral y se encuentra entre los barrios Fátima y Nutibara; el corredor Ana Díaz (Corredor No. 20 del SIMAP) se ubica en la zona suroccidental del municipio de Medellín, inicia en la parte alta de la Cuchilla El Romeral –Barcino, y se encuentra entre los barrios La América y Santa Mónica, finalizando en la glorieta de San Juan con la carrera ochenta; el corredor La Hueso (Corredor No. 21 del SIMAP) se encuentra localizado en la zona occidental del municipio de Medellín, allí se encuentra la cuenca de la quebrada La Hueso hasta su desembocadura al río Aburrá; incluye también otros afluentes como La Bolillala o Pelahueso, La América, El Salado y la quebrada Ana Díaz y este pasa a través de los barrios Veinte de Julio, San Javier parte alta, La Floresta y Suramericana; el corredor La Iguaná (Corredor No. 22 del SIMAP) se encuentra ubicado en la zona occidental del municipio de Medellín, incluye las riberas y zonas de retiro de las quebradas La Iguaná, Corcovada, La Gómez, La Moñonga, Malpaso, El Chumbimbo y una parte del caño Bello Horizonte; el corredor La Quintana – La Cantera (Corredor No. 23 del SIMAP) es aquel que se encuentra localizado en el sector occidental del municipio de Medellín, se inicia desde la Llanura aluvial del río Aburrá y atraviesa la

ribera y zonas de retiro de la quebrada La Quintana y parte de la quebrada La Cantera (Culantrillo), además que en él se encuentran los barrios Aures, El Picacho, Kennedy, Alfonso López y Córdoba; el corredor La Moreno – Tinajas – La Velásquez (Corredor No. 24 del SIMAP) el cual se encuentra ubicado en la zona noroccidental del municipio de Medellín, con presencia de las riberas y zonas de retiro de las quebradas La Moreno, Tinajas (Tinajitas) y parte alta de la quebrada La Velásquez, entre los barrios Doce de Octubre, Pedregal, Girardot y Belalcázar; y finalizando con el corredor Red de Cerros Tutelares (Corredor No. 25 del SIMAP).

En el segundo enfoque de la estructura ecológica municipal (la estructura ecológica complementaria), existe una categorización que, según Alcaldía de Medellín – Acuerdo 48 (2014), contiene áreas para la prevención de inundaciones, avenidas torrenciales y movimientos en masa; áreas priorizadas por captura de carbono y almacenamiento en biomasa aérea; zonas de recarga de acuíferos; áreas para aprovisionamiento de productos forestales; áreas para aprovisionamiento de alimentos y áreas para la prestación de servicios culturales. Como ya se sabe, la estructura ecológica complementaria contiene vegetación transformada y seminatural, y posee elementos de gran relevancia para complementar la conexión de la estructura ecológica principal, contribuyendo el desarrollo de sus servicios ecosistémicos, los cuales son de gran importancia para el desarrollo de la población. Lo que permite caracterizar este tipo de estructura ecológica reside en la presencia de mosaicos de vegetación en diferentes estados, y la presencia de áreas para pastos y cultivos (en estas se encuentran cercas vivas, corredores biológicos, parques, zonas verdes). Las áreas para la prevención de inundaciones, avenidas torrenciales y movimientos en

masa se encuentran asociadas a los ecosistemas naturales y seminaturales que le prestan a Medellín el servicio de prevención de daños frente a amenazas por fenómenos de riesgo; las áreas priorizadas por captura de carbono y almacenamiento en biomasa aérea, se categorizan en áreas con potencial alto para la captura de carbono, áreas con potencial Medio para la captura de carbono y áreas con potencial Bajo. Las áreas con potencial Alto cuentan con coberturas de bajo porte como pastos enmalezados, pastos limpios, pastos arbolados y herbazales, con tendencia a evolución a rastrojos medios, altos y bosques secundarios; las áreas con potencial medio por su parte, contienen coberturas de porte medio y alto en procesos regenerativos, como ejemplo, tienen vegetación secundaria o en transición, bosques fragmentados y plantaciones forestales; y las áreas con potencial bajo tienen bosques densos y bosques riparios.

En las zonas de recarga de acuíferos, indica Alcaldía de Medellín – Acuerdo 48 (2014) está la parte de la cuenca hidrográfica que por sus diferentes condiciones (de clima, de geología, de topografía y demás), se genera infiltración de una gran parte de las precipitaciones, por lo cual, se produce la recarga de los acuíferos en las partes más bajas de toda la cuenca. La clasificación de estas zonas corresponde a recarga directa, recarga indirecta de importancia alta, recarga indirecta de importancia media y recarga indirecta de importancia baja. Ahora, dentro de las áreas para aprovisionamiento de productos forestales, se encuentran las áreas para producción forestal con base a iniciativas públicas y privadas, con el fin de protegerlas. En las áreas para aprovisionamiento de alimentos, se encuentran aquellas zonas que el Plan de Ordenamiento Territorial considera de mayor interés con fines de producción de

alimentos debido a sus adecuadas características, las cuales les permiten cumplir con tal servicio ecosistémico, brindando garantía de seguridad alimentaria a la población. Y las áreas para la prestación de servicios culturales están destinadas a brindar beneficios no materiales, directamente de los ecosistemas, como enriquecimiento espiritual, identificación de la belleza escénica, inspiración de diversa índole, desarrollo cognitivo y reflexivo, recreación, entre otros. Estos beneficios se obtienen gracias a los elementos naturales presentes.

La biodiversidad faunística de Medellín es amplia. El municipio cuenta con más de 1.000 especies de escarabajos, mariposas y hormigas. 31 especies de murciélagos, 18 especies de roedores silvestres, 6 de marsupiales, 4 de perros de monte y coatíes. 2 especies de micos, tigrillos, pumas y otros mamíferos. 25 especies de ranas y sapos, 3 de salamandras y 2 de cecilias. Entre los reptiles, 30 especies de serpientes y 14 de lagartos, lagartijas y gekos. En el grupo de las aves, 29 especies de colibríes, 11 de carpinteros, 8 de halcones, 22 de loras, pericos, guacamayas, 52 de atrapamoscas, entre muchas otras. (Alcaldía de Medellín – Geo Medellín, Sistema de Información Ambiental de Medellín (SIAMED) & Parque Central de Antioquia, s.f).

En flora, Medellín posee también una gran cantidad de especies. Alrededor de 77 especies endémicas del municipio, del departamento o del país, han sido registradas en el territorio. “La flora incluye más de 196 familias y 1.106 géneros de plantas, siendo numerosas las orquídeas con 235 especies, las leguminosas con 172, las asteráceas o compuestas con 170 y los pastos con 107”. (Alcaldía de Medellín –

Geo Medellín, Sistema de Información Ambiental de Medellín (SIAMED) & Parque Central de Antioquia, s.f).

Indicadores como insumo para el cálculo de la vulnerabilidad por comuna

A partir del registro de las temperaturas superficiales medias diarias de Medellín durante el día y la noche, vía satelital, se hizo posible calcular algunos indicadores ambientales (en este caso, relacionados con las temperaturas superficiales). Tales indicadores corresponden a: temperatura promedio anual del municipio, número de días por año en los que se excede una temperatura por encima de los 32°C, temperaturas máximas anuales. A continuación, se evidencia el registro de tales indicadores calculados.

Tabla 6. Registro de las temperaturas superficiales promedio diarias y anuales durante la noche

Date	Mean	Media (K)	Media (°C)	Año	Media Anual(K)	Media Anual(°C)
1/12/2006	2900756	290,0756	16,9256			
3/12/2006	2876631	287,6631	14,5131			
4/12/2006	289564	289,564	16,414			
8/12/2006	2886642	288,6642	15,5142			
13/12/2006	282135	282,135	8,985			
15/12/2006	2889629	288,9629	15,8129			
17/12/2006	2877982	287,7982	14,6482			
18/12/2006	2867205	286,7205	13,5705			
19/12/2006	2876551	287,6551	14,5051			
26/12/2006	2876921	287,6921	14,5421			
29/12/2006	2900665	290,0665	16,9165			
31/12/2006	2912272	291,2272	18,0772	2006	288,1853667	15,03536667
2/01/2007	2890273	289,0273	15,8773			
3/01/2007	2894958	289,4958	16,3458			
4/01/2007	2877267	287,7267	14,5767			
5/01/2007	2874483	287,4483	14,2983			
6/01/2007	2876941	287,6941	14,5441			
7/01/2007	2906194	290,6194	17,4694			
9/01/2007	2786333	278,6333	5,4833			
11/01/2007	2867734	286,7734	13,6234			
12/01/2007	2886678	288,6678	15,5178			

Fuente: Elaboración propia con base en la información brindada por el equipo técnico de vigilancia en salud ambiental de la alcaldía de Medellín (2019)

Tabla 7. Registro temperaturas superficiales mínimas y máximas durante el día, número de días en el año en que la temperatura superó 32° C y temperaturas superficiales máximas al año

Date	Minimum	Maximum	Mínimo (K)	Máximo (K)	Mínimo (°C)	Máximo (°C)	Año	Nro de días >32°C	Temp máx por año(°C)
1/12/2006	29282	31202	292,82	312,02	19,67	38,87			
3/12/2006	2954	31482	295,4	314,82	22,25	41,67			
5/12/2006	2990	31314	299	313,14	25,85	39,99			
8/12/2006	30538	31482	305,38	314,82	32,23	41,67			
10/12/2006	29232	3123	292,32	312,3	19,17	39,15			
11/12/2006	29804	30196	298,04	301,96	24,89	28,81			
14/12/2006	28924	30798	289,24	307,98	16,09	34,83			
15/12/2006	29696	3087	296,96	308,7	23,81	35,55			
16/12/2006	28804	30342	288,04	303,42	14,89	30,27			
17/12/2006	2946	31324	294,6	313,24	21,45	40,09			
18/12/2006	29704	29978	297,04	299,78	23,89	26,63			
21/12/2006	28496	30936	284,96	309,36	11,81	36,21			
22/12/2006	29288	3085	292,88	308,5	19,73	35,35			
23/12/2006	29346	30634	293,46	306,34	20,31	33,19			
24/12/2006	29308	29922	293,08	299,22	19,93	26,07			
26/12/2006	29156	31192	291,56	311,92	18,41	38,77			
28/12/2006	29066	3087	290,66	308,7	17,51	35,55			
30/12/2006	2874	31088	287,4	310,88	14,25	37,73	2006	14	41,67
1/01/2007	2942	30776	294,2	307,76	21,05	34,61			
3/01/2007	28606	30574	286,06	305,74	12,91	32,59			
8/01/2007	29812	30868	298,12	308,68	24,97	35,53			

Fuente: Elaboración propia con base en la información brindada por el equipo técnico de vigilancia en salud ambiental de la alcaldía de Medellín (2019)

Adicional, se hace necesario considerar el número de árboles y arbustos por comuna y por año disponibles dentro de los cálculos de la vulnerabilidad en el territorio, teniendo en cuenta que en la vulnerabilidad influyen diferentes factores de diversa índole (sociales, ambientales, económicos, culturales, etc.); esta información fue brindada por la SMA a través de su plataforma SAU.

Tabla 8. Número de árboles y arbustos por comuna y por año en Medellín registrados en la plataforma SAU

COMUNA 1		COMUNA 2		COMUNA 3		COMUNA 4		COMUNA 5	
AÑO	CANTIDAD	AÑO	CANTIDAD	AÑO	CANTIDAD	AÑO	CANTIDAD	AÑO	CANTIDAD
2011	371	2011	40	2011	165	2011	254	2011	896
2012	118	2012	0	2012	96	2012	35	2012	242
2013	158	2013	255	2013	140	2013	187	2013	544
2014	263	2014	239	2014	94	2014	780	2014	946
2015	114	2015	454	2015	180	2015	788	2015	2403
2016	251	2016	91	2016	763	2016	1390	2016	1847
2017	121	2017	371	2017	435	2017	1319	2017	1523
2018	252	2018	194	2018	624	2018	1562	2018	2845
2019	112	2019	319	2019	170	2019	813	2019	1408
TOTAL	1760	TOTAL	1963	TOTAL	2667	TOTAL	7128	TOTAL	12654

COMUNA 9		COMUNA 10		COMUNA 11		COMUNA 12		COMUNA 13	
AÑO	CANTIDAD	AÑO	CANTIDAD	AÑO	CANTIDAD	AÑO	CANTIDAD	AÑO	CANTIDAD
2011	758	2011	5822	2011	110	2011	361	2011	654
2012	398	2012	302	2012	179	2012	136	2012	238
2013	1120	2013	177	2013	154	2013	350	2013	489
2014	1862	2014	4746	2014	1805	2014	596	2014	267

Fuente: Adaptación del registro dado por la SMA (2019)

Series temporales de las temperaturas superficiales promedio diarias durante el día y la noche del municipio a partir de los registros de 2006 a 2019 vía satélite

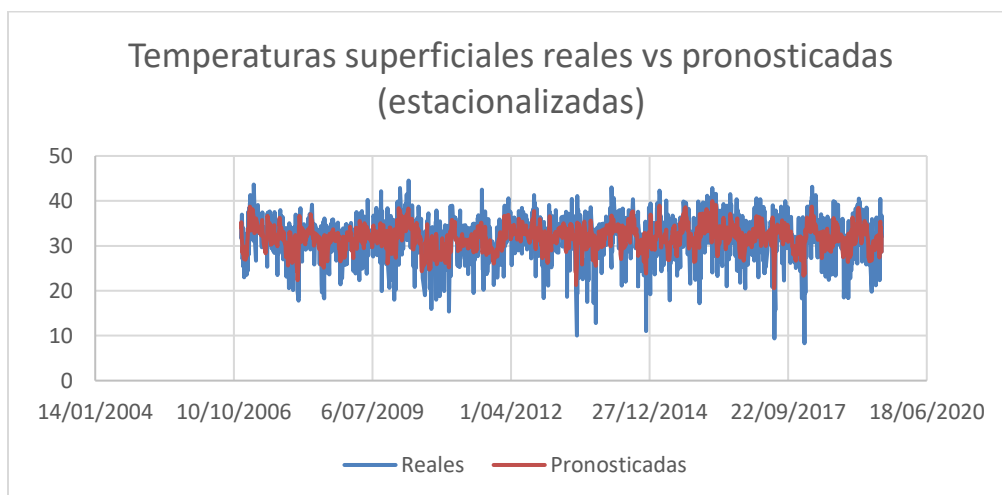
El análisis temporal de las temperaturas superficiales en el municipio de Medellín permite tener un acercamiento preliminar sobre el cual se tienen las posibles temperaturas superficiales en un futuro a corto plazo (en este caso, debido a la limitación ocasionada por el método estadístico de promedio móvil bajo la cual solo es posible proyectar unos cuantos días), y con base en esta información, se permite la toma de decisiones. A continuación, se muestra el análisis temporal mencionado.

Tabla 9. Muestra del registro procedimental para el análisis temporal de las temperaturas superficiales medias diarias durante el día en Medellín

Date	Media Día ^q	Total Móvil de 4 dí	Promedio Móvil de 4 dí	Promedio Móvil Centrado de 4 dí
1/12/2006	31,7572			
3/12/2006	34,4328			
5/12/2006	34,5078	137,6254	34,40635	34,622025
8/12/2006	36,9276	139,3508	34,8377	33,9113375
10/12/2006	33,4826	131,9399	32,984975	32,25225
11/12/2006	27,0219	126,0781	31,519525	30,8099
14/12/2006	28,646	120,4011	30,100275	29,0879
15/12/2006	31,2506	112,3021	28,075525	28,9453
16/12/2006	25,3836	119,2603	29,815075	29,4309875
17/12/2006	33,9801	116,1876	29,0469	28,742
18/12/2006	25,5733	113,7484	28,4371	28,996075
21/12/2006	28,8114	118,2202	29,55505	28,866825
22/12/2006	29,8554	112,7144	28,1786	27,85235
23/12/2006	28,4743	110,1044	27,5261	28,0135875
24/12/2006	22,9633	114,0043	28,501075	28,279475
26/12/2006	32,7113	112,2315	28,057875	28,3645625
28/12/2006	28,0826	114,685	28,67125	29,2495625
30/12/2006	30,9278	119,3115	29,827875	28,9076875
1/01/2007	27,5898	111,95	27,9875	28,3321875
3/01/2007	25,3498	114,7075	28,676875	27,7592
8/01/2007	30,8401	107,3661	26,841525	27,5054
12/01/2007	23,5864	112,6771	28,169275	28,051175

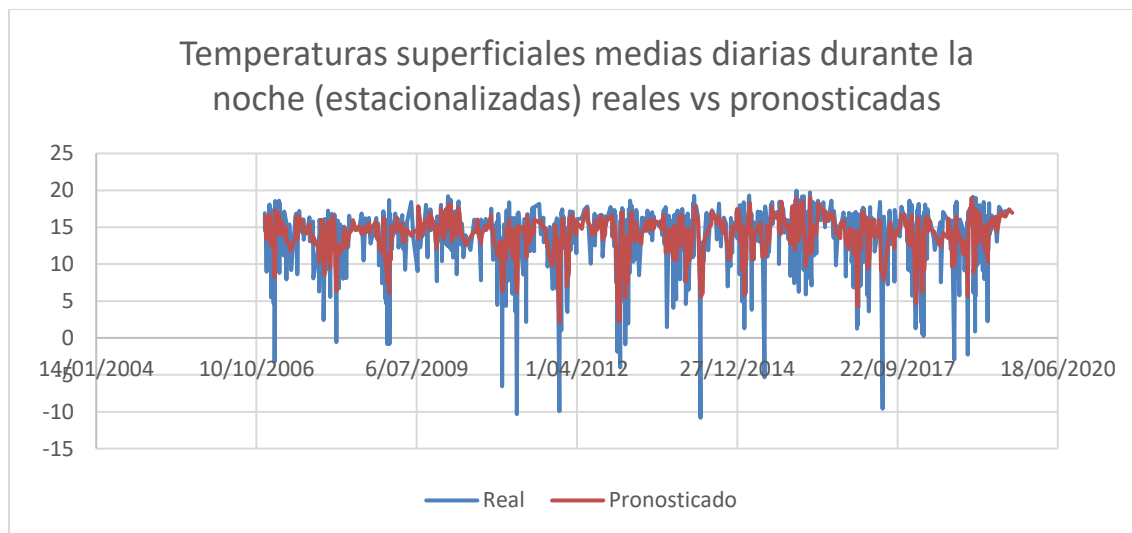
Fuente: Elaboración propia con base en la información brindada por el equipo técnico de vigilancia en salud ambiental de la alcaldía de Medellín (2019)

Figura 15. Gráfico del comportamiento de las temperaturas superficiales medias durante el día reales vs las temperaturas superficiales pronosticadas



Fuente: Elaboración propia con base en la información brindada por el equipo técnico de vigilancia en salud ambiental de la alcaldía de Medellín (2019)

Figura 16. Gráfico del comportamiento de las temperaturas superficiales medias durante la noche reales vs las temperaturas superficiales pronosticadas



Fuente: Elaboración propia con base en la información brindada por el equipo técnico de vigilancia en salud ambiental de la alcaldía de Medellín (2019)

Estrategias de adaptación en salud

Como resultado de la recopilación inicial de las estrategias de adaptación en salud, se generó una matriz de más de 200 estrategias clasificadas por línea de intervención, eje estratégico, y a partir de un filtro clasificativo adicional en función de la vulnerabilidad (acciones estructurales, socioeconómicas, culturales y de adaptación en salud) y la exposición (acciones de mitigación y adaptación poblacional y territorial). El código de colores seleccionado por la SSSP de Medellín puede ser revisado en la siguiente figura.

Figura 17. Código de colores para la clasificación de las estrategias de adaptación en función de la vulnerabilidad y la exposición

	SENSIBILIDAD
	CAPACIDAD
	AMENAZAS TERRITORIALES
	VARIABLES CLIMATICAS
	POBLACION E INFRAESTRUCTURA EXPUESTA
	SIN UBICACIÓN

Fuente: SSSP de la Alcaldía de Medellín (2019)

Las estrategias para la línea de intervención cambio en los patrones de vectores y zoonosis fueron realizadas por la SSSP y su grupo de funcionarios relacionados con el tema; las demás estrategias fueron creadas en función de dar cumplimiento a la modalidad de práctica empresarial en el trabajo de grado. A partir de la información contenida en esta matriz, la SSSP tiene la función de priorizar las estrategias más relevantes con base en la vulnerabilidad territorial por comunas obtenida, por lo cual, en el Plan de Adaptación en Salud al Cambio y la Variabilidad Climática de Medellín, a publicarse e implementarse, serán realizados diferentes cambios en las estrategias de adaptación. Ahora, en la siguiente tabla puede notarse la muestra de la matriz de estrategias mencionada.

Tabla 10. Fracción de la matriz de estrategias de adaptación en salud

EIES ESTRATEGICOS DE ACCION DEL PACYVC MEDELLÍN/LINEAS DE INTERVENCION	Cambio en los patrones de vectores y zoonosis	afectación a la disponibilidad y acceso de agua potable
FORTALECIMIENTO CAPACIDAD DE RESPUESTA EN SALUD	Coordinación gerencia programa de Dengue	Asegurar certificación en competencias laborales para todos los operadores de todos los acueductos veredales
	Búsqueda activa de casos probables en la población con síndromes febriles.	Asesoría y asistencia técnica para el manejo oportuno y adecuado de enfermedades transmitidas por agua
	Asesoría y asistencia técnica para la Detección y seguimiento de casos febriles para descartar y/o confirmación de Dengue, Zika o Chikungunya	Seguimiento de la adherencia a guía de atención
	Fortalecimiento de Diagnóstico clínico y serológico con seguimiento a las pruebas de laboratorio para confirmación de arbovirosis actuales y emergentes	Fortalecimiento institucional para la vigilancia de las condiciones de potabilidad del agua del consumo humano

Fuente: Elaboración propia con base en el proceso de recopilación de información de diferentes fuentes - ver metodología para relacionar algunas de estas – (2019)

Conclusiones

El municipio de Medellín se encuentra en un valle con una alta diversidad geomorfológica; la región donde se ubica es tectónicamente muy activa, lo cual en combinación con la geomorfología del valle, explica la alta incidencia de eventos de movimientos en masa. Entre los años 2004 y 2019, 31.005 es el número de movimientos en masa del cual se tiene registro en la ciudad a través del DAGRD, y es el evento de riesgo con más registros en el municipio, seguido por 2.061 inundaciones entre 2004 y 2019 y también 1.114 ICV desde 2014 a 2019.

La zona 1, 2 y 3 de Medellín agrupa el 60% de la población municipal, contienen las mayores densidades poblacionales, los menores índices de calidad de vida y las áreas con mayor riesgo, por lo cual, son los territorios que demandan una mayor atención para la adaptación en salud al cambio y la variabilidad climática.

El índice de escasez del recurso hídrico Alto, de la mayoría de las quebradas presentes en la zona urbana de la ciudad, como se menciona en el POMCA (2018) genera una alerta para la disponibilidad futura del recurso. Esto crea la necesidad de fomentar acciones de recuperación de las cuencas y microcuencas haciendo un llamado a la articulación de actores para su ejecución. El IACAL también demostró una calidad y presión sobre el recurso hídrico Alto de la cuenca del valle Aburrá, lo cual identifica la necesidad de mejorar las actividades antrópicas producidas cerca a las fuentes de agua y también, se requiere desarrollar actividades de uso y ahorro eficiente del agua con gran urgencia.

Considerando la situación actual en la cual se presenta un fenómeno de cambio climático agravado por las actuaciones diarias en pro del desarrollo económico, se hace absolutamente necesario contemplar soluciones locales con el fin de disminuir los impactos en salud de los eventos asociados a este fenómeno.

Los estudios de vulnerabilidad territorial deben contemplar una revisión minuciosa sobre la realidad de los sectores que hacen parte del municipio (considerando indicadores sociales, ambientales, económicos, culturales, entre otros) y a partir de su identificación, se debe proponer diferentes acciones positivas o estrategias para reducir la sensibilidad, aumentar la capacidad adaptativa y disminuir la exposición a eventos generales de riesgo.

Antes de generar soluciones a problemáticas ambientales a gran escala, se hace completamente necesario efectuar un diagnóstico a partir del cual se permita hacer una revisión del historial de los eventos que han sido riesgosos para la población, como también, conocer la estructura ecológica, la geomorfología, y en fin, la realidad local; “Aquellos que no recuerdan el pasado están condenados a repetirlo” (Nicolás Ruiz, Jorge A., s.f. como se menciona en Rojas Ríos, Miguel A., 2017).

Referencias

- Acciona – Business as unusual. (s.f). Descubre qué es el cambio climático y cómo te afecta. Recuperado de <https://www.accion.com/es/cambio-climatico/>
- Acciona. (s.f). Mitigación y Adaptación al Cambio Climático. Recuperado de <https://www.sostenibilidad.com/cambio-climatico/mitigacion-adaptacion-cambio-climatico/>
- Administración Municipal de Tuluá Valle del Cauca & CVC. (2013). Portafolio de estrategias para la adaptación al cambio climático. Recuperado de http://www.minambiente.gov.co/images/cambioclimatico/pdf/aproximacion_al_territorio/PORTAFOLIO ESTRATEGIAS ADAPTACION TULUA.pdf
- Agencia Europea del Medio Ambiente. (2016). Cambio Climático y aire. Recuperado de <https://www.eea.europa.eu/es/senales/senales-2013/articulos/cambio-climatico-y-aire>
- Alcaldía de Medellín - Departamento Administrativo de Gestión del Riesgo de Desastres DAGRD. (2019). Movimientos en masa e inundaciones DAGRD/ Incendios CV 2016-2019. Formatos en Excel.
- Alcaldía de Medellín – Departamento Administrativo de Planeación: Documento Técnico de Soporte POT Acuerdo 046. (2006). Medellín y su población. Recuperado de <https://www.medellin.gov.co/irj/go/km/docs/wpcontent/Sites/Subportal%20del%20Ciudadano/Plan%20de%20Desarrollo/Secciones/Informaci%C3%B3n%20General/Documentos/POT/medellinPoblacion.pdf>
- Alcaldía de Medellín – Secretaría de Salud. (2018). Formulario Único Acta de Inspección Sanitaria a los Sistemas de Suministro de Agua para Consumo Humano.
- Alcaldía de Medellín – Secretaría de Salud. (2019). Consolidado del PACCSA versión Mayo.
- Alcaldía de Medellín – Secretaría de Salud. (2019). Índice de Riesgo de la Calidad del Agua para consumo Humano IRCA – Promedio Mensual por ubicación y planta.
- Alcaldía de Medellín, Sistema de Información Ambiental de Medellín (SIAMED) & Parque Central de Antioquia – Geo Medellín. (s.f). Medellín una ciudad para la biodiversidad. Recuperado de <https://www.medellin.gov.co/biodiversidad/seccion.hyg?seccion=4>
- Alcaldía de Medellín. (2014). Acuerdo 048 de 2014 – Por medio del cual se adopta la revisión y ajuste de largo plazo del Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de Medellín y se dictan otras disposiciones complementarias. Medellín todos por la vida. Recuperado de https://www.medellin.gov.co/irj/go/km/docs/pccdesign/SubportalDelCiudadano_2/PlandeDesarrollo_0_17/ProgramasyProyectos/Shared%20Content/Documentos/2014/POT/ACUERDO%20POT-19-12-2014.pdf

- Área Metropolitana del Valle de Aburrá – AMVA et al. (2018). 2.7. Caracterización de las condiciones de riesgo. En Actualización POMCA río Aburrá Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica. Recuperado de https://www.metropol.gov.co/ambiental/recurso-hidrico/pomca/2018/2.Fase_Diagnostico/2.7.Caract_CondiRiesgo_vf.pdf
- Área Metropolitana del Valle de Aburrá – AMVA et al. (2018). 2.9. Síntesis Ambiental de la cuenca. En Actualización POMCA río Aburrá Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica. Recuperado de https://www.metropol.gov.co/ambiental/recurso-hidrico/pomca/2018/2.Fase_Diagnostico/2.9.S%C3%ADntAmbienta vf.pdf
- Aristizábal, E. & Yokota, S. (2008). *Evolución geomorfológica del Valle de Aburrá y sus implicaciones en la ocurrencia de movimientos en masa*. Boletín Ciencias de la Tierra, (24), 5-18. Universidad Nacional de Colombia. Recuperado de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/rbct/article/view/9268/11011#fig04>
- Canal de Evolución de la Universidad del Valle. (2018). Sobre el Concepto de Adaptación. Video. Recuperado de https://m.youtube.com/watch?v=HvUZ_2-6RwY&t=47s
- Centro Complutense de Estudios e Información Medioambiental. (2012). Cambio Global España 2020/50 Cambio Climático y Salud. Recuperado de <http://istas.net/descargas/LIBRO%20CAMBIO%20GLOBAL.pdf>
- CODESPA Organización para la Cooperación internacional al Desarrollo. (2015). Adaptación al cambio climático - Iniciativas internacionales de apoyo a pequeños productores rurales. Recuperado de <https://www.codespa.org/app/uploads/adaptacion-cambio-climatico-iniciativas-internacionales.pdf>
- Corantioquia, Gobernación de Antioquia & Tecnológico de Antioquia. (2017). Plan Regional de Cambio Climático de Corantioquia PRCC. Recuperado de <http://www.corantioquia.gov.co/SiteAssets/PDF/Planeaci%C3%B3n/Seminario%20Planeaci%C3%B3n%20Ambienta/Plan%20de%20Cambio%20climatico.pdf>
- Corporación Universitaria Lasallista. (2014). Manual para la presentación de trabajos de grado. Editorial Lasallista. Recuperado de http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/1148/1/Manual_para_presentation_trabajos_grado.pdf
- Empresas Públicas de Medellín, Estimación de potenciales cambios en la respuesta hidrológica en zonas de influencia de EPM. (s.f). En <https://www.epm.com.co/site/comunidadymedioambiente/comunidad-y-medio-ambiente/medio-ambiente/cambio-climatico/estrategia>
- EPA. (2014). Desarrollo Inteligente e Islas Urbanas de Calor. Serie de Informes Sobre Desarrollo Inteligente. Recuperado de <https://www.epa.gov/sites/production/files/2014-06/documents/smartgrowthspanish.pdf>

- FAO. (s.f). La fauna silvestre en un clima cambiante. Cap 5: Medidas de adaptación al cambio climático. Páginas 61 – 83. Recuperado de <http://www.fao.org/3/i2498s/i2498s05.pdf>
- Feo, Oscar et al. (2009). *Cambio climático y salud en la región Andina*. Revista Peru Med Exp Salud Publica, 26(1), 83-93. Recuperado de <http://www.scielo.org.pe/pdf/rins/v26n1/a16v26n1>
- Gobernación de Antioquia & FAO. (2018). Plan Integral de Cambio Climático en Antioquia. Recuperado de <https://www.cambioclimaticoenantioquia.com/>
- Hermelin Arboux, M., Echeverri Restrepo, A., Giraldo Ramírez, J. & Urbam Centro de Estudios Urbanos y Ambientales. (2010). *Medellín Medio Ambiente, Urbanismo y Sociedad*. Fondo Editorial Universidad Eafit, Medellín, Colombia. Recuperado de http://www.eafit.edu.co/centros/urbam/articulos-publicaciones/Documents/urbam_eafit_2010_medellin-medio_ambienteysociedad.pdf
- IDEAM & PNUD. (2017). Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático. Bogotá D.C., Colombia.
- IDEAM. (s.f). Cambio Climático. Recuperado de <http://www.ideam.gov.co/web/atencion-y-participacion-ciudadana/cambio-climatico>
- Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. (2016). Vulnerabilidad al Cambio Climático. México: Gobierno. Recuperado de <https://www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/vulnerabilidad-al-cambio-climatico-80125>
- Krellenberg, Kerstin et al. (2013). Adaptación al cambio climático en megaciudades de américa latina. Red regional de aprendizaje. Santiago, Chile: Cepal, Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo & Helmholtz. Recuperado de https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/4056/1/S2013095_es.pdf
- Martínez Osorio, Alejandro. (2017). Islas de calor en el Área Urbana del Valle de Aburrá (Tesis de maestría) Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia. Recuperado de <http://bdigital.unal.edu.co/57837/1/1039453046.2017.pdf>
- Medellín Cómo Vamos. (s.f). Calidad del Agua en Medellín. Recuperado de <https://www.medellincomovamos.org/calidad-del-agua-en-medellin/>
- Medellín Cómo Vamos. (s.f). Medellín. Recuperado de <https://www.medellincomovamos.org/la-ciudad/>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (s.f). Gases Efecto Invernadero. Bogotá: Minambiente. Recuperado de <http://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article?id=462:planta-cambio-climatico-18>
- Ministerio de Salud - Subdirección de Salud Ambiental. (2016). Lineamiento para la formulación de Planes Territoriales de Adaptación al Cambio Climático desde el Componente de Salud Ambiental. Bogotá: Minsalud.

- Ministerio de Salud de Santiago de Chile. (2016). Plan de Adaptación al Cambio Climático del Sector Salud. Recuperado de <https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2017/02/Plan-de-Adaptacion-al-CC-para-Salud-Version-Final.pdf>
- Ministerio de Salud y Protección Social. Informe nacional de calidad del agua para consumo humano INCA. (2015). Bogotá: 31. Disponible en: https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/SA/inca-2015_reducido.pdf
- Naciones Unidas. (s.f). Cambio climático. Recuperado de <https://www.un.org/es/sections/issues-depth/climate-change/index.html>
- Patiño Jiménez, Luis A., & Silva Salcedo, Diego F. (s.f). Análisis de series de tiempo. Universidad del Valle. Recuperado de https://campusvirtual.univalle.edu.co/moodle/pluginfile.php/1006795/mod_resource/content/1/Exposici%C3%B3n%20An%C3%A1lisis%20de%20Series%20de%20Tiempo.pdf
- Rojas Ríos, Miguel A. (2017). Aquel que no conoce su historia está condenado a repetirla. Recuperado de <https://proycontra.com.pe/aquel-que-no-conoce-su-historia-esta-condenado-a-repetirla/>
- Sánchez, Luis & Reyes, Orlando. (2015). *Medidas de adaptación y mitigación frente al cambio climático en América Latina y el Caribe – una revisión general*. Santiago, Chile: Cepal y Unión Europea. Recuperado de https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/39781/S1501265_es.pdf
- Sanclémente, G. & Hernández, G. (2010). *Altos Índices de radiación ultravioleta en Medellín y en una localidad del oriente antioqueño (Colombia)*. IATREIA. Vol 23, No. 2, páginas 119 - 126. Universidad de Antioquia. Recuperado de <http://aprendeenlinea.udea.edu.co/revistas/index.php/iatreia/article/view/11125>
- Siac. (s.f). Cambio Climático. Recuperado de <http://www.siac.gov.co/cclimatico>
- Silva, Y. (2011). La radiación solar y su relación con el calentamiento global. Clima de Cambios – Perú. Recuperado de <http://www.pucp.edu.pe/climadecambios/noticias/la-radiacion-solar-y-su-relacion-con-el-calentamiento-global/>