https://doi.org/10.56085/isss.507

Impacto en la salud por el cambio y la variabilidad del clima en Bogotá, D. C.

Health Impact Associated with Climate Change and Variability in Bogotá, D. C.

Impacto na saúde pela variabilidade climática e mudança de Bogotá, D. C.

Rodrigo Sarmiento[1]

Resumen

Colombia fue uno de países más afectados por los eventos climáticos asociados al cambio y la variabilidad climáticos durante 2010; Bogotá fue una de las regiones más golpeadas por las inundaciones ocurridas durante dicho periodo. Por otro lado, se sabe poco sobre el efecto del cambio y la variabilidad climáticos sobre el Distrito, por lo cual es necesario determinar las enfermedades sensibles al clima para Bogotá, D. C., así como identificar a la población vulnerable ante dichas enfermedades. Resultados preliminares de la relación entre cambio climático y salud en Bogotá muestran un aumento en la carga y en la severidad de ciertas enfermedades asociadas a la variabilidad climática, como un pico epidémico de hospitalizaciones por dengue durante 2011 en relación con el aumento regional de las precipitaciones, y una correlación positiva entre la infección respiratoria aguda grave (IRAG) y la precipitación promedio por semanas epidemiológicas durante 2011. Tales hallazgos requieren un análisis más profundo; por lo tanto, se propone diseñar un sistema de monitoreo con una perspectiva holística, para mejorar la capacidad de adaptación del Distrito Capital ante los eventos climáticos extremos y la variabilidad climática.

Palabras clave: cambio climático, medio ambiente y salud pública, El Niño-Oscilación del Sur (ENOS), vulnerabilidad en salud, monitoreo epidemiológico, adaptación.

Abstract

Colombia was one of the most affected countries by events associated to climate change during 2010. Bogota was one of the most affected cities by floods during this period. On the other hand, little is known about the effect that climate change had over this city. Thus, it is important to determine which diseases are related to climate change in Bogota, and identify the vulnerable population to these affections. Preliminary results showing

1 Médico. Magíster en salud pública, línea de aire, ruido y radiación electromagnética, Observatorio de Salud Ambiental, Área de Vigilancia en Salud Pública, Secretaría Distrital de Salud (SDS) de Bogotá, Colombia.

the relationship between climate change and healthcare in Bogota explain an increase in burden and severity of certain diseases associated to climate change. For instance, an epidemic peak of hospitalizations due to dengue during 2011 was highly related to a regional increase of rainfall. A positive correlation between Severe Acute Respiratory Syndrome (SARS) and average precipitation for epidemiological weeks during 2011 was calculated. Said results require an in-depth analysis, obtained by the use of a monitoring system with holistic perspective, to help improve the capacity of Bogota to adapt to extreme climate events and their variability.

Key words: climate change, environment and public health, El Niño-Southern Oscillation, health vulnerability, epidemiological monitoring, adaptation.

Resumo

Colômbia foi um dos países mais afetados por eventos climáticos associados às mudanças climáticas ao longo de 2010; Bogotá foi uma das regiões mais atingidas pelas enchentes durante este periodo. Entretanto, pouco se sabe sobre os efeitos da mudança climática e a variação climática no Distrito, por isso, é necessário determinar as doenças sensíveis ao clima de Bogotá, DC, bem como identificar o público mais vulnerável a essas doenças. Os resultados preliminares da relação entre as mudanças climáticas e saúde em Bogotá mostram um aumento da carga e agravamento de certas doenças que estão associadas com a variação climática, com um pico epidêmico em internações por dengue ocorrido em 2011 em relação ao aumento de chuvas regionais, e uma correlação positiva entre infecção respiratória aguda grave (SARI) e a precipitação média de semanas epidemiológicas ao longo de 2011. Estes resultados exigem uma análise mais aprofundada; Portanto, propõe-se criar um sistema de monitoramento com uma abordagem holística para melhorar a adaptabilidade do Distrito Capital frente aos eventos climáticos extremos e sua variação climática.

Palavras-chave: alteração climática, meio ambiente e saúde pública, El Niño Oscilação Sul, vulnerabilidade da saúde, vigilância epidemiológica, adaptação.

Bogotá: un motor en movimiento

Según el Índice Global de Riesgo para Cambio Climático, Colombia fue el tercer país más afectado por los eventos climáticos asociados al cambio y la variabilidad del clima durante 2010, con 320 personas fallecidas y pérdidas económicas cercanas a los 8000 millones de dólares; solo fue superada por Pakistán y Guatemala (1).

Bogotá fue una de las regiones del país más golpeadas por dichos eventos, con miles de afectados por las inundaciones ocurridas a lo largo de los dos últimos años. Además, de acuerdo con el Instituto de Meteorología, Hidrología y Estudios Ambientales (IDEAM), para 2050 habrán desaparecido el 80% de los glaciares en Colombia, mientras el 60% de los páramos se habrán degradado. Este deterioro de los páramos tendrá un efecto negativo sobre la capacidad hídrica de Bogotá (2). Debido a ello, el impacto del cambio climático sobre la salud de la población se constituye en un nuevo reto para la salud pública, y que requiere un abordaje integral para favorecer la adaptación a dichos eventos.

Bogotá tiene unas características geográficas y socioeconómicas que la hacen particularmente vulnerable tanto a los efectos negativos de los diversos contaminantes ambientales como a los eventos climáticos extremos relacionados con la variabilidad climática: inundaciones, incendios forestales y fenómenos de remoción en masa. Geográficamente, Bogotá se encuentra localizada en la cordillera de Los Andes, en una zona de latitud baja localizada ligeramente al norte de la línea ecuatorial, correspondiente a las coordenadas 4°38' de latitud norte y 74°05' de longitud oeste. La altitud promedio de la ciudad es de 2650 msnm (3).

Según la clasificación Caldas Lang para la zonificación climática, en el área urbana de la Sabana de Bogotá predomina el clima frío semiárido; sobre todo, en la región suroccidental. No obstante, en la región nororiental prevalece el clima frío semihúmedo, y hay una zona fría húmeda en el piedemonte de Usaquén. Por último, en el área rural y montañosa se presenta el clima de páramo, con distintos grados de humedad (3,4).

Las condiciones geofísicas y meteorológicas de la región (terrenos con inclinaciones de diversos ángulos, presencia de rocas fragmentadas por la actividad sísmica, alta precipitación) se suman a la erosión desencadenada por la ocupación creciente de las laderas y a la deforestación, lo que incrementa la probabilidad de deslizamientos de tierra y el flujo de detritus; además, el territorio es susceptible a inundaciones, como resultado de los asentamientos ubicados en los cauces abandonados y a la falta de mantenimiento de la red de alcantarillado (3).

Se han descrito cuatro tipos de inundaciones que se pueden presentar en contextos urbanos de los países en vías de desarrollo, y que se agravan por los efectos del cambio climático y la modificación en los usos del suelo (5). Estas se clasifican en: 1) inundaciones relámpago por rebosamiento, 2) crecidas de arroyos pequeños, 3) desbordamiento de ríos mayores y 4) inundaciones de ciudades costeras por aumento en el nivel del mar. Entre estos tipos de inundaciones, las más comunes en Bogotá son las inundaciones relámpago por rebosamiento, que se producen después de precipitaciones intensas, comprometen solo áreas específicas de la zona expuesta y se asocian, principalmente, a infraestructuras de drenaje inadecuadas (5).

En el plano socioeconómico, Bogotá es la ciudad con la mayor densidad poblacional en América Latina, y la novena en el mundo, con 19,3 habitantes por km² (6). Se ha descrito que una alta densidad de población tiene un impacto negativo sobre la mortalidad cardiovascular; en especial, para las personas más vulnerables, pues dichas muertes suelen estar asociadas a las altas temperaturas derivadas de las islas de calor urbanas (7). Las zonas con hiperconcentración de personas en la ciudad son las localidades de Bosa, Kennedy y Rafael Uribe Uribe (8). Además, Bogotá tiene una alta inequidad, agravada por una notoria segregación socioeconómica, que hace de ella la tercera ciudad más desigual de Colombia, con un coeficiente de Gini de 0,51 (9). Así mismo, se ha demostrado que los efectos nocivos de los contaminantes ambientales afectan, en especial, a la población de los estratos socioeconómicos bajos (10). Por otro lado, hay una gran fluctuación en el desarrollo humano al hacer una comparación por localidades. Según el Índice de Desarrollo Humano Urbano (IDHU), las localidades con el menor desarrollo son Ciudad Bolívar, Bosa y Usme (11).

Sumado a todo lo anterior, la casi inexistente planificación urbana, que ha conllevado un crecimiento desorganizado de la urbe, empeora las condiciones ya mencionadas. En ese sentido, la alta informalidad de la ciudad favorece la proliferación de urbanizaciones ilegales que se asientan en lugares no aptos para la construcción.

Todos estos factores hacen que buena parte de la población se halle expuesta a la ocurrencia de desastres naturales, como inundaciones o fenómenos de remoción en masa. En áreas de alto riesgo de deslizamientos de tierra viven 27 199 familias, mientras 2322 hogares están asentados en zonas de alto riesgo de inundaciones. Además, cerca de 1 000 000 de familias presenta algún grado de vulnerabilidad ante dichos desastres naturales, lo que corresponde casi al 50% de la población de Bogotá (12).

Por otro lado, Bogotá es una de las ciudades más contaminadas de América Latina, pues tiene una concentración anual promedio de material particulado inferior a 10 µm (PM10) de 77µg/m³ (13). Pese a los esfuerzos durante los últimos años por mejorar la calidad del aire, las metas fijadas por el Plan Decenal de Descontaminación para Bogotá están todavía lejos de ser alcanzadas (14). Durante los dos últimos años se

han observado excedencias en la norma para los contaminantes PM10, partículas suspendidas totales (PST) y el ozono, bien sea a ras de suelo o troposférico (O_3). Debido al patrón en la distribución del viento en la ciudad, ciertas zonas, como Kennedy y Bosa, se ven afectadas en mayor grado por la polución del aire, pues reciben la actividad de las zonas industriales de Puente Aranda y del área de conurbación (Madrid y Soacha); de hecho, la velocidad del viento suele aumentar desde el suroriente hacia el occidente a lo largo de casi todo el año (15).

Al panorama ambiental descrito se añade el hecho de que en Bogotá hay depleción de la capa de ozono: esta se ha ido desplazando hacia los polos y dejado un hueco en la zona andina. A las bajas concentraciones del gas en la atmósfera del Distrito Capital se yuxtaponen, además, otros factores, como la altitud, la constante fluctuación en la nubosidad y la predominancia de la radiación solar con longitudes de onda cortas (dado el bajo ángulo de radiación, debido a su localización ecuatorial), lo cual, a su vez, hace que el índice ultravioleta durante las horas del mediodía sea, en promedio, de 10-14; o sea, de muy alto riesgo para todos los tipos de piel. Ello implica que cualquier persona, sin importar el color de su piel, puede sufrir quemaduras cutáneas en el lapso de 20-30 minutos, así como daño ocular, un golpe de calor y deshidratación, como resultado de exponerse al sol (16).

Los sistemas de vigilancia epidemiológica y ambiental para monitorear los eventos en salud relacionados con el cambio climático se han focalizado en estudiar países ubicados en latitudes medias, sujetos al cambio estacional (17,18). Sin embargo, se conoce poco acerca de dichos eventos en ciudades con las características de Bogotá, que está localizada en una latitud baja y a una gran altitud respecto al nivel del mar. Por tanto, es necesario determinar las enfermedades sensibles al clima para Bogotá, D. C., así como identificar a la población vulnerable ante dichas enfermedades.

Por todo lo anterior, el objetivo del presente documento es exponer el estado actual del diseño del sistema de vigilancia epidemiológica y ambiental de los eventos en salud asociados al cambio y la variabilidad climáticos en el área urbana de Bogotá, D. C. Dicho sistema es de vital importancia para evaluar la vulnerabilidad, así como la capacidad de adaptación, de Bogotá ante los eventos climáticos extremos y la variabilidad climática.

Escenarios de cambio climático: nubosidad variable

El cambio climático es la modificación del clima respecto a una serie histórica de datos a escala global o regional. Este cambio ambiental está relacionado con el aumento de emisiones de gases de efecto invernadero.

Las emisiones globales de gases efecto invernadero debido a las actividades humanas han aumentado desde la era preindustrial y se han incrementado en el 70% a lo largo del periodo comprendido entre 1970 y 2004 (19). El consenso respecto a los posibles impactos del cambio climático a mediano y largo plazo se puede resumir en los siguientes escenarios: a) ni siquiera mitigando las emisiones de gases efecto invernadero se reducirán los efectos del calentamiento global; b) la *resiliencia*, o plasticidad de los ecosistemas para adaptarse al cambio climático, ha sido superada como consecuencia de una combinación entre diversos factores, como el calentamiento global, los daños paralelos (inundaciones, sequías, acidificación de los océanos, incendios forestales) y otras fuerzas propulsoras (cambio en los usos del suelo, contaminación del aire, fragmentación de sistemas naturales, sobreexplotación de recursos); c) en las latitudes bajas (sobre todo, las regiones secas) la producción agrícola disminuiría como consecuencia del aumento de la temperatura, lo cual magnifica el riesgo de hambrunas; d) aumento del nivel del mar, erosión de las costas y riesgo de inundaciones; e) desnutrición, mayor carga de enfermedades diarreicas, muertes, enfermedades y traumatismos por eventos climáticos extremos, enfermedades cardiovasculares en zonas con altos niveles de ozono troposférico, alteración espacial en la distribución de enfermedades infecciosas, y f) reducción de la disponibilidad de agua por la retracción de los glaciares (19).

En la tabla 1 se pueden observar los posibles escenarios futuros del impacto de los eventos climáticos extremos asociados a la variabilidad y el cambio climático, y de los cuales en Bogotá únicamente se pueden presentar los cuatro primeros (las precipitaciones son el más común) (20).

Tabla 1. Posibles impactos a mediados del siglo XXI derivados de los eventos climáticos extremos asociados al cambio climático

Fenómeno	Evento en la salud	Agua y nutrición	Otros sectores
Temperaturas extremas (olas de calor).	Mortalidad relacionada con el calor extremo.	Disminución de los cultivos. Problemas en la calidad del agua (proliferación de algas de agua dulce-salada).	Incendios forestales. Calidad de vida afectada en la población con viviendas inadecuadas.
Precipitaciones intensas.	Mortalidad por trauma. Infecciones respiratorias. Enfermedades de la piel.	Acumulación de agua en los suelos. Baja calidad del agua de la superficie y de la subterránea.	Alteración del comercio. Presión sobre la infraestructura urbana y rural; pérdida de la propiedad.
Calentamiento global.	Aumento de los brotes de enfermedades transmitidas por vectores. Menor mortalidad por exposición al frío.	Reducción de la disponibilidad de agua, por retracción glaciar.	Migraciones. Menor suministro hidroeléctrico.
Sequías	Desnutrición. Brotes de enfermedades trasmitidas por el agua y los alimentos.	Escasez de agua y de alimentos. Degradación de la tierra. Muerte del ganado.	Incendios forestales.
Ciclones	Traumatismos. Brotes de enfermedades trasmitidas por el agua y los alimentos. Estrés postraumático.	Desprendimiento de árboles. Daño en los arrecifes de coral. Interrupción del suministro de agua.	Cortes de energía. Migraciones. Destrucción de la propiedad.
Elevación del nivel del mar (no incluye tsunamis)	Traumatismos. Muertes por ahogamiento. Sarampión (por hacinamiento y migración).	Salinización de los estuarios, de los sistemas de agua dulce y del agua de riego. Disminución de la disponibilidad de agua dulce, por intrusión de agua salada.	Costos económicos de reubicación de la población afectada *vs.* costos por la protección costera.

Fuente: Adaptado del Intergovernmental Panel of Climate Change (IPCC) (19).

Meteorología en Bogotá

Además de estar asociadas a los patrones de distribución de enfermedades, las variables meteorológicas inciden en los niveles de contaminación del aire, al favorecer o bloquear su dispersión.

La temperatura se define como la energía térmica presente en el aire, la cual favorece la circulación del viento, hace oscilar la presión atmosférica y afecta la estabilidad troposférica (14). La temperatura promedio en la ciudad es de 13 °C, con mínimas de alrededor de 8,5 °C y máximas de 20 °C (14). Esta variación depende de la localización de las zonas en la ciudad, así como de las modificaciones estacionales y diarias. En condiciones normales, la temperatura disminuye 0,65 °C por cada 100 m de altitud; es mayor durante los meses de lluvia y durante las horas del mediodía. En ocasiones se presenta el fenómeno de inversión térmica, cuando la temperatura en la baja tropósfera se incrementa a mayor altitud, lo cual bloquea la dispersión de los contaminantes que se acumulan en la superficie más fría (14).

El viento es el vehículo mediante el cual se transportan el aire atmosférico y sus componentes. En Bogotá, los vientos soplan hacia el norte, el oriente y el nororiente, con velocidades de entre 3-5 m/seg. (14). La ocurrencia a escala local de precipitaciones fuertes, tormentas eléctricas, granizadas y torbellinos se debe, en la gran mayoría de los casos, a la presencia de regímenes de vientos con diferentes direcciones (14).

La precipitación es la caída de hidrometeoros sólidos o líquidos sobre la superficie terrestre. En Bogotá la lluvia, generalmente, se presenta por el ascenso de masas cálidas y húmedas de aire, las cuales siguen un ciclo estacional con dos temporadas al año y un ciclo diario. Dicha distribución está determinada por la *Zona de Confluencia Intertropical*, un cinturón de baja presión que rodea el planeta en la región ecuatorial. Los sectores más secos de la ciudad se localizan al suroccidente, en las localidades de Kennedy y Bosa (15).

La humedad relativa es un parámetro "que permite establecer la relación entre la cantidad de vapor de agua existente en una parcela de aire y la que tendría si esta se encontrara en estado de saturación, a las mismas condiciones de temperatura y presión" (14). Los condicionantes de la humedad son la cobertura vegetal y la baja velocidad del viento (14).

La presión barométrica es el peso que ejerce la masa atmosférica sobre la superficie de la Tierra, y guarda estrecha relación con la temperatura y la densidad del aire (14). Por tanto, las bajas presiones en la zona ecuatorial están determinadas por la alta temperatura y la baja densidad del aire. Tales condiciones favorecen la dispersión de los componentes del aire; en épocas secas, con noches despejadas, las inversiones térmicas pueden impedir este efecto (14).

La radiación solar está compuesta en el 46% por rayos infrarrojos; en el 45%, por el espectro visible, y en el 9%, por la radiación ultravioleta (14). Menos de la mi-

tad de dicha radiación llega a la superficie del planeta. La radiación solar es de tres tipos: a) *Directa*: proviene directamente del sol, sin sufrir cambio de dirección; b) *Difusa*: va en todas las direcciones, no solo por las nubes, sino por el polo atmosférico, y c) *Reflejada por la superficie terrestre*, la cual depende del coeficiente de reflexión llamado *albedo*. Las superficies horizontales no reciben radiación reflejada, mientras las verticales son las que más la reciben (15).

Por otro lado, la influencia de la urbanización sobre el estado atmosférico produce una serie de efectos en la dinámica del aire, el equilibrio térmico y el régimen de precipitaciones (21). Entre dichos efectos, el más destacado es la *isla de calor*, en la cual se altera la distribución espacial de la temperatura, y así es observable cómo durante la noche el enfriamiento del centro de las ciudades es menor que el que ocurre en la periferia (22). Este fenómeno puede ocurrir por la producción de calor por parte de los seres humanos, la impermeabilización de los suelos, la absorción de calor durante el día por la geometría de las calles y los materiales de las edificaciones, y por la sensible pérdida de calor ante la disminución de la velocidad del viento (23).

En Bogotá se ha hecho una descripción preliminar de dos islas de calor urbanas: en el centro de la ciudad y en el suroccidente, en la localidad de Bosa; además, la temperatura promedio en Bogotá ha aumentado 2 °C por encima de la media de temperatura en la Sabana de Bogotá (24). A esto se añade que la temperatura es mayor en el centro de la ciudad, en comparación con los bordes urbanos (25).

Por todo lo anterior, las variables meteorológicas de Bogotá, mediante una relación de interacción e interdependencia permanentes, generan las condiciones atmosféricas que se presentan en la ciudad. Los meses más calientes son los de la época de lluvias, pues la humedad estimula la retención del calor y evita su disipación nocturna hacia la atmósfera (14). Así mismo, los meses con más vientos y aumento de precipitaciones favorecen la dispersión de los contaminantes del aire, y hacen que sus concentraciones disminuyan. Todo ello guarda estrecha relación con el paisaje urbano, el cual puede alterar las características meteorológicas inherentes a la ciudad.

Bogotá monitorea las variables meteorológicas a través de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire, que incluye 12 estaciones distribuidas en los cuatro puntos cardinales de la ciudad (15).

Los efectos más notorios del cambio climático se observan en las alteraciones de los patrones meteorológicos normales. A este conjunto de condiciones atmosféricas externas que exceden lo normal en un corto periodo se lo denomina *variabilidad climática*.

Perfil epidemiológico de Bogotá

El efecto de la variabilidad climática puede afectar negativamente la carga de la enfermedad en Bogotá, al verse modificados los patrones de transmisión de ciertas enfermedades, o bien, agravar los factores de riesgo en otras patologías.

En Bogotá, la carga de la enfermedad en menores de 5 años recae, principalmente, en las infecciones respiratorias agudas (IRA), que están entre las principales causas de mortalidad en esos grupos etarios (73,8 × 100 000 habitantes en menores de 1 año, y 4,9 × 100 000 habitantes en la población de 1-4 años) (26).

Las mencionadas enfermedades del aparato respiratorio, posiblemente, se incrementan al aumentar tanto la humedad relativa como las precipitaciones. De igual forma, las variables meteorológicas potencian la acción de otros factores, como el polen, el ozono y el material particulado, en la inducción y la propagación de la enfermedad respiratoria (27-29). Por otro lado, en la población adulta y en los adultos mayores de 60 años se presentan más a menudo las muertes debidas a enfermedades isquémicas del corazón, cerebrovasculares e hipertensivas (el 17% para el grupo etario de 45-59 años, y el 30% para los mayores de 60 años).

Una alta temperatura sumada a otros factores de riesgo (tales como una vivienda inadecuada y la contaminación atmosférica, entre otros) pueden exacerbar la letalidad debida a las causas mencionadas (7,30-32). Además, otras enfermedades representan una morbilidad importante en Bogotá, D. C.: las transmitidas por el agua y los alimentos. La enfermedad diarreica aguda (EDA) se puede, incluso, duplicar ante los eventos climáticos extremos como las inundaciones, pues dichos desastres disminuyen la calidad del agua para consumo humano (33).

Por su parte, las enfermedades transmitidas por alimentos (ETA) son producidas, en la gran mayoría de los casos, por la inadecuada manipulación de los alimentos; sin embargo, el aumento de la temperatura puede condicionar ciertos alimentos a una degradación más rápida (34). Si a eso se le añaden la informalidad intrínseca a la ciudad y los acuerdos de libre comercio entre Colombia y otros países, las ETA pueden tener un impacto mayor sobre la carga de la enfermedad en el Distrito Capital (35).

Bogotá ha sido refractaria a enfermedades como el dengue y la malaria, por cuanto no hay en ella presencia de tales vectores, dadas la temperatura promedio y la altitud de la capital. No obstante, a lo largo de los últimos años, y en relación estrecha con el fenómeno de El Niño, ha habido un incremento estacional cercano al umbral epidémico para dichas infecciones, y, por consiguiente, algunos casos complicados de dengue y de malaria han sido referidos a la red hospitalaria de Bogotá y han creado presión sobre los servicios de salud (34,36).

Además de lo anterior, el aumento de la temperatura hace que los mosquitos potencien su tasa de reproducción y piquen más a menudo, y expande el rango de acción de esos insectos a mayores elevaciones y a latitudes más septentrionales, lo cual deja en riesgo a poblaciones no expuestas previamente; a ello se agrega que las inundaciones y las tormentas pueden contribuir a diseminar la malaria, pues favorecen la presencia de aguas estancadas, donde proliferan los vectores (37-39). Todo esto trae como resultado una disminución del radio de inmunidad de Bogotá ante la presencia de enfermedades trasmitidas por vectores (ETV).

Eventos climáticos extremos

A lo largo de los últimos años se ha visto un aumento de desastres naturales asociados a factores climáticos, mientras el número de otros eventos, como los terremotos, permanece estable (40). Los eventos climáticos extremos son eventos estocásticos raros. Se dividen en dos categorías: a) *Eventos extremos basados en estadísticas climáticas* (altas o bajas temperaturas), y b) *Eventos complejos impredecibles*, como sequías, inundaciones o huracanes, que no necesariamente ocurren cada año en un lugar determinado.

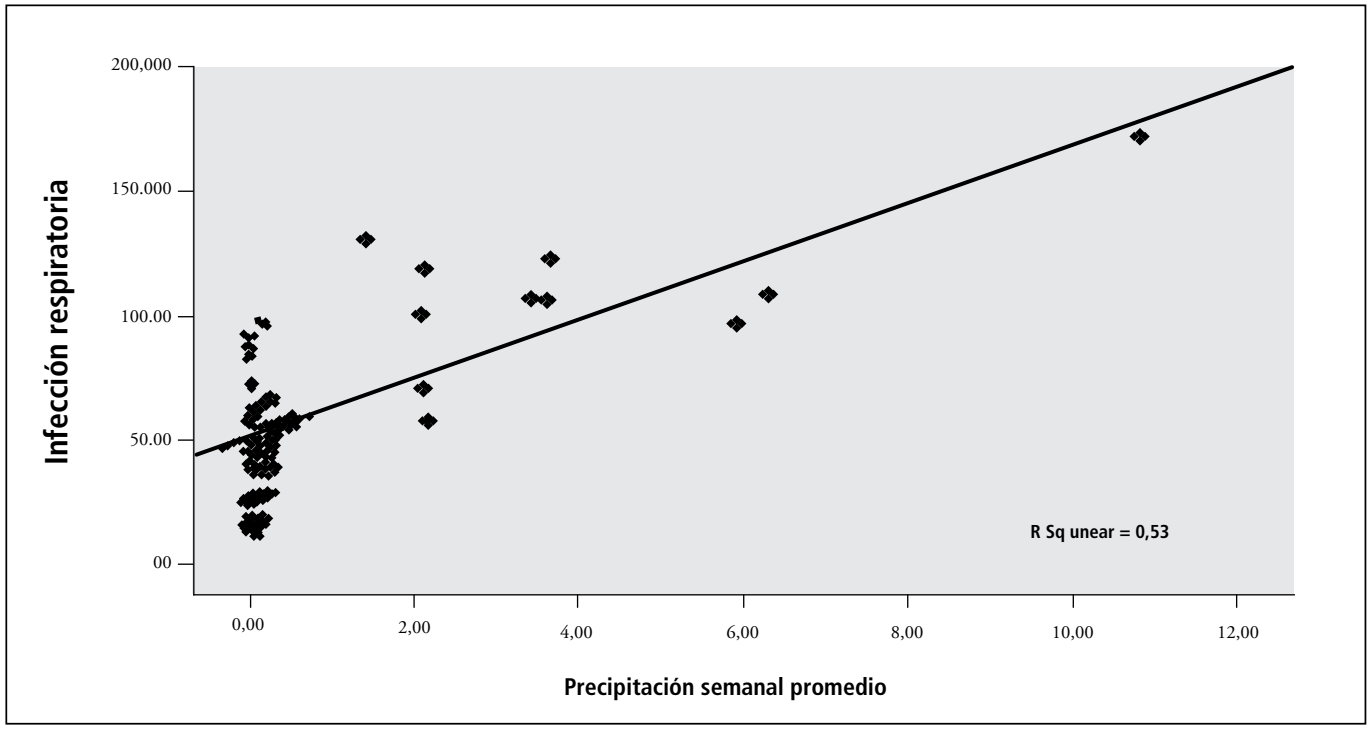
Para Bogotá, los eventos que se pueden presentar más a menudo son las inundaciones, los incendios forestales y los fenómenos de remoción en masa. Sin embargo, otros posibles eventos climáticos extremos que pueden producir daños directos e indirectos en la salud humana son los vendavales y las granizadas.

Las inundaciones han sido un factor determinante sobre la morbilidad y la mortalidad por todas las causas a lo largo de los últimos años, y se han relacionado con el fenómeno de El Niño-Oscilación del Sur (ENOS). Este fenómeno causa significativas perturbaciones en la temperatura y las precipitaciones. Es incierto el efecto del cambio climático sobre la frecuencia y la amplitud del ENOS, pero se sugiere que aumenta las fluctuaciones entre periodos secos y de precipitaciones, y así magnifica el riesgo de sequía e inundación (41). La evidencia disponible sugiere que la principal causa de epidemias de malaria se relaciona con condiciones meteorológicas anormales, que cambian temporalmente el equilibrio ecológico entre huésped, vector y parásito (42).

Antecedentes en Bogotá

Los análisis realizados a través del Observatorio de Salud Ambiental se han centrado en establecer la relación entre las variables meteorológicas y ciertos eventos en salud, según las enfermedades identificadas por el Panel Intergubernamental para Cambio Climático (19). Los principales resultados a la fecha muestran, por ejemplo, que: a) hay contrafases entre lluvia y temperatura, con mayor presencia de inundaciones durante las épocas de alta precipitación y ocurrencia de incendios forestales en los periodos secos con mayor temperatura promedio, lo cual estuvo, a la vez, determinado por la alternancia de los fenómenos a mesoescala El Niño / La Niña; b) la distribución de las precipitaciones sigue una configuración espacial: abundan más en la zona norte y en la franja oriental de la ciudad; c) hubo un pico epidémico de hospitalizaciones por dengue en 2010 y 2011, en relación con el aumento regional de las precipitaciones; d) se dio una correlación positiva entre la IRAG y la precipitación promedio por semanas epidemiológicas durante 2011 ($r = 0{,}72$; 0,55-0,83) (43). Esta correlación se aprecia en la figura 1.

Figura 1. Relación entre precipitaciones e infección respiratoria por semana epidemiológica en 2011



Fuente: SDS (43).

Entendiendo la red causal en el cambio climático

La metodología de fuerzas motrices-presión-situación-exposición-efecto-acción (FPSEEA) se ha vuelto el más adecuado para desarrollar indicadores ambientales en salud para el monitoreo del cambio climático, después de una revisión exhaustiva mediante la comparación y la ponderación de los atributos de once marcos conceptuales diferentes (44). Dicho modelo muestra el enlace entre la exposición y los efectos en la salud, determinado por una serie de factores que actúan a través de una cadena de eventos, y muestra también los principales puntos de entrada para las intervenciones que pretendan modificar tales factores (45,46).

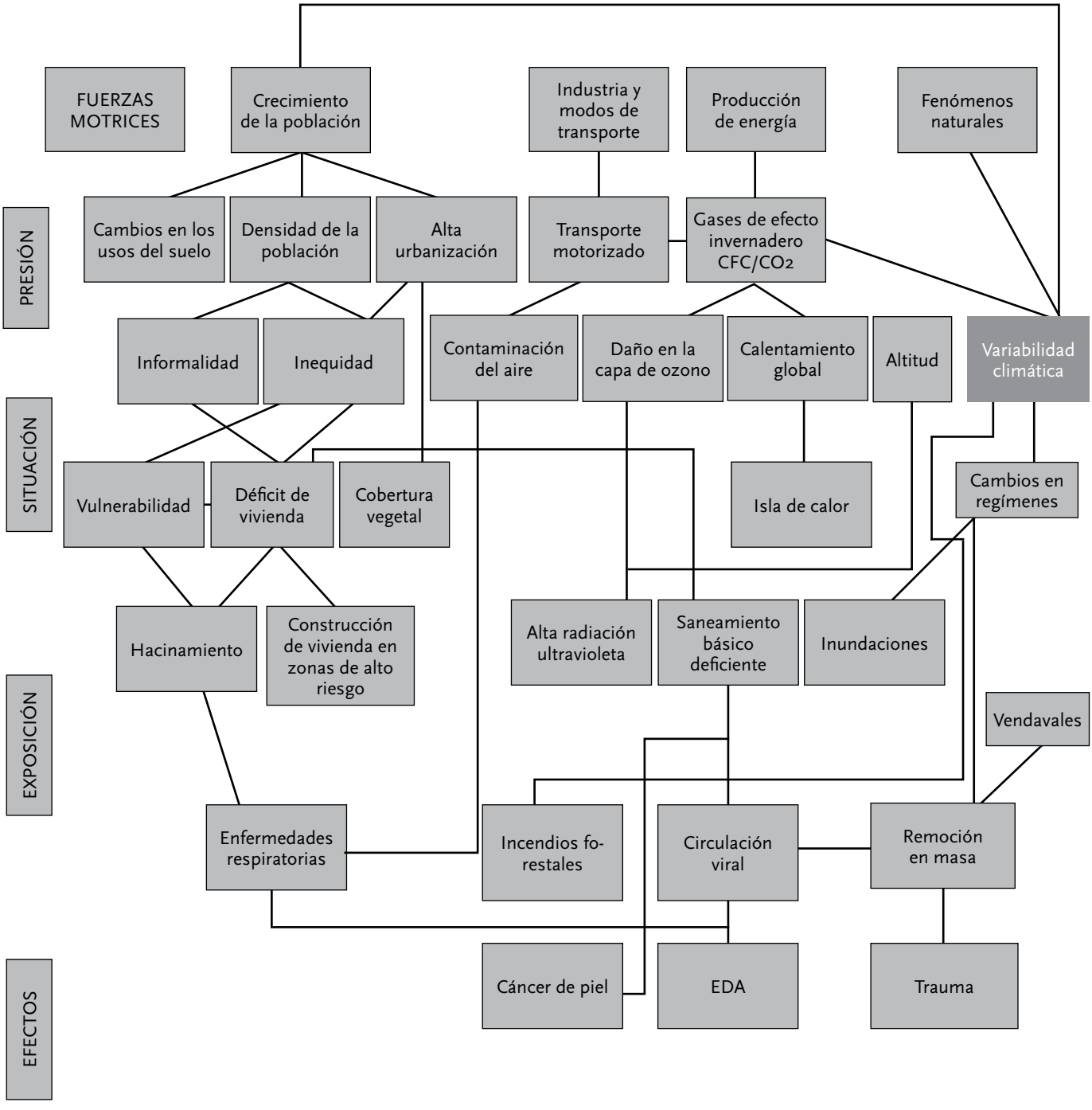
Las fuerzas motrices son factores que impulsan una cadena de procesos ambientales. Estos desencadenan presión sobre el ambiente, la cual es expresada a través de la ocupación humana o la explotación del ambiente. Dichos factores se enmarcan dentro de una situación o estado del ambiente, donde generan determinados grados de exposición, interacción que, a su vez, tiene lugar cuando el ser humano se halla expuesto a eventos climáticos, a contaminantes o a cambios en las condiciones ambientales. De este panorama se produce un *efecto*, o serie de desenlaces en salud como consecuencia de la exposición a riesgos ambientales. Toda esta cadena causal puede ser modificada mediante acciones, ya sean políticas o de intervenciones, las cuales se orientan a reducir o evitar efectos adversos en la salud, y pueden ser aplicadas en cualquiera de los componentes mencionados (45).

En relación con el cambio y la variabilidad climáticos, ciertas fuerzas motrices, como el crecimiento demográfico, la energía, la agricultura, las políticas de transporte, el cambio en los usos del suelo y la urbanización, ejercen presión sobre el ambiente: emisiones de gases de efecto invernadero, uso de aerosoles, presencia de clorofluorocarburos. Además, el cambio climático a largo plazo afecta las variables mencionadas y aumenta la frecuencia de olas de calor, heladas, inundaciones, sequías, contaminación del aire y vendavales. De igual manera, se observan otras consecuencias, tales como escasez de agua, ampliación en el rango de los vectores y alteración en la disponibilidad y la calidad de los alimentos; de ello se obtiene como resultado la aparición de enfermedades respiratorias, diarrea, traumas, mortalidad cardiovascular, eventos de

transmisión vectorial y alergias, entre otras. Finalmente, las acciones potenciales incluyen estrategias de mitigación y adaptación dirigidas a disminuir la exposición, o bien, políticas para estimular el uso del transporte no motorizado, en pro de reducir la contaminación del aire (44). En la figura 2 se observa esta metodología de fuerzas motrices relacionada con cambio climático para Bogotá.

Por otro lado, es necesaria una evaluación integrada del impacto ambiental en la salud. Tal evaluación es definida como un medio para valorar los problemas en salud que se derivan del ambiente y los impactos en la salud de las políticas y de otras intervenciones que afectan el ambiente, de tal forma que se tienen en cuenta la complejidad, la interdependencia y la incertidumbre del mundo real (47).

Figura 2. Metodología fuerzas motrices cambio climático y salud en Bogotá



Mecanismos de reacción ante el cambio climático en Bogotá

Colombia, mediante las leyes 164 de 1994 y 629 de 2000, ratifica los acuerdos de la Convención Marco de las Naciones Unidas para Cambio Climático y el Protocolo de Kioto, respectivamente, y los cuales tienen como fin reducir las emisiones de gases de efecto invernadero durante el periodo 2008-2012 (48).

Por otro lado, hay una preocupación creciente por el impacto de los eventos climáticos extremos sobre el territorio, como se observa en el documento CONPES 3700 de 2011, que recalca la necesidad de diseñar una estrategia intersectorial destinada a la adaptación y la mitigación de los eventos asociados a la variabilidad climática, y que permita mejorar la capacidad de respuesta frente a tales eventos y hacer énfasis en el desarrollo sostenible (49).

Además de lo anterior, recientemente se ha formulado la Política Distrital de Salud Ambiental para Bogotá, D. C. 2011-2023, adoptada mediante el Decreto 596 de 2011. Dicha política incluye ocho líneas de intervención, una de las cuales es la línea de cambio climático. El objetivo se centra en el desarrollo de procesos de respuesta intersectorial, para la mitigación y la adaptación a los fenómenos asociados a la variabilidad y el cambio climáticos que se presentan en Bogotá, D. C.

La línea consta de los siguientes ejes temáticos: a) desarrollo de investigaciones sobre el efecto de la variabilidad y el cambio climáticos en la calidad de vida y en la salud de los habitantes de Bogotá; b) implementación de procesos de adaptación y mitigación ante la variabilidad y el cambio climáticos; c) vigilancia en salud ambiental de los eventos relacionados con la variabilidad y el cambio climáticos; d) fortalecimiento interinstitucional e intersectorial para diseñar planes de adaptación y mitigación a la variabilidad y el cambio climáticos, y e) fortalecimiento de la participación comunitaria para disminuir la vulnerabilidad de la población a los efectos de la variabilidad y el cambio climáticos (50).

Gracias a la legislación mencionada, las principales iniciativas para mejorar la capacidad de adaptación en Colombia ante el cambio climático son el Plan Regional Integrado de Cambio Climático para la Región Capital Bogotá Cundinamarca (PRICC) y la *Guía de análisis de la vulnerabilidad en salud ante el cambio climático en Colombia*, de la Organización Panamericana de la Salud (OPS) y la Mesa Nacional de Cambio Climático y Salud.

El PRICC es una estrategia orientada a formular medidas de adaptación y reducción de la vulnerabilidad, y que deben estar articuladas a la planificación y el ordenamiento territoriales. Entre los criterios utilizados para construir el modelo propuesto cabe destacar: a) visión sistémica e integral del territorio; b) costo-efectividad de la implementación y la replicabilidad del modelo; c) permitir la profundización sobre el análisis de la vulnerabilidad de unidades particulares del territorio: población, sectores, ecosistemas y servicios, y d) contribuir, mediante elementos de análisis sobre las relaciones entre las subregiones, para avanzar en modelos sostenibles de ocupación del territorio (20).

Por su parte, el objetivo de la *Guía para la evaluación de la vulnerabilidad de la salud frente al cambio climático en Colombia* es servir de orientación para evaluar la vulnerabilidad que permita identificar dónde y qué acciones se deben priorizar para generar una estrategia de adaptación del sector salud frente a los efectos de cambio climático (51). Tal instrumento ha sido recientemente validado, y se debe implementar en nueve pasos: a) conformación del equipo evaluador, y elaboración del plan de trabajo; b) evaluación de la información y de los recursos disponibles; c) determinación de las enfermedades o los eventos asociados al cambio y la variabilidad climáticos; d) determinar las regiones, el grupo y otras características de la vulnerabilidad; e) identificación de planes, políticas y estrategias actuales para enfrentar las enfermedades o los eventos asociados al cambio climático; f) priorizar eventos y actividades en salud; g) evaluar las posibles medidas de adaptación; h) comunicación a los interesados, e i) seguimiento.

El PRICC ha desarrollado un indicador de vulnerabilidad para conocer la capacidad de adaptación, compuesto por el Índice de Desarrollo Endógeno Municipal (IENDOG) y otros indicadores sanitarios, como el índice de miseria, la tasa de homicidios y la de lesiones personales, la violencia intrafamiliar, la cobertura vacunal, el porcentaje de cobertura de los servicios de salud, y la inequidad.

Tableros de control ante el cambio climático

Los sistemas de monitoreo en todo el mundo son hoy por hoy incapaces de proveer una información confiable sobre enfermedades sensibles al clima que permita comparaciones temporoespaciales. Los actuales

vacíos de información requieren que se incorpore una vigilancia estandarizada de los estados de salud sensibles al clima. Dicho monitoreo debe incluir asociaciones a largo, a mediano y a corto plazo, a través de indicadores previamente disponibles, los cuales deben ser fortalecidos para entender la relación clima-salud, en vez de ser reemplazados por un sistema nuevo (41).

El Instituto de Salud Pública de Quebec, en Canadá, implementó el sistema SUPREME: un sistema integrado en tiempo real para la vigilancia y el monitoreo de las olas de calor. Este sistema es, a su vez, el componente de otro sistema con un abordaje más amplio, que podría monitorear los impactos en la salud pública de todo tipo de eventos meteorológicos extremos.

El sistema SUPREME se basa en un *software* libre con cuatro módulos: a) consecución de los datos; b) análisis de riesgos y de alertas; c) aplicación cartográfica, y d) diseminación de la información al portal de cambio climático y salud (52). SUPREME incorpora, además, una lista de indicadores de vulnerabilidad, incluidos los relacionados con las condiciones socioeconómicas de la población, e índices que correlacionan las variables meteorológicas (53,54).

El monitoreo del cambio y de la variabilidad climáticos no es simplemente el registro de los desenlaces en salud sobre el tiempo. Este requiere un proceso analítico para cuantificar el porcentaje de cambio en dichos desenlaces, y que puede atribuirse a unos factores climatológicos subyacentes (54).

Lo anterior implica tomar en cuenta sistemas de alerta temprana que incluyan: a) pronóstico meteorológico estacional; b) monitoreo de factores de riesgo de enfermedad, y c) vigilancia epidemiológica de la enfermedad (55). Todo ello plantea enormes retos para Colombia y para Bogotá, dados sus fragmentados sistemas de información, así como la restricción interinstitucional al acceso a las bases de datos necesarias.

Hoja de ruta para el monitoreo de eventos en salud asociados a la variabilidad climática

A escala mundial se ha propuesto una red integrada que tenga la capacidad de conectar la inteligencia epidémica y la vigilancia en salud pública de enfermedades infecciosas con variables meteorológicas, entomológicas, de calidad del agua y de mecanismos de control remoto, entre otros, para elaborar una guía de adaptación ante el cambio y la variabilidad climáticos (56). Por tanto, para determinar las enfermedades sensibles al clima e identificar la vulnerabilidad de la población ante los eventos climáticos extremos asociados a la variabilidad climática, se han definido seis pasos, con la siguiente hoja de ruta: a) mapa general de actores; b) plan de análisis y de identificación de enfermedades sensibles al clima; c) panorama de riesgos de eventos climáticos extremos; d) diseño de una matriz de indicadores para el sistema de monitoreo; e) construcción de un sistema de alerta temprana, y f) articulación intersectorial.

Dada la fragmentación actual de los servicios de salud y la debilidad de los procesos interinstitucionales e intersectoriales (especialmente, en temas de salud ambiental), como lo señala el CONPES 3550, se hace necesario establecer un mapa de actores encargados gestionar la información en los diferentes sectores relacionados con el cambio y la variabilidad climáticos (57). Dicho instrumento permitirá establecer los vacíos en la información, y así planificar adecuadamente el análisis.

Las fuentes potenciales de información para el instrumento planteado son: intrainstitucionales (Grupo del Sistema Nacional de Vigilancia en Salud Pública —SIVIGILA—; Grupo Enfermedad Respiratoria Aguda; Central Reguladora de Urgencias y Emergencias —CRUE—; Laboratorio de Salud Pública), sectoriales (Organización Panamericana de la Salud —OPS—; Ministerio de Salud; Instituto Nacional de Salud —INS—; Instituto Nacional de Cancerología; Centro Dermatológico Federico Lleras Acosta) e intersectoriales (Secretaría Distrital de Ambiente —SDA—; Secretaría Distrital de Planeación; Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo —PNUD—; Dirección de Prevención y Atención de Emergencias —DPAE—; Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales —IDEAM—).

Una vez identificadas las fuentes de información, se continuará con la elaboración del plan de análisis inicial para identificar las enfermedades sensibles al clima. Dos factores han sido tomados en cuenta para incluir dichos eventos: la variabilidad interanual y la sensibilidad temporal al clima. Por ejemplo, la malaria tiene una alta sensibilidad al clima, y los cambios marcados de temperatura y de precipitación se

asocian a la presencia de brotes epidémicos. Por otro lado, las enfermedades con mayor variabilidad interanual son la influenza, el cólera, la malaria, la meningitis y el dengue (55). En la tabla 2 se presenta la propuesta para desarrollar la primera fase del sistema de monitoreo.

Concomitantemente con lo anterior, se necesita elaborar un panorama de riesgos frente a eventos climáticos extremos, consistente en la identificación de los puntos críticos de la ciudad ante los eventos climáticos extremos, así como las épocas del año durante las cuales aumenta la probabilidad de que ocurran tales sucesos. Ello permitirá conocer el grado de vulnerabilidad de la población ante estos eventos y, por lo tanto, mejorar la capacidad de adaptación ante tales fenómenos. Dicho panorama de riesgos debe estar integrado al sistema de monitoreo de eventos en salud asociados a la variabilidad climática. Así mismo, tiene que estar sustentado con los aportes de la comunidad, mediante estrategias cualitativas como la cartografía social (22).

Identificar las enfermedades sensibles al clima y la población vulnerable será el sustrato inicial para construir indicadores mediante la metodología del modelo FPSEEA. Las complejas interacciones involucradas en el proceso pueden ser monitoreadas a través de un sistema de vigilancia conformado por indicadores de segunda generación, o por índices de riesgo (44).

Una vez implementado el sistema de vigilancia de los eventos de salud asociados a la variabilidad climática, este debe ser complementado por un sistema de alerta temprana. Los sistemas de alerta son una herramienta para prever desenlaces adversos, lo que permite la mitigación y la adaptación ante dichos impactos. Estos sistemas son útiles en la gestión del riesgo en desastres, pues las intervenciones tempranas minimizan los daños.

Dado lo anterior, la puesta en marcha de sistemas de alerta temprana cuando se conoce el umbral crítico de un evento (desastres naturales, epidemias, contaminación ambiental) es un instrumento que fortalece la capacidad de adaptación de la ciudad a fenómenos adversos. Ejemplos de esos sistemas son los índices de humedad, de radiación ultravioleta o de calidad del aire (58).

Finalmente, se debe incorporar una visión integral del monitoreo de eventos en salud asociados a la variabilidad climática. El sector salud no puede actuar aislado ante las amenazas del cambio y la variabilidad climáticos. En tal sentido, el sistema de vigilancia epidemiológica y ambiental debe ir articulado con el pricc, los lineamientos para la evaluación de la vulnerabilidad en salud en Colombia y otras iniciativas a escala institucional, internacional o comunitaria, de manera que haya un flujo bidireccional de la información, intercambio de diversas perspectivas y, finalmente, generación de conocimiento acerca del cambio climático en Bogotá y en los municipios de su área de influencia.

Tabla 2. Sistema de monitoreo de eventos en salud asociados a la variabilidad climática

Eventos en salud	Variables meteorológicas	Incubación (inducción-latencia)	Otros factores asociados	Análisis temporal	Análisis espacial
Infección respiratoria aguda (IRA).	Precipitación acumulada / promedio. Temperatura. Humedad relativa. Velocidad / dirección del viento.	Virus respiratorio sincitial: 1-4 días. Influenza: 1-4 días. Gripe aviar: 3-7 días.	Niveles PM10. Tabaquismo. Roedores en el domicilio.	Diario, con rezago / semanal. Proporción de casos en damnificados por inundaciones.	UPZ; urbano.
IRA grave / enfermedad similar a la influenza.	Precipitación acumulada / promedio. Temperatura. Humedad. Velocidad / dirección del viento.	Adenovirus: 2-14 días. Neumococo: 1-3 días. Haemophilus influenzae: 2-4 días.	Niveles PM10. Tabaquismo.	Diario, con rezago / semanal. Proporción de casos en damnificados por inundaciones.	UPZ; urbano.
Enfermedad diarreica aguda (EDA) / cólera / hepatitis.	Temperatura. Precipitación acumulada / promedio. Humedad relativa.	Rotavirus: 1-3 días. E. coli: 1-4 días. Shigella: 24-72 horas.		Diario con rezago / semanal. Damnificados por inundaciones.	UPZ; urbano.
Enfermedades transmitidas por alimentos.	Temperatura. Precipitación acumulada / promedio.	Salmonella: 3-6 días. Toxina E. coli: 3-9 días.		Diario con rezago / semanal.	UPZ; urbano
Enfermedades zoonóticas (leptospirosis).	Temperatura. Precipitación acumulada / promedio. Humedad relativa.	Leptospira: 4-18 días.		Diario, con rezago / semanal. Damnificados por inundaciones.	UPZ; urbano.
Enfermedades de transmisión vectorial.	Temperatura. Precipitación acumulada / promedio. Humedad relativa.	Plasmodium falciparum: 12 días. Plasmodium vivax: 14 días. Dengue: 4-7 días.	Migración.	Semanal; hospitalizaciones por dengue y malaria.	Lugar de procedencia.
Meningitis por meningococo.	Temperatura. Humedad relativa. Velocidad del viento.	Neisseria meningitidis: 2-10 días.		Semanal.	UPZ; urbano.
Enfermedad de Chagas.	Temperatura. Presión barométrica.	Incubación: 4-12 días. Inducción + latencia: 3-7 años.	Condiciones de la vivienda.	Anual. Monitoreo de la muerte súbita en personas jóvenes.	Localidad. Urbano / rural.

Enfermedad cardiovascular.	Temperatura. Humedad relativa.	Periodo de latencia: variable (varios años). Dosis respuestadependiente.	Densidad poblacional. Niveles de PM10. Parques / m².	Mensual. Anual. Islas de calor.	UPZ; urbano.
Crisis asmática.	Precipitación acumulada / promedio. Velocidad / dirección del viento.	Periodo de latencia: 30 minutos-12 horas.	Tabaquismo. PM10. Polen. Roedores en la vivienda. Ácaros.	Diario.	UPZ; urbano.
Enfermedades oculares / carcinoma de la piel.	Radiación solar global.	Periodo variable desconocido. Dosis respuestadependiente.	Índice ultravioleta.	Anual. Monitoreo de los casos de quemaduras solares y de golpes de calor.	Localidad; urbano/ rural.

Fuente: SDS (43).

Perspectivas

A lo largo de este documento se han presentado las principales debilidades de la ciudad a la hora de abordar los efectos en la salud debidos al cambio y la variabilidad climáticos. Los tres aspectos por fortalecer son: 1) los sistemas de vigilancia epidemiológica y de alerta temprana; 2) la participación de la población, y 3) la gestión intersectorial con una mirada regional.

Las predicciones indican que el cambio climático aumentará los riesgos de morbilidad y de mortalidad de los determinantes de salud sensibles al clima, así como los eventos en salud y los climáticos extremos (59). Dichos efectos podrían ser mayores en países cuya capacidad de adaptación es limitada. Tal es el caso de Bogotá, donde la informalidad en la vivienda, la economía en crisis, la debilidad de las políticas públicas y la asimetría en la implementación del plan de ordenamiento territorial agravan los problemas estructurales y amplían la brecha de inequidad que se presenta en el distrito.

Hay una diferencia marcada entre las localidades de Bogotá en lo relativo a desarrollo humano y pobreza multidimensional. A esto se suman las amenazas y los riesgos ambientales, lo que aumenta la carga de la enfermedad por las enfermedades sensibles al clima, con todos los costos agregados. Por ejemplo, las islas de calor se relacionan con la actividad antropogénica, pero también con el déficit de áreas verdes y la hiperpoblación; además, las condiciones de la vivienda crean un riesgo adicional para la población vulnerable ante aumentos inusitados de la temperatura (60).

Otros determinantes, como la falta de acceso a la electricidad y a los combustibles limpios, predisponen a un mal pronóstico de las posibles enfermedades sensibles al clima, como la infección respiratoria (61). El cambio y la variabilidad climáticos desnudan las debilidades de los sistemas de salud y de protección social, por lo cual se requiere una política integral generalizada, que involucre la mayoría de las instituciones públicas de Bogotá, D. C., tales como ambiente, salud, hábitat, movilidad y desarrollo económico, al igual que las organizaciones no gubernamentales (ONG), y que cuente con el respaldo del gobierno nacional. Dichas políticas deberían comprometer a la comunidad, la cual es la encargada de ejercer gobernanza sobre dichos procesos. Por ende, debe darse un salto de la evidencia científica a la implementación superando las barreras para la formulación de políticas, como la falta de voluntad política y la escasez de recursos financieros (62).

De las estrategias mencionadas en el Distrito Capital, el indicador desarrollado por el PRICC de Bogotá presenta debilidades en cuanto a la escogencia de las variables utilizadas; por ejemplo, la cobertura de aseguramiento en salud en Colombia no es un factor que mida el acceso efectivo al sistema de salud (20).

Por otro lado, urge complementar la guía de vulnerabilidad de la OPS con indicadores más objetivos que los disponibles en la actualidad, pues dan una mirada eminentemente cualitativa al tema; así pues, se hace necesario diseñar una batería de indicadores según el modelo conceptual de fuerzas motrices, que permita identificar las intervenciones más pertinentes. Dichas estrategias implican ahondar en las complejas interacciones que determinan los efectos en la salud ante la variabilidad y el cambio climáticos, en las cuales se observa un proceso dinámico. Como consecuencia, se deben tener en cuenta factores como el periodo estudiado, los posibles escenarios y las características de no linealidad y de multicausalidad en la relación entre cambio climático y salud, al igual que la obligatoria participación de todos los actores involucrados en el proceso (47,48).

Según el reporte del Intergovernmental Panel of Climate Change (IPCC), las opciones de adaptación ante el cambio y la variabilidad climáticos requieren mejoras en cuanto al sistema de vigilancia y control ante las enfermedades sensibles al clima; adicionalmente, se debe garantizar la cobertura de necesidades bási-

cas como la provisión de agua potable y los servicios de saneamiento. Además, son necesarias políticas en salud pública que incluyan el reconocimiento de las amenazas relacionadas con la variabilidad climática, el fortalecimiento de los servicios de salud y la cooperación local, regional e internacional (19,63).

Para el éxito de tal estrategia, ante la compleja problemática de salud en relación con las interacciones entre el ser humano y el ambiente, se vuelve esencial un enfoque transdisciplinario, porque este permitiría el desarrollo de investigación conjunta entre varias disciplinas, liderazgo colectivo y un intercambio significativo entre científicos, personas dedicadas a formular políticas y usuarios de este conocimiento. Dicho abordaje ha probado ser útil para desarrollar los sistemas de vigilancia ante el cambio y la variabilidad climáticos en otros contextos, pues ha permitido que se implementen las intervenciones adecuadas en la materia.

Este enfoque ha seguido tres fases: a) identificación del problema; b) investigación del problema, y c) transformación del problema (64). Implementar un enfoque similar en Bogotá plantea un reto, dada la fragmentación institucional existente. Sin embargo, se deben orientar los esfuerzos en ese sentido incorporando un enfoque regional, para que así mejore la costo-efectividad de las intervenciones en materia de cambio climático (65).

Respecto a lo anterior, cabe recordar que la emergencia causada por el fenómeno de La Niña en Colombia afectó a más de 3,3 millones de personas, 965 vías, 1 millón de hectáreas de cultivos, 2277 centros educativos, a 556 761 estudiantes y 371 centros de salud. Adicionalmente, murieron 448 personas, 73 se encuentran desaparecidas, 1,4 millones de animales fueron desplazados de sus hábitats, 12 908 viviendas quedaron destruidas y 441 579 reportaron averías, y se destinaron $26 billones para atender la emergencia (49).

Según lo expuesto, identificar las enfermedades sensibles al clima y determinar la población vulnerable del Distrito Capital ante los eventos climáticos extremos asociados a la variabilidad climática exige hacerlo con una perspectiva transdisciplinaria, para así estimular la formulación de políticas públicas y el desarrollo de sistemas de monitoreo que mejoren la capacidad de adaptación de los bogotanos ante dichos fenómenos.

Agradecimientos

Agradezco a los integrantes del Grupo de Cambio Climático del Hospital de Sur y de la SDS, así como a los participantes en la Mesa Nacional de Cambio Climático, cuya ayuda fue muy valiosa para la redacción de este documento.

Referencias

1. Harmeling S. Global risk climate index 2012, WHO suffers most from extreme weather events? Weather-related loss events in 2010 and 1991 to 2010. Germanwatch 2012. [internet]. 2011 [citado 2011 sep. 15]. Disponible en: http://germanwatch.org/klima/cri.pdf

2. Costa C. La adaptación al cambio climático en Colombia. Rev Ing Universidad de los Andes. 2007;26:74-80.

3. Comunidad Andina de Naciones (CAN). Atlas de las dinámicas del territorio Andino población y bienes expuestos a las amenazas naturales. Lima: CAN; 2009.

4. Alcaldía Mayor de Bogotá, Secretaría Distrital de Ambiente (SDA). Atlas ambiental de Bogotá. Bogotá: SDA; 2008.

5. Douglas I, Alam K, Maghenda M, et al. Unjust waters: climate change, flooding and urban poor in Africa. Environ Urbaniz. 2008;20:187.

6. City Majors Statistics 2012 [internet]. 2012 [citado 2012 sep. 12]. Disponible en: http://www.citymayors.com/statistics/largest-cities-density-125.html

7. Tomlinson C, Chapman L, Thomas J, et al. Including the urban heat island in spatial heat health risk assessment strategies: a case study for Birmingham UK. Int J Health Geograp. 2011;10:42.

8. Alcaldía Mayor de Bogotá. Bogotá, ciudad de estadísticas. Cartilla conociendo las localidades de Bogotá. Aspectos geográficos de Bogotá y sus localidades. Bogotá: Alcaldía Mayor; 2009.

9. Colombia, Departamento Nacional de Planeación (DNP). Misión para el Empalme de las Series de

Empleo, Pobreza y Desigualdad (MESEP) entrega series actualizadas al Gobierno Nacional [internet]. 24 de agosto de 2009. [citado 2011 sep. 15]. Disponible en: www.dnp.gov.co.

10. Hernández LJ, Aristizábal G. Contaminación ambiental y enfermedad respiratoria. En: Malagón G, Moncayo A., editores. Salud Pública. Perspectivas. 2da. ed. Bogotá: Médica Panamericana; 2012.

11. Programa Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). Informe de Desarrollo Humano, Bogotá una apuesta por Colombia. Bogotá: PNUD; 2008.

12. Alcaldía Mayor de Bogotá, Fondo de Atención y Prevención de Emergencias (FOPAE). Mapa de Gestión de Riesgo Bogotá [internet]. 2012 [citado 2012 sep. 10]. Disponible en: http://www.fopae.gov.co/portal/page/portal/FOPAE_V2/Mapa%20Gestion%20del%20Riesgo%20Bogota

13. World Health Organization (WHO). Database: outdoor air pollution in cities [internet]. 2011 [citado 2011 sep. 15]. Disponible en: http://www.who.int/phe/health_topics/ outdoorair/databases/en/index.html

14. Alcaldía Mayor de Bogotá, Secretaría Distrital de Ambiente (SDA). Plan decenal de descontaminación del aire para Bogotá [internet]. 2010 [citado 2011 sep. 15]. Disponible en: http://201.245.192.251:81/

15. Alcaldía Mayor de Bogotá, Secretaría Distrital de Ambiente (SDA). Informe de Calidad del Aire, Red de Monitoreo de Calidad del Aire para Bogotá [internet]. 2011 [citado 2011 sep. 15]. Disponible en: http://201.245.192.251:81/

16. World Health Organization (WHO). Ultraviolet radiation and INTERSUN programme [internet]. s. f. [citado 2011 sep. 15]. Disponible en: http://www.who.int/uv/intersunprogramme/activities/uv_index/en/index.html

17. Fischer EM, Schar C. Consistent geographical patterns of changes in high-impact European heatwaves. Nature Geosci. 2010;3:398-403.

18. Baccini M, Biggeri A, Acceta G, et al. Heat effects on mortality in 15 European cities. Epidemiology. 2008;19:711-9.

19. IPCC. Report 2007, Intergubernamental panel for climate change. Ginebra: IPCC; 2007.

20. Gobernación de Cundinamarca, Alcaldía Mayor de Bogotá, IDEAM, et al. Plan Regional Integrado de Cambio Climático para la Región Capital Bogotá Cundinamarca (PRICC) [internet]. Marzo de 2012 [citado 2012 sep. 10]. Disponible en: http://priccregioncapital.org/index.php/el-pricc/8-el-pricc

21. Moreno García M. Climatología urbana. Coleccio textos docents. Barcelona: Edicions Universitat de Barcelona; 1999.

22. Howard L. The climate of London. London; 1818. Reprinted: A. Arch., Cornhill, Longman and Co; 1833.

23. Grimmond S. Urbanization and global environmental change local effects of urban warming. Geopraphical J. 2007:1:83-8.

24. Pabón JD. Análisis preliminar de la isla de calor en la sabana de Bogotá, Cuadernos de Geografía. Rev Colomb Geografía. 1998;7:87-93.

25. Ángel Elejalde L. Tendencias espacio-temporales de la temperatura del aire en relación al proceso de urbanización en Bogotá [internet]. 2008. [citado 2011 sep. 15]. Disponible en: http://oab.ambientebogota.gov.co/resultado_busquedas.php?AA_SL_Session=8cf97c692b&x=5194

26. Alcaldía Mayor de Bogotá, Secretaría Distrital de Salud (SDS). Indicadores Básicos de Salud 2010. Análisis de Situación de Salud de Bogotá, 2011. Bogotá: SDS; 2011.

27. Paynter S, Ware R, Weinstein P, et al. Childhood pneumonia a neglected climate-sensitive disease? Lancet. 2010;376:1804-5. doi:10.1016/S0140-6736(10)62141

28. Hanna A, Yeatts K, Xiu A, et al. Associations between ozone and morbidity using the Spatial Synoptic Classification System. Environmental Health. 2011;10:49.

29. Si-Heon K, Hae-Sim P, Jae-Yeon J. Impact of meteorological variation on hospital visits of patients

with tree pollen allergy. BMC Public Health. 2011;11:890.

30. Basu R. High ambient temperature and mortality: A review of epidemiologic studies from 2001 to 2008. Environ Health. 2009;8. doi:10.1186/1476-069X-8-40.

31. Kovats RS, Hajat S. Heat stress and public health: A critical review. Ann. Rev. Public Health. 2008;29:41-55.

32. Wichman J, Jovanovic Z, Ketzel M, et al. Apparent temperature and cause specific mortality in Copenhagen, Denmark A case crossover analysis. J Int Environ Res Public Health. 2011;8:3712-27. doi:10.3390/ijerph8093712

33. Du W, Fitzgerald G, Clarke M, et al. Health impact of floods. Prehosp Disaster Med. 2010;25:265-72.

34. Kovats S. Climate change, temperature and food-borne disease. Euro Surveill [internet]. 2003;7:2339. Disponible en: http://www.eurosurveillance.org/ViewArticle.aspx?ArticleId= 2339

35. Kaferstein F, Motarjemi Y, Bettcher D. Food-borne disease control a transnational Challenge. Emerg Infect Dis. 1997;3:503-10.

36. República de Colombia. Informe Final INAP, Proyecto Nacional piloto de adaptación, Bogotá: Presidencia de la República; 2011.

37. Gage K, Burkot TR, Eisen RJ, et al. Climate and vectorborne diseases. Am J Prev Med. 2008;35:436-50.

38. Patz J, Campbell D, Holloway T, et al. Impact of regional climate change on human health. Nature. 2005; 438:310-7.

39. St Louis M, Hess JJ. Climate change: Impacts and implications for global health. Am J Prev Med. 2008;35:527-38.

40. Center for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED). Trends in natural disasters [internet]. 2006 [citado 2012 mar. 16]. Disponible en: http://www.grida.no/graphicslib/detail/trends-in-natural-disasters_62b8

41. Mc Michael A, Campbell-Lendrum D, Corvalán C, et al. Climate change and human health. Ginebra: WHO; 2003.

42. World Health Organization (WHO). Malaria early warning systems. Ginebra: WHO; 2001.

43. Alcaldía Mayor de Bogotá, Hospital del Sur, Grupo Cambio Climático. Boletines informativos impactos en salud de los eventos climáticos extremos asociados a variabilidad climática. Bogotá: Hospital del Sur; 2011.

44. Hambling T, Weinstein P, Slaney D. A review of frameworks for developing environmental health indicators for climate change and health. Int J. Environ. Res. Public Health. 2011;8:2854-75..

45. Kjellström T, Corvalán C. Framework for the development of environmental health indicators. World Health Stat. 1995;48:144-54.

46. Briggs D. Environmental health indicators: framework and methodologies. Ginebra: WHO; 1999.

47. Briggs D. A framework for integrated environmental health impact assessment of systemic risks. Environmental Health. 2008;7:61.

48. Naciones Unidas. United Framework Convention on Climate Change, 1992. Disponible en: http://unfccc.int/2860.php

49. Colombia, Departamento Nacional de Planeación (DNP), Consejo Nacional de Política Económica y Social (CONPES). Documento CONPES 3700 de 2011, Bogotá, Julio de 2011.

50. Alcaldía Mayor de Bogotá. Política Distrital de Salud Ambiental para Bogotá 2011-2023. Bogotá: 2011.

51. Organización Panamericana de la Salud (OPS). Lineamientos para evaluar la vulnerabilidad de la salud frente al cambio climático en Colombia [internet]. Marzo de 2012 [citado 2012 sep. 15]. Disponible en: http://new.paho.org/col/index.php?option=com_content&view= article&id=1532:lineamientos-para-evaluar-la-vulnerabilidad-de-la-salud-frente-al-cambio-climatico-en-colombia&catid=681&Itemid=361

52. Toutant S, Gosselin P, Bélanger D, et al. An open source web application for the surveillance and prevention of the impacts on public health of extreme meteorological events the SUPREME system. Int J Health Geographics. 2011;10:39.

53. Bustinza R, Tairou FO, Gosselin P. Proposition d'indicateurs aux fins de vigie et de surveillance des troubles de la santé liés la chaleur, Publication INSPQ [internet]. 2010 [citado 2011 sep. 15]. Disponible en: http://www.inspq.qc.ca/publications/notice.asp?E= p&NumPublication=1079

54. Martel B, Giroux JX, Gosselin P, et al. Indicateurs et seuils météorologiques pour les systèmes de veille-advertissement lors de vagues de chaleur au Québec. Publication INSPQ et INSRS-ETE [internet]. 2010. [citado 2011 sep. 15 Disponible en: http://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/1151_IndicVeilleAvertissementVagueChaleur.pdf

55. Kuhn K, Campbell LD, Haines A, et al. Using climate to predict infectious disease epidemias. Ginebra: WHO; 2005.

56. Semenza J, Menne B. Climate change and infectious disease in Europe. Lancet Infect. Dis. 2009;9:365-75.

57. Colombia, Departamento Nacional de Planeación (DNP), Consejo Nacional de Política Económica y Social (CONPES). Documento CONPES 3550 de 2008, Bogotá, 24 de noviembre de 2008.

58. Environmental Protection Agency. Health effects to overexposure to sun [internet]. s. f. [citado 2012 sep. 15]. Disponible en: http://www.epa.gov/sunwise/uvandhealth.html

59. Manley G. On the frequency of snowfall in metropolitan England. Quart J Royal Meteorolog Soc London. 1958;84:70-2.

60. Wilkinson P, Smith K, Beevers S, et al. Energy, energy efficiency and the built environment. Lancet. 2007;370:1175-87.

61. Campbell D, Corvalán C, Neira M. Global climate change: implications for International public health policy. Bull WHO. 2007;85:235-7.

62. Frumkin H, Hess J, Luber G, et al. Climate change the public health response. Am J Public Health. 2008;98:435-45.

63. Gosselin P, Bélanger D, Lapaige V. The burgeoning field of transdisciplinary adaptation research in Quebec (1998–): a climate change-related public health narrative. J Multidiscipl Healthcare. 2011:4;337-48.

64. Hutton G. The economics of health and climate change: key evidence for decision making. Globaliz Health. 2011;7:18.

65. Ebi K, Mills D, Smith J, et al. Climate change and human health impact in the United States: an update on the results of the U.S National Assessment. Environ Health Perspect. 2006;114:1318-24.

Recibido para evaluación: 21 de agosto de 2014
Aceptado para publicación: 21 de noviembre de 2014

Correspondencia
Rodrigo Sarmiento
Carrera 23 # 118-95
Bogotá, Colombia
sarmientorodrigo@hotmail.com