



UNIVERSIDAD
DE LA GUAJIRA

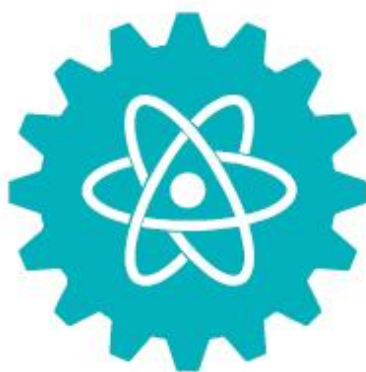
SHIKII EKIRAJIA
PÜLEE WAJIIRA

Vigilado Mineducación

Julio 2024

Diciembre

e-ISSN 2389-9484



Ciencia^e Ingeniería

Revista Interdisciplinaria de Estudios en
Ciencias Básicas e Ingenierías

Volumen 11 | Número 2

Ciencia e Ingeniería

Revista Interdisciplinaria de Estudios en Ciencias
Básicas e Ingenierías
ISSN 2389-9484

Año 2024, julio-diciembre, Vol. 11, N.º 2, e12809587
Facultades de Ciencias Básicas y Aplicadas e Ingeniería.
Universidad de La Guajira
La Guajira, Riohacha, Colombia
<http://revistas.uniguajira.edu.co/index.php/cei>
Este documento fue depositado en Zenodo. DOI:
<https://www.doi.org/10.5281/zenodo.12809587>

Patricia Bohórquez-Piña

<https://orcid.org/0009-0006-9386-7464>
spbohorquezp@unal.edu.co
Fundación Natura, Territorio y Paz
Bogotá, Colombia

ÍNDICE DE RIESGO CLIMÁTICO: LA MEDICIÓN DE LA ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN BOGOTÁ. UNA NUEVA METODOLOGÍA PARA CIUDADES DENSIFICADAS

Climate Risk Index: The measurement of climate change adaptation in Bogotá. A new methodology for largest urban agglomeration

RESUMEN

Las ciudades densificadas, caracterizadas por una alta concentración de población y una infraestructura compacta, las ubica en una posición particularmente vulnerable frente a los efectos del cambio climático, por lo tanto, la medición del riesgo se convierte en una herramienta fundamental para evaluar la capacidad de las ciudades para responder a estos desafíos y para desarrollar estrategias de adaptación y resiliencia efectivas. Para efectos de la Adaptación al Cambio Climático en Bogotá, se propone el concepto de Índice de Riesgo Climático-IRC, como un enfoque cuantitativo que integra una serie de indicadores sociales, económicos, ambientales, de infraestructura, etc., disponibles para Bogotá que permiten evaluar los componentes del riesgo climático (amenaza, exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa) de manera diferenciada en contextos urbanos y rurales, considerando el cambio climático proyectado en las variables temperatura y precipitación al 2040.

Palabras clave: adaptación al cambio climático, zonas urbanas, evaluación de riesgos climáticos.

ABSTRACT

Densely Populated Cities, characterized by a high concentration of population and compact infrastructure, place them in a particularly vulnerable position to the effects of climate change, therefore, risk measurement becomes a fundamental tool to assess the capacity of cities to respond to these challenges and to develop effective adaptation and resilience strategies. For the purposes of Climate Change Adaptation in Bogota, the concept of Climate Risk Index-IRC is proposed as a quantitative approach that integrates a series of social, economic, environmental, infrastructure, etc., indicators available for Bogota that allow evaluating the components of climate risk (threat, exposure, sensitivity and adaptive capacity) in a differentiated manner in urban and rural contexts, considering the projected climate change in the variables temperature and precipitation to 2040.

Keywords: climate change adaptation, urban areas, climate risk assessment.

Recibido: 1 de mayo de 2024

Aceptado: 10 de julio de 2024

Publicado: 29 de julio de 2024



INTRODUCCIÓN

Según el Panel Intergubernamental de Expertos en Cambio Climático (IPCC), los riesgos del cambio climático se concentran en las ciudades, donde existe una alta densidad de personas y actividades económicas (IPCC, 2014), lo que las convierte en actores fundamentales para el desarrollo de acciones climáticas ambiciosas y transformadoras, que cumplan con los objetivos del Acuerdo de París y logren una transición justa hacia sociedades bajas en carbono, competitivas y resilientes al clima. Es por esta razón que las ciudades deben aumentar su capacidad de adaptación y mejorar su resiliencia frente a las amenazas climáticas, que pueden generar impactos presentes y futuros sobre el bienestar de sus poblaciones, ecosistemas y sus economías (C40, 2018).

Para Colombia, la tercera comunicación nacional realizada por el IDEAM (2017) presenta el estado actual del conocimiento sobre el cambio climático y las acciones propuestas para mitigarlo y adaptarse a sus efectos; señala además que es uno de los países más vulnerables al cambio climático en América Latina, debido a su alta diversidad geográfica y climática. Dicho informe establece que: *“Las trayectorias de adaptación pueden definirse como procesos que permiten establecer en la vida cotidiana, la cultura y las instituciones de una sociedad, capacidades científicas, políticas y económicas pertinentes para reducir la sensibilidad, la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo frente al cambio climático”*.

Una de las ciudades densificadas de Colombia, es su capital Bogotá, la cual, en respuesta a estos desafíos, ha emprendido acciones significativas para la gestión del riesgo climático. Actualmente cuenta con el Sistema Distrital de Gestión del Riesgo y Cambio Climático - SDGR-CC, creado mediante Acuerdo 546 de 2013 del Concejo y sus integrantes han desarrollado instrumentos de planificación de la gestión del riesgo de desastres a través de los Planes Distritales de Gestión del Riesgo de Desastres y Cambio Climático-PDGRDCC. El más reciente es la versión 2018-2030, aprobado por el Consejo Distrital de Gestión del Riesgo y Cambio Climático - (IDIGER, 2018), pero a la fecha no se ha incluido el aspecto climático en el plan general. Adicionalmente, para 2020 se creó un nuevo objetivo para la ciudad: cambiar nuestros hábitos de vida para reverdecer Bogotá y adaptarnos y mitigar la crisis climática. Entonces, esto se desarrolló como el Plan de Acción Climática - PAC (SDA-IDIGER, 2020).

Bogotá, como ciudad C40, desde enero de 2020 se comprometió a promover la acción climática local y global a través de un Plan de Acción Climática con horizonte 2020-2050, que además de establecer la hoja de ruta para mitigar y adaptarse al cambio climático, permita a sus habitantes obtener beneficios sociales, ambientales y económicos y superar las barreras sociales que alimentan la inequidad y se agudizan con la crisis climática.

De acuerdo con la descripción anterior, considerando las circunstancias y capacidades de la ciudad, se realizó un proceso de integración entre el marco metodológico propuesto por el C40 y el propuesto por los profesionales del IDIGER, para el desarrollo de una Evaluación de Riesgos en Escenarios de Cambio Climático (ERC) a nivel Regional y Distrital, en las escalas urbana y rural, para las siguientes amenazas climáticas: avenidas torrenciales, inundaciones, movimientos en masa, islas de calor e incendios forestales.

Bajo este marco, el ERC representa un instrumento útil para identificar y evaluar los riesgos climáticos actuales y futuros asociados a las amenazas climáticas señaladas, al permitir visibilizar la escala y severidad de sus impactos; evidenciar su distribución en el territorio, y los elementos de mayor exposición. Este marco hace énfasis en los grupos y comunidades vulnerables y proporciona herramientas para el desarrollo, priorización e implementación de acciones de adaptación y resiliencia (C40, 2018). Para efectos del ERC de Bogotá, se propuso el Concepto de Índice de Riesgo para la adaptación a escenarios de cambio climático-

IRC. El IRC se entiende como un enfoque cuantitativo que integra una serie de indicadores sociales, económicos, ambientales, de infraestructura, entre otros, que permiten evaluar los componentes del riesgo climático (amenaza, exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa). El IRC también diferencia los contextos urbano y rural, y considera el cambio climático proyectado en las variables de temperatura y precipitación, dividiendo la ciudad de Bogotá en 117 unidades para analizar el comportamiento hasta el año 2040. Este Índice de Riesgo es con fines de adaptación del territorio.

MATERIALES Y MÉTODOS

El marco normativo colombiano es la base para el esquema de adaptación de la metodología C40 propuesta. Por lo tanto, se requieren las condiciones, capacidades y circunstancias de la gestión estatal del riesgo en Bogotá para crear una interacción entre los procesos de gestión estatal, la organización de la ciudad y los datos estatales disponibles.

Este marco propone una articulación entre los documentos de regulación del ordenamiento territorial, instrumentos como el Plan General de Ordenamiento Territorial (POT)- y los planes de gestión del riesgo, como el Plan Distrital de Gestión de Riesgo y Cambio Climático (PDGRDCC), que anteriormente sólo incluían procesos de mitigación.

También desarrolla un compromiso regional: el IRC de Bogotá considera un enfoque regional en el contexto de la Región Administrativa y Especial de Planificación: Región Metropolitana de Bogotá-Cundinamarca, como criterio esencial para entender y medir la magnitud de las amenazas climáticas y ser coherente con los instrumentos de planificación y ordenamiento en contextos supramunicipales.

Adicionalmente, el marco desarrolla un componente programático por 117 Zonas de Planificación de Unidades Urbanas (UPZ) y 5 zonas de Planificación de Unidades Rurales (UPR), coordinando el PAC y el POT, especificando para cada uno sus prioridades en términos de participación ciudadana y los horizontes de ejecución.

El primer paso para la construcción del IRC, es analizar la fórmula general del riesgo. El riesgo de desastre se define como *«la pérdida potencial de vidas, lesiones o bienes destruidos o dañados que podría sufrir un sistema, una sociedad o una comunidad en un período de tiempo específico, determinado probabilísticamente en función de la amenaza, la exposición, la vulnerabilidad y la capacidad»* (UNDRR, 2017). En sentido técnico, se define mediante la combinación de tres términos: peligro, exposición y vulnerabilidad, expresados como:

$$\text{Riesgo de desastre} = H * E * V$$

H= Peligro

E= Exposición

V=Vulnerabilidad

De acuerdo con (Rowland, 2011) la vulnerabilidad de una población, especie o comunidad se considera una función de tres elementos: exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación. Este enfoque en las áreas de sostenibilidad se convierte en la útil para la evaluación de la vulnerabilidad al cambio climático (CCVA). Esta idea es utilizada por el C40, y aplicada al contexto urbano como:

$$\text{Riesgo climático} = H * E * \left(\frac{S}{AC} \right)$$

RC= Riesgo climático

H= Amenaza

E= Exposición

V=Vulnerabilidad expresado como una relación de:

S=Sensibilidad

AC=Capacidad de adaptación

Bogotá no se ajusta a un patrón territorial homogéneo, debido a las condiciones topográficas de una ciudad andina, con laderas, sabanas y con alturas desde 2.600 hasta 3.500 msnm, con una distribución irregular y heterogénea de la vulnerabilidad periferia-centro, así como a la aparición de eventos de amenaza, diferenciales de acuerdo con esta topografía. La fórmula general de riesgo, no reconoce las condiciones de escala local: no hay forma de representar las variabilidades locales adecuadamente, lo que obligó al equipo del Distrito, en cabeza del IDIGER, a buscar una ruta que representara físicamente los fenómenos de amenaza de la ciudad, y representara los incidentes climáticos de los últimos 18 años. Esto genera un cambio en la formulación, al aumentar el peso de las amenazas, y requirió un ajuste para cada UPZ, utilizando un Factor SIRE (Sistema de Información para la Gestión del Riesgo y el Cambio Climático), que modificó la fórmula original para las amenazas de inundaciones, avenidas torrenciales, movimientos en masa e islas de calor.

Después de varias modificaciones e iteraciones, se realizó el ajuste a la fórmula general del riesgo, incorporando este factor SIRE, que se basa en la atención histórica de eventos de riesgo que el IDIGER y otras entidades del SDGR – CC ha atendido en los últimos 18 años, precisando el énfasis en la acción territorial. El IRC resulta de la interacción entre los factores de amenaza, exposición y vulnerabilidad (sensibilidad / capacidad adaptativa), en la fórmula general que se presenta a continuación:

$$IRC = (TF * 0.7) * \left(FI2040 * E * \left(\frac{S}{AC} \right) * 0.3 \right) * FSIRE$$

IRC = riesgo climático

TF = factor de amenaza

E = exposición

V = vulnerabilidad expresada como ratio de

S = sensibilidad

AC = capacidad de adaptación

FI2040 = Factor I 2040 desencadenante climático máx. y mín. (precipitación extrema, temperatura extrema)

F SIRE = Factor SIRE # eventos /UPZ SIRE en un periodo de 18 años / 100 (inundaciones, movimientos en masa, avenidas torrenciales)

F Factor SIRE para futuras islas de calor = # eventos por encima de 30 ° C UPZ / 100 (futuras islas de calor).

Es necesario tener en cuenta que, en Colombia, la expresión «peligro» no se utiliza para el lenguaje formal del riesgo. En su lugar, la norma utiliza el concepto de «amenaza», según la Ley 1523 de 2012. Se entiende por amenaza el peligro latente de que un evento físico, ya sea de origen natural, o causado o inducido accidentalmente por la acción humana, ocurra con una severidad suficiente para causar pérdida de vidas, lesiones u otros impactos en la salud, así como daños y pérdidas a los bienes, la infraestructura, los medios de vida, la prestación de servicios y los recursos ambientales.

Para el desarrollo del índice los valores de amenaza se obtuvieron de la base de datos de la propuesta de plan POT, existente a noviembre de 2020, multiplicando el porcentaje de cambio de los detonantes climáticos, a partir de la proyección de las variables de temperatura y precipitación a 2040 (máxima y mínima), para inundaciones, islas de calor, incendios forestales, avenidas torrenciales o movimientos en masa; todos ellos asociados a un factor detonante que se obtiene de los mapas de la Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático liderada por el IDEAM (2017).

La exposición al riesgo hace referencia a la presencia de personas, medios de subsistencia, servicios ambientales y recursos económicos y sociales, bienes culturales e infraestructura que por su localización pueden verse afectados por la manifestación de una amenaza (Ley 1523 de 2012). Este componente permite conocer el grado en que un sistema está expuesto a eventos asociados al cambio climático. Por esta razón, sus indicadores relacionan la extensión de elementos vitales como la malla vial, equipamientos, alcantarillado pluvial, telecomunicaciones, entre otros, así como el número de viviendas y personas en amenaza media y alta.

El componente de sensibilidad, permite identificar los grupos de población, ecosistemas, infraestructura y equipamiento de servicios públicos esenciales, con mayor vulnerabilidad a las amenazas climáticas, así como las variables socioeconómicas que hacen más vulnerable a la población. Mientras que la capacidad adaptativa, interpretada para efectos de este análisis como resiliencia, de acuerdo con la Ley 1931 de 2018, se refiere a la capacidad de los sistemas sociales, económicos y ambientales para enfrentar un evento, tendencia o perturbación peligrosa, respondiendo o reorganizándose de tal manera que mantengan su función, identidad y estructura esenciales, preservando la capacidad de adaptación, aprendizaje y transformación. En términos generales, este componente considera un conjunto de recursos y condiciones locales que apoyan o limitan la capacidad de un sistema para adaptarse o responder con éxito a los cambios en el clima.

El índice de vulnerabilidad, propuesto en esta metodología, se obtiene de la proporcionalidad entre estos dos factores (sensibilidad / capacidad de adaptación). Es un índice estimativo de la susceptibilidad o fragilidad física, económica, social, ambiental o institucional a sufrir efectos adversos en caso de que ocurra un evento físico asociado a un fenómeno hidroclimatológico. En la fórmula original, el peso de estos factores generaba asimetrías que alejaban el resultado de la realidad física del territorio. En consecuencia, hubo que reducir su peso en la fórmula general que finalmente se utilizó.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Indicadores de amenaza en escenarios de cambio climático

En el caso de las zonas rurales y urbanas, se consideraron indicadores diferenciados que dieran cuenta de las condiciones singulares de cada territorio. La amenaza de incendios forestales se asocia a las zonas rurales debido a la disponibilidad de información sobre peligros, y la amenaza de islas de calor se asocia a las zonas urbanas debido a su naturaleza.

Indicadores de exposición para escenarios de cambio climático

Para estos mapas, se utilizan cinco categorías de colores para distribuir uniformemente los límites superior e inferior del cálculo de estas cinco categorías. Las tres primeras, asociadas a extremos de precipitación, muestran resultados de exposición para las líneas de vida, con mayor compromiso esencialmente en los cerros orientales y en la cuenca del Tunjuelo (Figura 1).

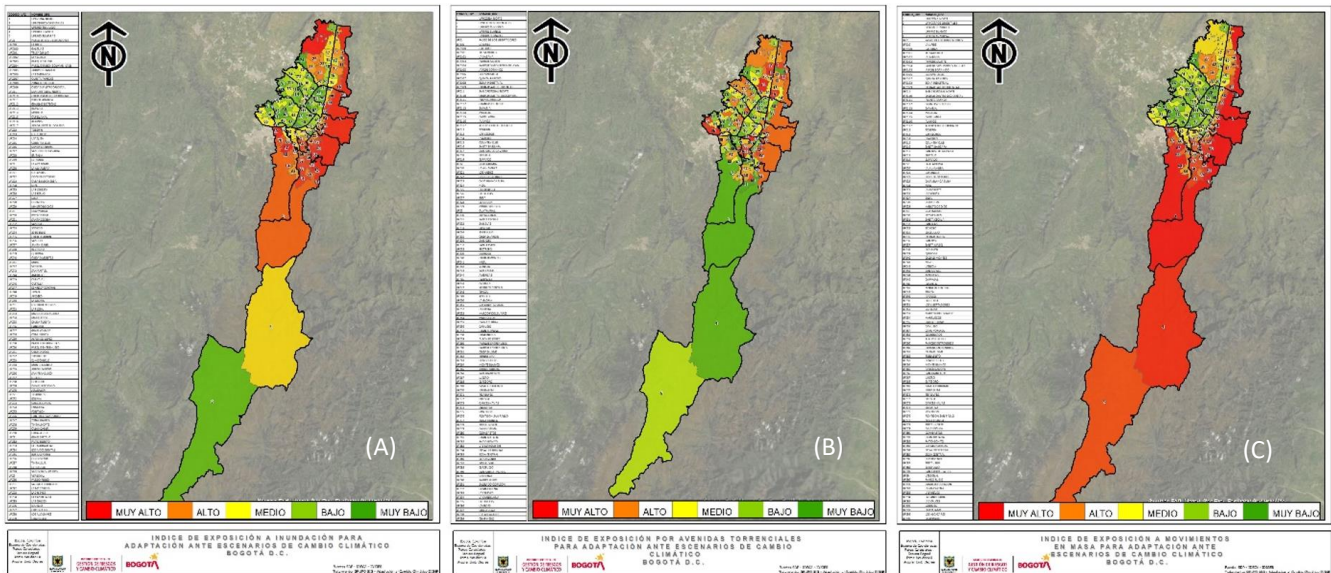


Figura 1. Índice de exposición por precipitación extrema. (A) inundación, (B) avenidas torrenciales y (C) movimientos en masa. Fuente: IDIGER, 2018.

Aunque las zonas urbanas y rurales se incluyen simultáneamente, no son comparables entre sí: las variaciones entre las UPZ deben analizarse a nivel urbano y, según este primer análisis, la zona más afectada de la ciudad con respecto a los extremos de precipitación es, invariablemente, Tunjuelo. Las condiciones secas del extremo sur de la ciudad, la radiación solar y el índice UV, deben incluirse en la medida de lo posible, en las consideraciones de manejo y gestión, para la emisión de alertas de manejo en el mediano plazo, diferenciada por sectores de la ciudad. Asimismo, se requerirá también, la bioclimática para dar respuesta arquitectónica a extremos climáticos en la ciudad.

Se recomienda que, en estudios posteriores, se pondere el peso de la red de servicios públicos, en función de su importancia en la protección de la vida. El peso sobre las telecomunicaciones, cuyo riesgo es mínimo debido al tipo de redes, enmascara el alcantarillado o la electricidad, que tienen un mayor impacto en la gestión de eventuales emergencias.

Indicadores de sensibilidad para escenarios de cambio climático

Desde este ángulo se puede interpretar que, dada la distribución de la población vulnerable en Bogotá, se mantiene el patrón centro-periferia de los grandes centros urbanos. La segregación de la cuenca del Tunjuelo dista mucho del resto de la ciudad, en términos de accesibilidad a servicios de salud, y de pobreza extrema. El indicador de acceso a redes de servicios públicos configura dos realidades muy diferentes que coexisten en una misma ciudad. Los indicadores de sensibilidad utilizados, se representan en la Figura 2 y se listan a continuación:

- ✓ % Población infantil (0-10 años) *
- ✓ % Población_adulta_65 (≥ 60 años) *
- ✓ % Población adolescente (10 - 15 años) *
- ✓ % Población sin_educación
- ✓ % Población con discapacidad física permanente
- ✓ % Población_con desnutrición (menores + adultos)

- ✓ % Población_migrante
- ✓ Déficit cualitativo de vivienda *
- ✓ Déficit cuantitativo de vivienda *
- ✓ Densidad_población
- ✓ Población en pobreza_mínima
- ✓ Población en pobreza_extrema
- ✓ Población_sin_acueducto
- ✓ Población_sin_energía
- ✓ Población_sin_alcantarillado
- ✓ Población_sin_recogida_de_basuras
- ✓ Población_sin_seguridad_social
- ✓ % Población_en_trabajo_informal
- ✓ % Población sin seguro médico o con barreras de acceso a la salud *
- ✓ % Condiciones de vivienda inadecuadas o hacinamiento crítico) *
- ✓ % Condiciones de vivienda y acceso a servicios públicos domiciliarios
- ✓ Rezago escolar o barreras de acceso a servicios de atención a la primera infancia o trabajo infantil.

Las diferencias intraurbanas son relativamente bajas: la ciudad consolidada es relativamente uniforme, lo que indica mayor accesibilidad en el centro y las diferencias son marcadas en el caso de las zonas periféricas. Se recomienda reevaluar los indicadores de sensibilidad para una futura evaluación: la Bogotá urbana está cubierta casi al 100% por servicios públicos y los indicadores de accesibilidad a servicios ya no representan las realidades sociales del territorio. Los factores poblacionales pueden tener un mayor peso, incluyendo los indicadores de salud ambiental y otros factores de seguimiento epidemiológico, que tienen un gran potencial para ser utilizados en el futuro en esta sección. Debido a la discontinuidad de los datos en periodos de tiempo, o en asimetrías de información disponible para amplios sectores de la ciudad, no pudieron ser empleados en este análisis.

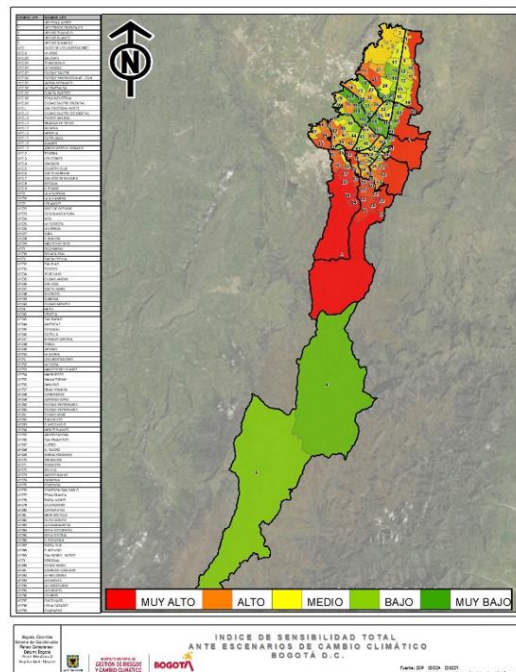


Figura 2. Índice de sensibilidad para la adaptación a escenarios de cambio climático. Fuente: IDIGER, 2018.

Indicadores de capacidad de adaptación al cambio climático y escenarios de vulnerabilidad

Los datos disponibles utilizados como indicadores de capacidad de adaptación se centran en el cálculo de las distancias de los ciudadanos a las instalaciones estatales, su accesibilidad a las instalaciones, conexión a internet e ingresos (Figura 3). Para cada UPZ se calculó la distancia geométrica a la infraestructura social más cercana de la siguiente manera: distancia promedio a instalaciones estatales: educación, salud, seguridad, transporte. Otros indicadores utilizados, son:

- ✓ Ingreso promedio por familia (2011-2014-2017)
- ✓ % Población con preparatoria o superior
- ✓ Participación ciudadana
- ✓ Actividad física (3 o más veces por semana)
- ✓ Mercado de trabajo
- ✓ % _población atendida por Programas sociales del distrito
- ✓ % madre cabeza de familia
- ✓ Área de Áreas de conservación ambiental
- ✓ Área de SUDS--Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible.

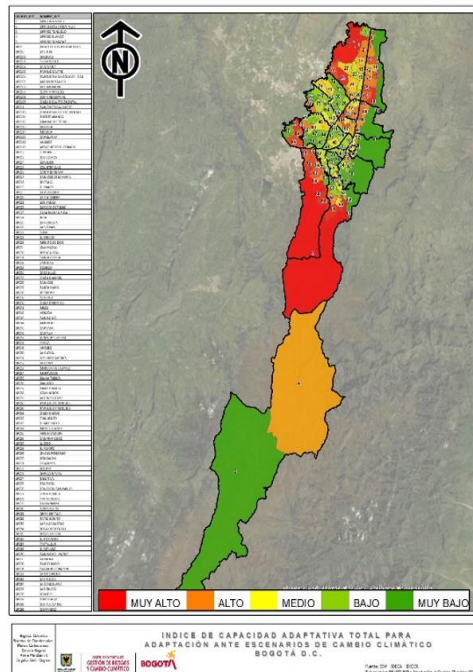


Figura 3. Índice de capacidad de adaptación total para los escenarios de adaptación antes del cambio climático.
Fuente: IDIGER, 2018.

Sorprendentemente, la jefatura femenina del hogar lidera en los sectores de mayor poder adquisitivo y mayor nivel de vida en Teusaquillo y Chapinero, así como en el más bajo, Ciudad Bolívar correspondiente a 44 % y el 47 % de los hogares respectivamente. El coeficiente de correlación entre ingresos y jefatura femenina es de 24 %.

Los resultados de capacidad de adaptación indican la importancia de la inversión en administraciones anteriores: Las UPZ de los cerros orientales, uno de los extramuros de la ciudad consolidada, han logrado

aumentar la presencia de equipamientos en sectores de bajo poder adquisitivo en la ciudad: es notable la mejora en Tunjuelo y Cerros Orientales, para las UPZ cercanas a las vías principales, al revisar las tendencias de los datos de eventos SIRE.

Sin embargo, la correlación entre el ingreso y la distancia a los equipamientos es inferior a cero y es negativa (-0,037), lo que indica la relación inversa: la accesibilidad es más difícil: a medida que disminuye el ingreso, aumenta la distancia a los equipamientos.

Esta relación entre sensibilidad / capacidad de adaptación constituye la vulnerabilidad: en este caso, los sectores del sur de la ciudad resultaron ser los más vulnerables. Se seleccionan las 10 UPZ con mayor vulnerabilidad, de acuerdo con la metodología establecida. La cuenca del río Tunjuelo presenta nuevamente la mayor vulnerabilidad, en relación con su baja capacidad adaptativa y alta sensibilidad (Figura 4).

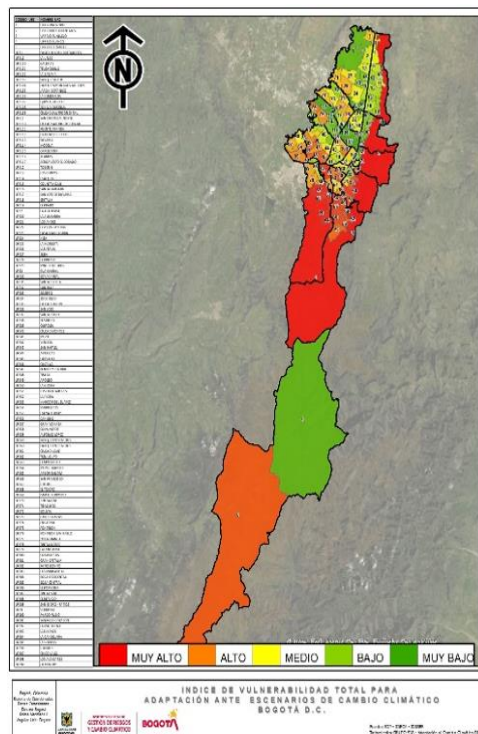


Figura 4. Índice de vulnerabilidad total para la adaptación antes de los escenarios de cambio climático. Fuente: IDIGER, 2018.

Normalización de indicadores

La estandarización de los indicadores requiere dos procesos. El primero de ellos consiste en calcular los valores reales de cada uno de los indicadores en todas las unidades de análisis. Es decir, en este paso se muestran los datos duros del procesamiento geoespacial y la incorporación de la información proporcionada. Así, los valores de estos resultados se leen, por ejemplo, como el número de kilómetros expuestos a cada amenaza, el porcentaje de población infantil dentro de la unidad de análisis y la distancia media en kilómetros a los centros de salud.

La diferencia en las magnitudes de los indicadores representó un reto en términos de comparación y operación entre ellos, debido a que los indicadores tenían diferentes órdenes de medición, como

porcentajes, kilómetros o hectáreas, lo que los hacía inoperables. Por esta razón, fue necesario encontrar una forma de normalizar los datos que los hiciera comparables para realizar las operaciones que arrojaran los resultados de amenaza, exposición, sensibilidad y adaptabilidad. Esto constituye la segunda etapa.

Para ello, se han clasificado los datos realizando una comparación entre los valores de cada indicador para las unidades de análisis. La clasificación puede interpretarse como una asignación de la posición que ocupa cada unidad de análisis en comparación con las demás, tomando como referencia el resultado de los datos duros por indicador. La clasificación se denominó puntuación asignada. Esta clasificación tiene valores entre 0 y 1 para todos los indicadores. Tras este tratamiento, se aplica la fórmula general a cada amenaza:

$$CRI = (TF * 0.7) * \left(FI2040 * E * \left(\frac{S}{C} \right) * 0.3 \right) * FSIRE$$

Esta fórmula ajustada, es el resultado de varias iteraciones para conseguir una interacción social y biofísica óptima. Se aplica a los diferentes mapas, actualizados al escenario climático 2040: a) inundaciones, b) inundaciones torrenciales, c) movimientos en masa, y d) zonas potenciales de islas de calor.

El efecto isla de calor se produce en las zonas urbanas y se caracteriza por temperaturas superficiales más elevadas con respecto a las zonas no urbanas circundantes (Voogt, 2003); (IPCC, 2007). Puede producirse en cualquier momento y en él influyen factores como las actividades antropogénicas, la presencia de superficies impermeables, el paisaje y la forma de la ciudad, la meteorología, el clima, la topografía y la ubicación (Arnfield, 2003). El efecto isla de calor es un condicionante específico de Bogotá: La temperatura promedio es de 13,1 °C (IDEAM, 2021) y el factor de probabilidad de futuras islas de calor disponible es la mayor recurrencia de puntos de más de 30 °C, que se presenta de manera consistente (más de 2.000 eventos por año), también en las zonas industriales (entre 100 y 200 eventos por año). Para cada ciudad es necesario adquirir una regla de decisión específica, para determinar la amenaza estándar a utilizar.

CONCLUSIONES

Este modelo revisado tiene dos implicaciones principales para la investigación. Primero, cada amenaza representa un comportamiento diferente a modelar: La modificación metodológica permite a la ciudad de Bogotá hacer una interpretación ajustada a los eventos históricos, a las tendencias climáticas, orientando la gestión institucional de manera efectiva. La modificación metodológica explicada en este trabajo puede representar una oportunidad para que otras ciudades adopten estrategias similares que permitan ajustar los resultados del Índice de Riesgo Climático.

El segundo aspecto clave del proceso explicado en este trabajo, es que la ciudad a analizar debe ser diferenciada al menos entre ladera y sabana, en el caso de las ciudades andinas, y esta diferenciación debe ser analizada antes de promediar posteriormente. Asimismo, se destaca que varios expertos señalaron la coexistencia de al menos tres zonas climáticas en la ciudad, lo que matizó el proceso de análisis.

AGRADECIMIENTOS

La autora agradece al IDIGER, a la secretaria de Ambiente, y al equipo que lideró el desarrollo del Índice de Riesgo Climático. Este documento es un soporte del componente de Adaptación del Plan de Acción Climática desarrollado por estas entidades y realizado entre octubre de 2020 y enero de 2021.

LITERATURA CITADA

- Amaya García, F., Sanchez Nuñez, M. L., Ramos, F. A., Puyana, M., Nunes De Palmer Paixão, I. C., Teixeira, V. L., & Castellanos, L. (2017). Dolabellane diterpenes from the Caribbean soft corals *Eunicea laciniata* and *Eunicea asperula* and determination of their anti HSV-1 activity. *Rev. Colomb. Quím.*, 46(1), 5-12. doi:<https://doi.org/10.15446/rev.colomb.quim.v46n1.62830>
- Arnfield, A. J. (2003). wo decades of urban climate research: A review of turbulence, exchanges of energy and water, and the urban heat island. *International Journal of Climatology*.
- C40. (2018). *CLIMATE CHANGE RISK ASSESSMENT GUIDANCE*. C40.
- IDEAM. (2017). *Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático*. Bogotá, Colombia: IDEAM.
- IDEAM. (2021). <http://www.ideam.gov.co>. Recuperado el 2021, de <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/418894/Caracter%C3%ADsticas+de+Ciudades+Principales+y+Municipios+Tur%C3%ADsticos.pdf/c3ca90c8-1072-434a-a235-91baee8c73fc>
- IDIGER. (2018). *Plan Distrital de Gestión del Riesgo de Desastres y Cambio Climático-PDGRDCC 2018-2030*. Bogotá: Decreto Distrital 837 del 28 de diciembre de 2018.
- IPCC. (2014). *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC*. Geneva, Switzerland: IPCC.
- IPCC, G. I. (2007). Cambio climático 2007- informa de síntesis. *Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*. Bogotá.
- Rowland, E. L. (2011). Approaches to evaluating climate change impacts on species: a guide to initiating the adaptation planning process. (47, 322–337 (2011)).
- SDA-IDIGER. (2020). *Plan de Acción Climática*. Bogotá: Alcaldía Mayor de Bogotá.
- UNDRR. (2017). *Disaster risk Terminology*. United Nations Office for Disaster Risk Reduction.
- Voogt, J. A. (2003). Thermal Remote Sensing of Urban Climates. *Remote Sensing of Environment*, 370-384.

BIODATA

Patricia Bohórquez-Piña: Bióloga, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. Asesora, consultora e investigadora orientada a resultados. Con más de 20 años de experiencia en gestión ambiental y desarrollo de procesos de investigación aplicada. Magister en Ingeniería Ambiental y Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de Los Andes: Bogotá. Especialista en Mercados y Políticas del suelo en América Latina, Derecho, Ciencias Políticas y Sociales, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, CO. Trayectoria demostrada en innovación en planificación territorial con capacidad para combinar conocimientos científicos y herramientas de ingeniería.