

Análisis territorial de la distribución de *Aedes aegypti* en dos ciudades de Colombia: aproximación desde la coremática y el enfoque ecosistémico

Territorial analysis of *Aedes aegypti* distribution in two Colombian cities: a chorematic and ecosystem approach

Análise territorial da distribuição do *Aedes aegypti* em duas cidades da Colômbia: aproximação desde a coremática e a abordagem ecossistêmica

Mauricio Fuentes-Vallejo ¹
 Diana Rocío Higuera-Mendieta ¹
 Tatiana García-Betancourt ¹
 Lucas Andrés Alcalá-Espinosa ¹
 Diana García-Sánchez ¹
 David Alejandro Munévar-Cagigas ¹
 Helena Luisa Brochero ²
 Catalina González-Uribe ¹
 Juliana Quintero ¹

Abstract

A territorial analysis of Aedes aegypti density was conducted in two Colombian cities using an ecosystem and chorematic approach. Entomological and behavioral data (by cluster) and information on the urban context were used to analyze the relationship between territorial structures and dynamics and vector density. The results were represented in graphic (chorematic) models. Arauca showed higher vector density than Armenia. Higher density was related to unplanned urbanization, flood-prone areas, low socioeconomic strata, household water tanks, higher temperature, and recall of control measures for adult mosquitos. Zones with low density indices coincided with diverse socioeconomic, ecological, and behavioral conditions. The study found a relationship between territorial structures and dynamics and vector density in both Arauca and Armenia, where the interaction between ecological and social systems shape areas with high and low A. aegypti density.

Aedes; Dengue; Medical Geography; Urban Zones; Social Conditions

Resumen

Se realizó un análisis territorial de la densidad de Aedes aegypti en dos ciudades de Colombia desde un enfoque ecosistémico y la coremática. A partir de información entomológica y comportamental (por conglomerados) e información del contexto urbano, se indagó la relación de estructuras y dinámicas del territorio con la densidad vectorial. Se representaron los resultados con modelos gráficos (coremática). Se identificó mayor densidad vectorial en Arauca que en Armenia. Mayores densidades se relacionaron con urbanización no planeada, zonas de inundación, estratos socioeconómicos bajos, tanques bajos (alberca), mayor temperatura y reporte de acciones hacia los mosquitos adultos. Zonas de densidades bajas coincidieron con diversas condiciones socioeconómicas, ecológicas y comportamentales. Se encontró relación de las estructuras y dinámicas del territorio con la densidad vectorial para Arauca y Armenia, donde la interacción entre sistemas ecológicos y sociales configuran zonas particulares de alta y baja densidad de A. aegypti.

Aedes; Dengue; Geografía Médica; Zonas Urbanas; Condiciones Sociales

¹ Fundación Santa Fe de Bogotá, Bogotá, Colombia.
² Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.

Correspondencia
 M. Fuentes-Vallejo
 Fundación Santa Fe de Bogotá.
 KR 7B 123 90, Bogotá/
 Bogotá DC - 110111,
 Colombia.
 mauricio.fuentes@fsfb.org.co

Introducción

El dengue es una enfermedad tropical emergente y reemergente que en Colombia genera morbilidad y mortalidad a humanos principalmente en zonas urbanas ubicadas por debajo de los 1.800 metros sobre el nivel del mar (msnm) ¹. Para que la enfermedad se genere, se requiere de un agente etiológico (virus dengue), de un vector biológico (*Aedes aegypti* L. Diptera: Culicidae) y de un humano susceptible. Debido a que el mosquito vector presenta hábitos asociados al ambiente doméstico ², un análisis integral del espacio urbano es fundamental para comprender la epidemiología del dengue en zonas endémicas.

Desde la academia, el sector oficial y organismos internacionales han surgido enfoques integrales y holísticos en búsqueda de comprender la complejidad del dengue ^{3,4,5}, reconocer sus múltiples dimensiones y, así, proponer intervenciones acordes con los contextos y que a su vez sean sostenibles. Este tipo de enfoques, como el ecosistémico, suponen la participación de diversas disciplinas dentro de las que se incluye la geografía, la cual es pertinente y necesaria en este tipo de abordajes al estudiar el espacio geográfico.

La apropiación del espacio geográfico resulta en transformaciones profundas de los ecosistemas que se evidencian, especialmente, en el proceso acelerado de urbanización que vive nuestro planeta ⁶. El espacio geográfico es cada vez más artificial y la naturaleza es transformada por el ser humano a ritmos desiguales, según las relaciones entre las sociedades, sus medios técnicos disponibles y el espacio en que se desarrollan. De esta manera, el espacio se entiende como “*un conjunto indisoluble, solidario y también contradictorio, de sistemas de objetos y sistemas de acciones, no considerados aisladamente, sino como el contexto único en que se realiza la historia*” ⁷ (p. 54).

A su vez el territorio, como categoría de análisis para estudiar el espacio geográfico, se define como las relaciones (políticas, de identidad y afectivas) o dinámicas que se establecen entre los sujetos y/o colectivos con el espacio en que habitan, lo que resulta en un ejercicio de apropiación de una porción del espacio que se concibe como un territorio ⁸.

Es este sentido, un mejor entendimiento de los procesos históricos y territoriales que subyacen a la urbanización permite identificar particularidades del contexto, lo que aporta elementos para el control y prevención integral del dengue a escala urbana.

Para representar gráficamente y contar con un mejor entendimiento de las dinámicas territoriales presentes en un espacio geográfico con-

creto, se utilizó la coremática. Esto implica un proceso analítico que parte de entender la relación entre el territorio y un fenómeno de interés (en este caso la densidad del vector *A. aegypti*) como un constructo social, donde se identifican y representan lógicas socio-territoriales que intervienen en el proceso de apropiación ⁹. Si bien un mapa también es una representación del espacio geográfico que “muestra” una realidad, el corema busca comprenderla ¹⁰.

El objetivo de este estudio fue realizar un análisis territorial del dengue, específicamente de la densidad del vector *A. aegypti*, en dos ciudades de Colombia (Arauca y Armenia) desde un enfoque ecosistémico, aplicando el marco conceptual y metodológico de la coremática.

Materiales y métodos

Área de estudio

El estudio se realizó en dos municipios endémicos. Arauca se caracteriza por una transmisión del dengue endemo-epidémica y acumuló 7.992 casos entre 1999 y 2010, ocupando el segundo puesto en la región a la que pertenece (Orinoquía). Armenia concentró 24.008 casos para el mismo periodo, ubicándose en el primer puesto dentro de la región Centro-Occidente, presentando también una transmisión endemo-epidémica del dengue ¹.

La ciudad de Arauca está ubicada al nororiente del país (7°05'05"N/70°45'30"O) a la orilla del Río Arauca, que delimita la frontera con la República Bolivariana de Venezuela. Se caracteriza por un paisaje de llanura con una altitud media de 124msnm y con marcadas épocas de lluvia entre abril y octubre, y de sequía entre noviembre y marzo ¹¹. Este comportamiento se refleja en un sistema hídrico compuesto por un drenaje principal (Río Arauca) con otros drenajes menores y cuerpos de agua que fluctúan presentando inundaciones parciales en época de lluvias. El casco urbano tiene aproximadamente 19,9km², 85.994 habitantes y una densidad poblacional urbana de 4.321 habitantes/km². La principal área de protección ambiental (sistema de cuerpos de agua) de la ciudad divide el casco urbano, encontrando al norte procesos de urbanización más densos y consolidados, comercio formal e informal, oferta institucional y áreas residenciales. Al sur de esta división se encuentra un área de urbanización dispersa con núcleos residenciales aislados con diversos grados de consolidación, encontrándose aquí el aeropuerto, comercio informal y concentración de los suelos de expansión de la ciudad.

Armenia se ubica en la parte central de Colombia (4°32'15"N/75°40'20"W). Se caracteriza por un paisaje de piedemonte con presencia de abanicos originados por la actividad volcánica de la cordillera central de Colombia. Este paisaje ha sido moldeado por drenajes que han generado valles con profundidad de hasta 20 metros y amplitudes entre los 50 y 1.000 metros¹². Se encuentran altitudes de 1.600msnm en el extremo nororiental de la ciudad y de 1.300msnm en el suroccidental. Presenta una variación de las condiciones climáticas entre las épocas de lluvia (abril-mayo, octubre-diciembre) y de sequía (enero-marzo, junio-septiembre)¹¹. El casco urbano de Armenia tiene 31,8km², 293.605 habitantes y una densidad poblacional urbana de 9.233 habitantes/km². En la parte nororiental de la ciudad predominan estratos socioeconómicos altos y actividades comerciales formales. El centro histórico y su área de influencia se caracterizan por la presencia de comercio (formal e informal) e instituciones gubernamentales, al igual que áreas residenciales de estratos socioeconómicos medios a bajos. La parte suroccidental de la ciudad esta fraccionada por drenajes de valles profundos y anchos, se concentran los barrios de expansión urbana y predominan áreas residenciales de estratos socioeconómicos medios a muy bajos.

Fuentes de información

Se consideraron fuentes de información cualitativas y cuantitativas que se catalogaron como primarias y secundarias (Tabla 1).

Las fuentes primarias hacen referencia a la información recogida directamente en campo, en el contexto de un estudio aleatorizado por conglomerados. El tamaño de muestra que utilizó este estudio (20 conglomerado por ciudad) busca la futura evaluación de estrategias de control del vector de dengue, como se ha realizado en América Latina¹³ y Asia¹⁴. Se utilizó la información entomológica y de Conocimientos Actitudes y Practicas (CAP) de los 20 conglomerados definidos por ciudad, los cuales agrupan cerca de 100 viviendas contiguas por conglomerado (Arauca n = 1.926, Armenia n = 1.936). Así mismo, se consideraron como fuentes primarias las entrevistas a diferentes grupos de interés y observaciones de campo. Esta información se recopiló en época de sequía (diciembre 2012 a marzo 2013) en ambas ciudades con la utilización de dispositivos móviles que permitieron la captura de coordenadas geográficas de las viviendas y espacios públicos de cada conglomerado.

Las fuentes secundarias agrupan información epidemiológica disponible en las institucio-

nes de salud pública de cada ciudad, la revisión de bibliografía sobre el contexto social, económico y político de las dos ciudades, al igual que documentos y mapas institucionales sobre planificación territorial.

Análisis

Se caracterizó la densidad del vector para cada conglomerado, utilizando el Índice de Pupas por Persona (IPP), que se define como el número de pupas de *A. aegypti* con respecto al número de habitantes de cada conglomerado, y el Índice de Breteau para Pupas (IBP), entendido como el número de recipientes con pupas de *A. aegypti* en cien predios inspeccionados¹⁵. Estos se clasificaron para cada ciudad en "alto" y "bajo", utilizando la mediana como punto de corte (Tabla 2). Otras variables biológicas, socioeconómicas y de CAP se clasificaron para cada ciudad en "alto" (por encima del percentil 66), "medio" (entre los percentiles 33 y 66) y "bajo" (inferior al percentil 33) (Tabla 1). Para el análisis y desarrollo de cartografía temática de estas variables, se utilizó el *software* ArcGIS 10.0 (ESRI Inc., Redlands, EEUU).

Se utilizó la coremática, desarrollada por Roger Brunet¹⁶, como herramienta conceptual y metodológica que se ha utilizado en múltiples temáticas⁹, incluyendo análisis sobre la configuración del territorio colombiano¹⁷ y de las dinámicas territoriales del dengue en Brasil¹⁸. Es importante señalar que estas representaciones gráficas (o modelos) se caracterizan por realzar las estructuras y procesos territoriales más que la exactitud de la ubicación de los elementos, función que cumple cabalmente la cartografía convencional.

Primero se realizó una abstracción gráfica de los límites del área de estudio (zona urbana de Arauca y Armenia) que, posteriormente, se utilizó para desarrollar coremas individuales sobre diferentes estructuras y dinámicas territoriales por medio de convenciones tales como: medio físico (temperatura, humedad, altitud, hidrología), urbanismo (uso del suelo y funciones urbanas), conocimientos, actitudes y prácticas de las personas frente al dengue y el mosquito, entre otros. La Figura 1 ejemplifica -para el caso de Armenia- cómo se realizó la abstracción gráfica y la utilización de las convenciones mencionadas. Finalmente, estos coremas individuales se contrastaron con la distribución de la densidad de *A. aegypti* de cada conglomerado para llegar a un corema de síntesis, donde se representan las dinámicas territoriales relacionadas a la densidad del vector del dengue en Arauca y Armenia (Figuras 2 y 3).

Tabla 1

Fuentes primarias y secundarias utilizadas en la elaboración de coremas a escala urbana. Arauca y Armenia, Colombia.

Grupo de variables	Variabes	Fuente	
Índices pupales (hogares y espacios públicos)	Índice de Pupas por Persona *	Primaria	
Biológicas (entomológicas y ecológicas)	Índice de Breteau para Pupas *	Primaria	
	Temperatura ambiental promedio		
	Humedad relativa promedio		
	Tipo de agua en recipientes inspeccionados (llave, lluvia o mixta) **		
	Cantidad recipientes inspeccionados más productivos para pupas (albercas) **		
Socioeconómicas y dinámicas urbanas	Altitud sobre el nivel del mar	Secundaria	
	Cuerpos de agua (lagunas, humedales, madre viejas)	Primaria	
	Drenajes naturales y canalizados (cañadas, ríos, canales)		
	Régimen de afiliación a la salud (subsidiado, contributivo, especial) **		
	Estrato socioeconómico (1 al 6) **		
	Permanencia o migración post terremoto de Armenia de 1999 **		
	Centralidades urbanas		Secundaria
	(centro histórico, zonas comerciales, corredores empresariales)		
	Ejes viales principales		
	Uso del suelo (residencial, comercial, renovación urbana o mejoramiento integral, expansión urbana, protección ambiental)		
Movilidad de la población (intraurbana, interurbana e internacional)			
Conocimientos, actitudes y prácticas (CAP)	Conocimientos sobre el dengue y el vector **	Primaria	
	Visita recordatorio del programa de enfermedades transmitidas por vectores en el último año **		
	Percepción sobre la responsabilidad de prevenir el dengue (a cargo del gobierno, sector salud, la comunidad o uno mismo) **		
	Acciones para reducir la incomodidad del mosquito por estadio (inmaduro o adulto) **		
	Práctica de almacenamiento de agua **		
Contexto histórico y urbanístico	Entrevistas semiestructuradas a líderes comunitarios, comunidad y tomadores de decisiones (Arauca y Armenia)	Primaria	
	Observaciones de campo (3 visitas por ciudad)	Secundaria	
	Dinámica del desplazamiento forzado en Arauca		
	Proceso de reconstrucción de Armenia después del terremoto de 1999		
	Plan de desarrollo, Plan de Ordenamiento Territorial y su cartografía anexa (Arauca y Armenia)		

* Variables clasificadas en alto y bajo, utilizando la mediana como punto de corte para el desarrollo de cartografía;

** Variables clasificadas en alto (por arriba del percentil 66), medio (entre los percentiles 33 y 66) y bajo (inferior al percentil 33) para el desarrollo de cartografía.

El estudio contó con el aval del Comité Corporativo de Ética en Investigación de la Fundación Santa Fe de Bogotá, como consta en el Acta 21 del 19 noviembre del 2012, y se realizó el proceso de consentimiento informado en todas las encuestas y entrevistas realizadas.

Resultados

Se encontraron índices entomológicos más altos en Arauca (IPP = 0,99; IBP = 8,15) que en Armenia (IPP = 0,22; IBP = 5,68). Estos índices presenta-

ron un comportamiento diferencial por conglomerado, reportando IPP entre 0,09 y 3,11 para Arauca, y entre 0 y 0,95 para Armenia. En cuanto al IBP se reportaron valores entre 1,15 y 16,00, y de 0 a 14,74 en Arauca y Armenia respectivamente (Tabla 2).

La Tabla 2 muestra para los conglomerados 6 y 10 de Arauca y 15 y 19 de Armenia, IBP altos y a su vez IPP bajos, esto indica riesgo potencial al haber muchos recipientes con presencia de pupas por conglomerado, así la cantidad de pupas no sea tan elevada respecto a la población. Para los conglomerados 4 y 11 de Arauca y 11 de

Tabla 2

Índices entomológicos por conglomerado de Arauca y Armenia, Colombia.

Conglomerado	Arauca			Armenia						
	Viviendas	IBP *	IPP *	Viviendas	IBP *	IPP *				
1	96	11.46	Alto	1.50	Alto	96	0.00	N/A	0.00	N/A
2	94	5.32	Bajo	0.22	Bajo	95	0.00	N/A	0.00	N/A
3	94	11.70	Alto	1.24	Alto	91	3.30	Bajo	0.07	Bajo
4	94	3.19	Bajo	1.23	Alto	94	0.00	N/A	0.00	N/A
5	96	9.38	Alto	1.84	Alto	93	4.30	Bajo	0.14	Bajo
6	96	8.33	Alto	0.39	Bajo	98	9.18	Alto	0.65	Alto
7	97	11.34	Alto	0.83	Alto	98	4.08	Bajo	0.04	Bajo
8	97	3.09	Bajo	0.14	Bajo	99	5.05	Bajo	0.13	Bajo
9	98	12.24	Alto	2.08	Alto	100	0.00	N/A	0.00	N/A
10	97	9.28	Alto	0.78	Bajo	97	4.12	Bajo	0.04	Bajo
11	99	7.07	Bajo	3.11	Alto	100	6.00	Bajo	0.41	Alto
12	100	16.00	Alto	1.30	Alto	99	8.08	Alto	0.67	Alto
13	100	11.00	Alto	2.12	Alto	96	3.13	Bajo	0.03	Bajo
14	93	15.05	Alto	1.13	Alto	99	6.06	Bajo	0.13	Bajo
15	98	6.12	Bajo	0.16	Bajo	99	9.09	Alto	0.13	Bajo
16	87	1.15	Bajo	0.09	Bajo	96	10.42	Alto	0.19	Alto
17	93	5.38	Bajo	0.18	Bajo	93	8.60	Alto	0.28	Alto
18	97	2.06	Bajo	0.10	Bajo	101	10.89	Alto	0.95	Alto
19	100	6.00	Bajo	0.59	Bajo	97	6.19	Alto	0.09	Bajo
20	100	7.00	Bajo	0.55	Bajo	95	14.74	Alto	0.27	Alto
Total	1.926	8.15		0.99		1.936	5.68		0.22	

IBP: Índice de Breteau para Pupas; IPP: Índice de Pupas por Persona.

* Clasificados en alto y bajo, utilizando la mediana como punto de corte para el desarrollo de cartografía.

Armenia se evidenciaron IBP bajos e IPP altos, lo que indica un riesgo focalizado al tener un alto número de pupas en pocos recipientes por conglomerado. Para el resto de los conglomerados coincidieron los IBP e IPP altos y bajos. La ubicación de los conglomerados de cada ciudad se representa en las Figuras 2 y 3.

Densidad del vector en Arauca y su relación con estructuras ecológicas y sociales del territorio

A continuación se presentan diferentes zonas identificadas en Arauca, de acuerdo a la densidad del vector y estructuras ecológicas y sociales del territorio.

• Corredor periférico con índices de densidad del vector *Aedes aegypti* altos

Siguiendo la ronda del río Arauca (Figura 2) se identifica un corredor periférico con 5 conglomerados con índices altos de densidad vectorial,

los cuales comparten características como la predominancia de estratos socioeconómicos muy bajos, su ubicación en zonas de riesgo de inundación, actividad fronteriza informal, barrios de mejoramiento integral, presencia de cuerpos de agua y una temperatura promedio mayor (31,1°C), con respecto al resto de la ciudad (28,7°C). En este corredor también confluyen comportamientos asociados con la productividad del vector, como un alto almacenamiento de agua en las viviendas, donde 4 de los 5 conglomerados reportaron almacenamiento de agua por encima del 82%, además estos conglomerados presentaron los reportes más altos de la ciudad de acciones contra las formas adultas del vector.

En la ciudad, el 86% de las personas consideraron que la responsabilidad de la prevención del dengue es de uno mismo, mientras que en este corredor periférico se presentaron los porcentajes más altos en cuanto a la percepción del gobierno (Alcaldía, Secretaría de Salud) como responsable de la prevención del dengue (entre

Figura 1

Ejemplo del proceso de desarrollo de coremas, basado en la ciudad de Armenia, Colombia.

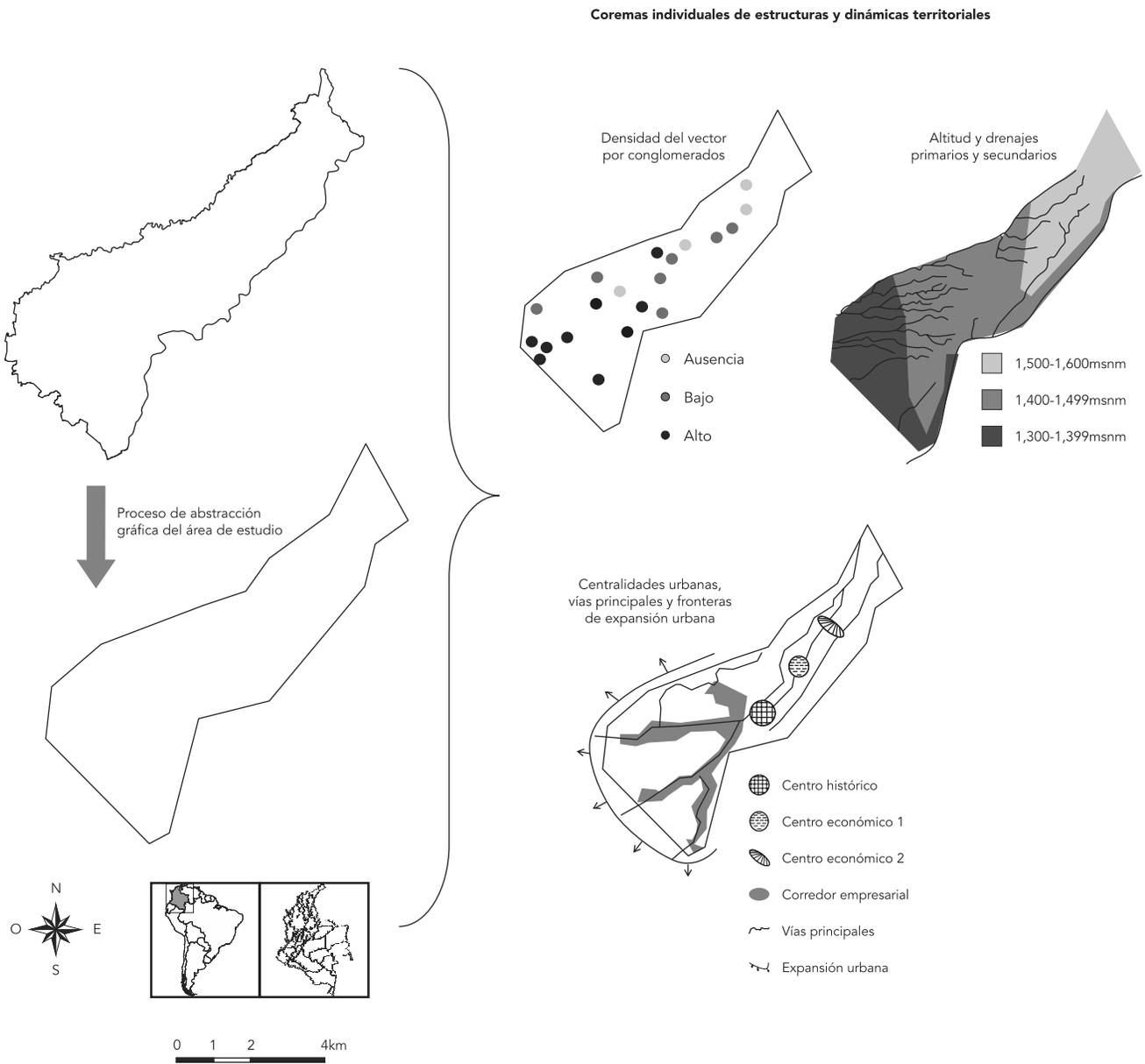
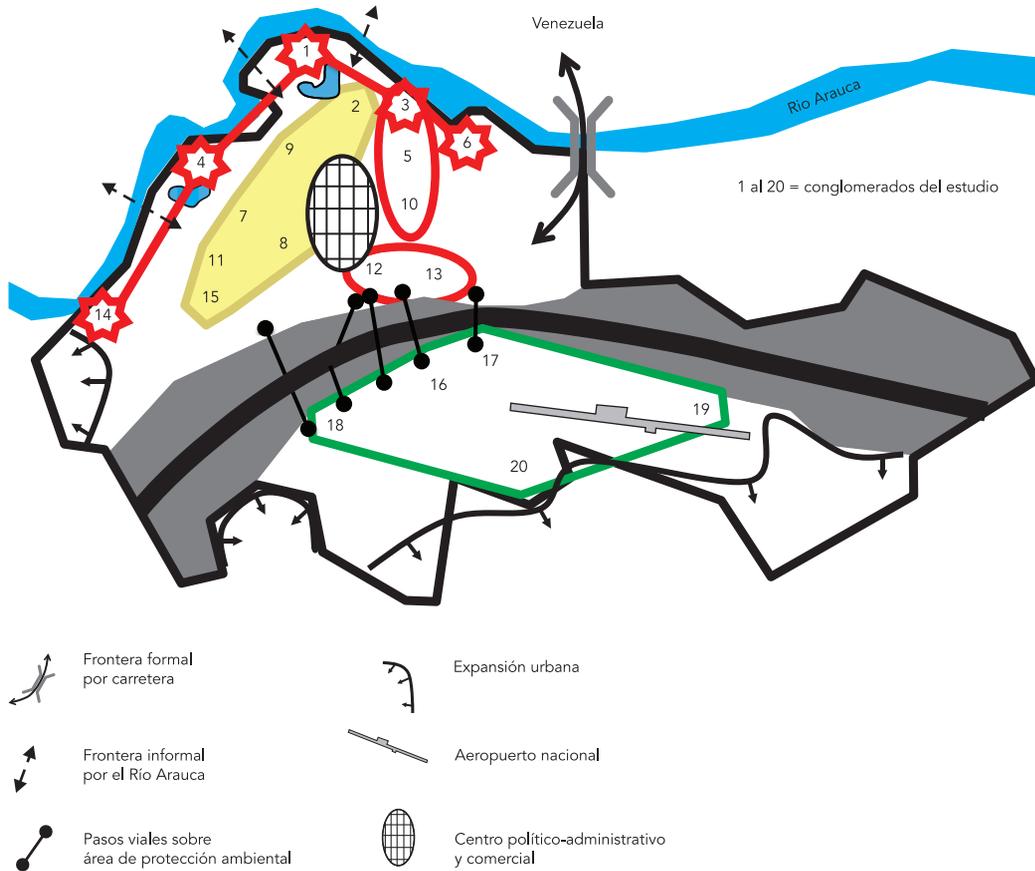


Figura 2

Corema síntesis de dinámicas territoriales del vector del dengue *Aedes aegypti* en Arauca, Colombia.



Corredor periférico con índices de densidad del vector *A. aegypti* altos:

- Predominio de afiliación al régimen de salud subsidiado y estrato socioeconómico muy bajo y bajo
- Temperatura por encima del promedio, cercanía a cuerpos de agua (lagunas, drenajes y el Río Arauca) y riesgo de inundación
- Predominancia de almacenamiento muy alto y alto de agua, acciones frente al vector en estadio adulto y percepción del gobierno como responsable de la prevención del dengue
- Actividad fronteriza informal, barrios de mejora integral y expansión urbana



Zona central con índices de densidad del vector *A. aegypti* altos:

- Alto almacenamiento de agua y media y alta de visitas recordatorio del programa de control de vectores en el último año



Zona de condiciones heterogéneas con índices de densidad del vector *A. aegypti* mixtos (bajos a altos):

- En esta zona se agrupan 6 conglomerados con índices entomológicos mixtos con condiciones sociales y de comportamiento muy diversas



Zona de condiciones heterogéneas con índices de densidad del vector *A. aegypti* bajos:

- Reporte alto al considerar que la responsabilidad frente al dengue es de uno mismo y una media y baja de visitas recordatorio del programa de control de vectores en el último año
- Heterogeneidad de estratos socioeconómicos (muy bajo, bajo y medio-alto), afiliación a la salud y almacenamiento de agua
- Población agrupada en complejos urbanos dispersos y menor presencia del recipiente más productivo (alberca)

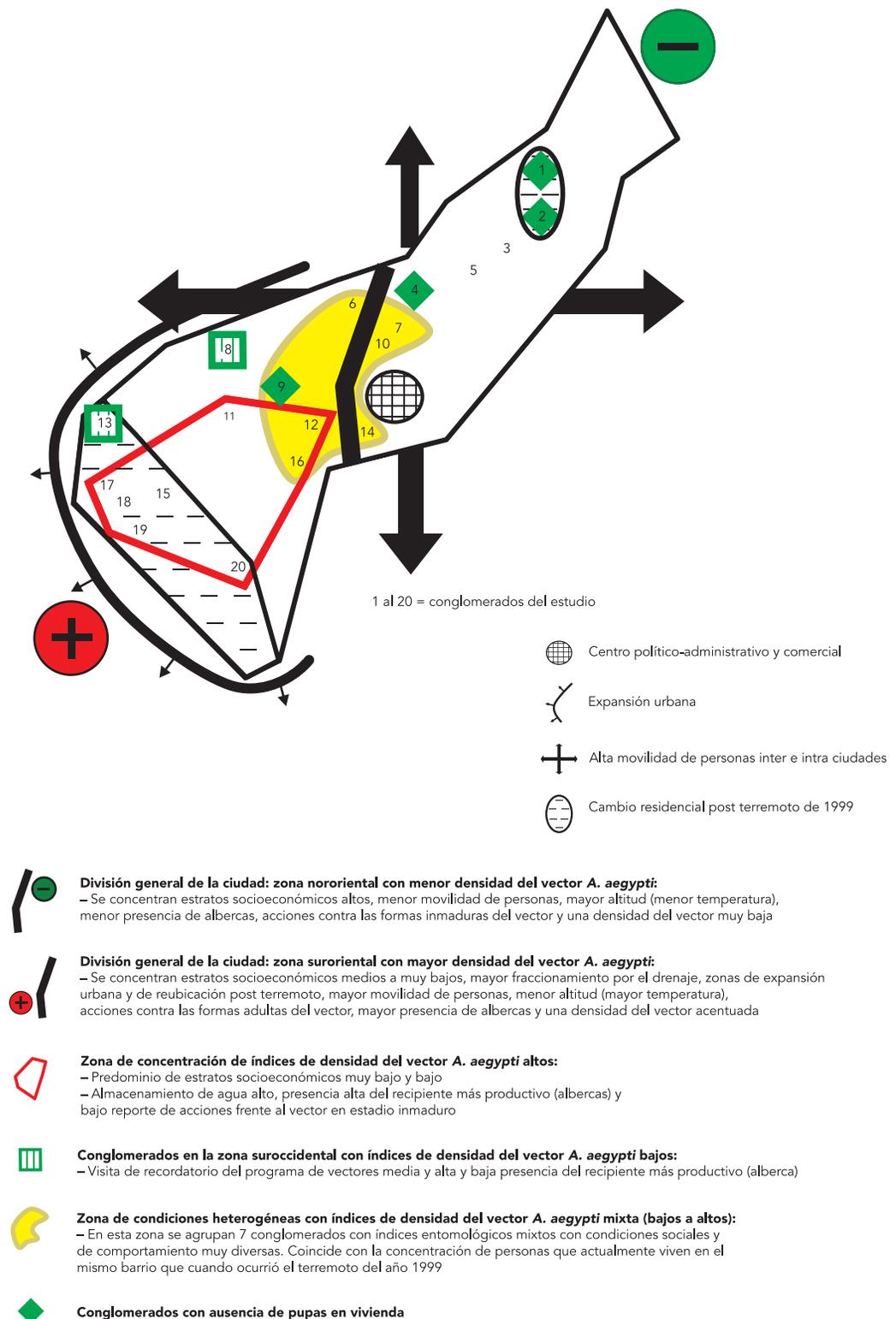


Zona de protección ambiental que actúa como división de características urbanísticas y de movilidad de personas:

- Zona central al norte con urbanización más consolidada, densa y con una alta movilidad de personas (comercio, frontera, actividades laborales)
- Zona sur compuesta de complejos urbanos aislados, dispersos y con menor movilidad de personas

Figura 3

Corema síntesis de dinámicas territoriales del vector del dengue *Aedes aegypti* en Armenia, Colombia.



37% y 47%). También se registró unas visitas de recordatorio bajas y medias (36%; 66%) del programa de control de vectores en el último año.

- **Zona central con índices de densidad del vector *Aedes aegypti* altos**

Otros 6 conglomerados ubicados en la parte central de la ciudad, también reportaron una densidad del vector alta. Se caracterizan por tener estratos socioeconómicos de muy bajo a medio, un almacenamiento alto de agua en las viviendas y a diferencia de los conglomerados del corredor periférico, se reportó unas visitas de recordatorio medias y altas del programa de control de vectores en el último año (entre el 60% y 74%).

- **Zona de condiciones heterogéneas con índices de densidad del vector *Aedes aegypti* mixtos (bajos a altos)**

Se identificó otro grupo de 6 conglomerados que la mitad cuenta con índices entomológicos altos y la otra mitad con índices bajos. Se ubican entre la parte central de la ciudad y la ronda del río (Figura 2). Este grupo tiene en común una diversidad de condiciones sociales y ecológicas, donde no se hace evidente ningún patrón específico.

- **Zona de condiciones heterogéneas con índices de densidad del vector *Aedes aegypti* bajos**

Hacia el sur del área de protección ambiental, donde la población está agrupada en complejos urbanos dispersos, se identificaron 5 conglomerados que presentan índices bajos. En tres de ellos predominaron las viviendas de estrato socioeconómico muy bajo, en otro el estrato bajo y en el último el estrato medio-alto. Siguiendo esta tendencia, se reportó un alto almacenamiento de agua en dos conglomerados, medio en otros dos y bajo en un conglomerado donde predominó el estrato muy bajo. También coexisten en estos conglomerados acciones frente a la incomodidad del vector en estadios inmaduros y adultos.

A pesar de esta diversidad, estos conglomerados reportaron porcentajes por encima de la media (83%) en cuanto a identificar la prevención del dengue como una responsabilidad de uno mismo, y evidenciaron una recordación media y baja de visitas del programa de vectores en el último año. Adicionalmente, hubo menor presencia de albercas en estas viviendas en comparación con las zonas identificadas anteriormente. Se determinó que las albercas son el recipiente más productivo en la ciudad, acumulando el 92% de las pupas encontradas.

Densidad del vector en Armenia y su relación con estructuras ecológicas y sociales del territorio

Al igual que Arauca, en Armenia se identificó una división por zonas, donde se entremezclan factores ecológicos y sociales. En esta ciudad se evidenció un cambio gradual entre los extremos nororiental y suroccidental que se refleja en el comportamiento de los índices entomológicos y en otras variables utilizadas en el estudio (Figura 3).

- **División general de la ciudad: zona nororiental con menor densidad del vector *Aedes aegypti***

Desde el extremo nororiental hasta el centro de la ciudad se identificaron 5 conglomerados con índices bajos y, además, otros 3 donde no se encontraron pupas en las viviendas inspeccionadas. A nivel ecológico es importante resaltar que la temperatura desciende con la altitud que llega hasta los 1.600msnm. En este sentido se registró una temperatura promedio de 21,1°C que es casi cinco grados menor que en la zona suroccidental (25,9°C).

También hay predominio de estratos socioeconómicos altos, menor movilidad de personas y según el Sistema Nacional de Vigilancia en Salud Pública (SIVIGILA), una proporción menor de casos de dengue para el primer semestre de 2013, en comparación con el suroccidente de la ciudad. También se reportaron conglomerados con un número menor de albercas (entre 42% y 71%) y los porcentajes más altos (máximo 24% por conglomerado) en cuanto a las acciones contra las formas inmaduras del vector.

- **División general de la ciudad: zona suroccidental con mayor densidad del vector *Aedes aegypti***

De manera contraria, en la zona suroccidental se identificaron 9 conglomerados que registraron índices pupales altos, en otros 2 se reportaron índices bajos y sólo en 1 no se encontraron pupas en las viviendas inspeccionadas. Desde el centro hacia el suroccidente, se concentran los estratos socioeconómicos medios a muy bajos, hay mayor densidad poblacional, aumenta la temperatura ambiental, llegando hasta los 25,9°C y la hay mayor cantidad de drenajes que fragmentan el área construida.

En este extremo de la ciudad se concentran los barrios de reconstrucción posteriores al terremoto de año 1999 que tuvo un impacto físico y social muy fuerte. En Armenia 21.810 viviendas

fueron perdidas en su totalidad o quedaron inhabitables¹⁹, lo que generó un proceso complejo de reconstrucción^{20,21}. Como resultado, los proyectos de reubicación se concentraron en la periferia suroccidental de la ciudad, pero más importante aún, este reasentamiento significó un cambio profundo del tejido social.

A diferencia de los conglomerados de la zona nororiental, esta zona de la ciudad reportó porcentajes más altos del recipiente más productivo (albercas) con porcentajes entre el 72% y 86%. También algunos conglomerados reportaron acciones frente al mosquito adulto con porcentajes superiores al 85%.

- **Zona de concentración de índices de densidad del vector *Aedes aegypti* altos**

Dentro de la zona suroccidental se identificó un patrón general de 8 conglomerados con mayor densidad de *A. aegypti* (Figura 3) que coincide con estratos socioeconómicos muy bajo, bajo y medio. También se reportó un alto almacenamiento de agua (por encima del 78%) para 6 de los 8 conglomerados. Además, el porcentaje más alto en cuanto a las acciones contra el vector en sus formas inmaduras fue de un 9%, siendo los más bajos para la ciudad.

En la mayoría de los conglomerados de toda la ciudad se reportó que más del 83% del agua en los recipientes inspeccionados provenía del acueducto, sin embargo en 2 conglomerados de este grupo, el porcentaje bajó hasta 65% y 69%, lo que significa que alrededor de un tercio de los recipientes tenían agua lluvia o mezclada con agua del acueducto. Como se mencionó antes, también se reportó una mayor presencia del recipiente más productivo (albercas).

A nivel ecológico es importante resaltar que la presencia de drenajes en esta zona de la ciudad es frecuente y la temperatura ambiental promedio es más alta, como ya se mencionó antes. De los 8 conglomerados que componen esta agrupación, 5 se encuentran hacia las afueras de la ciudad y son parte de las zonas de reconstrucción y reubicación posterior al terremoto del año 1999.

- **Conglomerados en la zona suroccidental con índices de densidad del vector *Aedes aegypti* bajos**

En la Figura 3 se representan dos conglomerados que tienen las mismas condiciones generales que la zona de concentración antes mencionada, con la diferencia que presentaron índices bajos. Los dos conglomerados coinciden en que casi el 60% de las personas encuestadas recordaron ser visitadas por el programa de control de vectores en

el último año. Adicionalmente, el conglomerado 13 (Figura 3), forma parte de los conglomerados que presentaron menor proporción de albercas (por debajo de la media, 69%).

- **Zona de condiciones heterogéneas con índices de densidad del vector *Aedes aegypti* mixta (bajos a altos)**

Si bien se pueden identificar patrones generales en ambos extremos de la ciudad, en la parte central se ubican 7 conglomerados donde se observó una diversidad importante de condiciones sociales y del comportamiento del vector. En esta franja central se concentran los porcentajes más altos de personas que actualmente viven en el mismo barrio que cuando ocurrió el terremoto del año 1999 (entre el 40% y 62% por conglomerado). De los 7 conglomerados mencionados, 3 presentaron una menor densidad del vector, 2 una densidad alta y en otros 2 no se encontraron pupas en las viviendas inspeccionadas. De igual forma, hay coexistencia en esta franja de acciones frente a las formas inmaduras y adultos del vector *A. aegypti* (Figura 3).

Discusión

Se identificó una relación de las estructuras y dinámicas del territorio con la densidad vectorial para Arauca y Armenia, donde la interacción entre sistemas ecológicos y sociales configuran zonas particulares de alta y baja densidad de *A. aegypti*. La densidad del vector en términos generales es más alta en Arauca que en Armenia, sin embargo, se identificaron agrupaciones de conglomerados con un comportamiento del vector alto en las dos ciudades. Éstos a su vez, coinciden en la mayoría de los casos, con condiciones sociales y estructuras ecológicas estrechamente interrelacionadas que facilitan la productividad del vector *A. aegypti*, como son: zonas con procesos de urbanización no planeada (expansión urbana), asentamientos en zonas de riesgo por inundación (en Arauca), presencia de estratos socioeconómicos bajos, alto almacenamiento de agua (no asociado a la falta o fallas del servicio de acueducto), mayor presencia del recipiente más productivo (alberca), mayor temperatura comparativamente con el resto de la ciudad (factor ecológico que influye directamente en la capacidad vectorial de *A. aegypti*²²) y acciones enfocadas más hacia los mosquitos adultos que hacia sus formas inmaduras.

Comparando los dos tipos de zonas donde se concentran índices entomológicos altos en Arauca, una periférica y otra central, supone que hay

sistemas ecológicos (cuerpos de agua, temperatura) y sociales (vulnerabilidad, conocimiento, prácticas) que pueden estar estructurados de maneras diferentes, pero que tienen el mismo resultado en la densidad del vector. Por ejemplo, en la zona central se evidencia mayor presencia institucional con un alto número de visitas del programa de vectores. Esto, sumado a una menor cercanía a cuerpos de agua y el río, puede incidir en una menor incomodidad por mosquitos. En la medida que los conglomerados se alejan de la ronda del río, las acciones frente a la incomodidad de mosquitos en estadio adulto decrecen, lo que puede impactar en la prácticas de prevención que asume la población frente al vector.

En contraste, en el corredor periférico hay condiciones ecológicas estructurales como una temperatura ambiental mayor, cuerpos de agua y zonas de inundación, que pueden favorecer la proliferación de mosquitos (incluyendo el vector *A. aegypti*). Esto puede generar prácticas de prevención contra el vector del dengue, derivadas de la incomodidad que representan los mosquitos, más que por el riesgo de adquirir la enfermedad.

En el caso de Armenia, se evidenciaron situaciones similares que muestran una interrelación entre los sistemas sociales y ecológicos más compleja, al evidenciarse un tropismo (cambio gradual con una orientación)⁹ que impacta el comportamiento del vector. En las zonas más bajas hace más calor y la mayor presencia de drenajes pueden incidir en una mayor producción de mosquitos (sean el vector del dengue o no) que generaría a su vez una mayor molestia a los habitantes. En este sentido, las acciones frente a los mosquitos en estadio adulto no necesariamente están relacionadas a la prevención del dengue y el vector en esta parte de la ciudad.

Es importante resaltar que en ambas ciudades se identificaron índices entomológicos bajos y altos en zonas de características sociales similares. Esto enriquece la discusión en términos de evitar dar demasiado peso a las condiciones de vulnerabilidad social y de infraestructura como determinantes suficientes para entender la densidad del vector en ambientes urbanos. En este sentido, la literatura que explora el dengue en relación con procesos de urbanización y condiciones de vida con instrumentos predominantemente cuantitativos no es concluyente^{23,24}. Así mismo, se han realizado estudios con un componente cualitativo que buscan resaltar las particularidades del contexto para examinar estas relaciones^{25,26}. Específicamente, en cuanto a la presencia o densidad del vector del dengue *A. aegypti*, hay reportes de mayores índices en zonas de urbanización formal, así como en zonas vulnerables o deprimidas²⁷, lo que resalta las com-

plejas interacciones entre los sistemas sociales y ecológicos más allá del grado de urbanización.

Para Colombia se reporta una relación entre la urbanización no planificada, la pobreza y la falta de servicios básicos con la ocurrencia del dengue¹. Sin embargo, en ambas ciudades el almacenamiento de agua no está relacionado con la cobertura del servicio de acueducto, dado que el 96% y 99% de las personas encuestadas en Arauca y Armenia, respectivamente, reportaron acceso a este servicio. En este sentido, el almacenamiento corresponde a una práctica diaria del recurso para usos como la limpieza del hogar (93%) o de la ropa (82%), más que para el consumo humano (9%).

Volviendo al caso de Arauca, en la zona identificada al sur de la ciudad hay presencia de condiciones vulnerables, pero a su vez hay elementos estructurales que parece influir en los índices entomológicos bajos que se reportaron. La menor movilidad de personas desde y hacia esta zona, al igual que la discontinuidad urbana que caracteriza a esta parte de la ciudad (núcleos dispersos), puede influir en la densidad de *A. aegypti* que se reconoce como una especie altamente antropofílica y endofágica²⁸. Otro elemento que merece una mayor exploración es la razón para que exista una menor concentración de albercas en estos conglomerados. Una característica que comparten y que puede dar luces para una mayor exploración es que estos desarrollos urbanos son más recientes que la parte central de la ciudad, por lo que podrían tener elementos comunes en su diseño y construcción que se reflejan en la menor cantidad de albercas.

En ambas ciudades se identificaron grupos de conglomerados sin una tendencia clara en cuanto a la densidad del vector *A. aegypti*, donde se puede estar evidenciando la existencia de zonas de borde, donde hay condiciones ecológicas y sociales diversas que hay que mirar con mayor detalle y con el apoyo de métodos estadísticos. Estas zonas se ubican próximas al centro de las ciudades y se caracterizan por la diversidad de condiciones sociales y ecológicas. Estas son de importancia para futuros estudios, ya que se caracterizan como puntos de encuentro y movimiento de personas que pueden tener un papel fundamental en la transmisión del dengue^{25,29}.

En síntesis se hace énfasis en la importancia de profundizar en zonificaciones a nivel intraurbano que, retomando el concepto de géneros de vida de Max Sorre^{30,31}, ponga en diálogo horizontal (evitando determinismos), las estructuras ecológicas y sociales del territorio, considerando que el espacio geográfico se caracteriza por profundas inequidades y aceleradas transformaciones. Se reconoce que en

esta línea este tipo de acercamientos desde el análisis territorial se deben ampliar con el uso de metodologías estadísticas.

Se recomienda continuar este tipo de estudios que permitan analizar los contextos urbanos colombianos, en relación a la densidad vectorial de una manera integral. A su vez, estos se deben complementar con estudios más específicos, donde por medio de modelos matemáticos se pueda explorar la influencia del paisaje urbano ³², las condiciones heterogéneas a escala intraurbana ³³ y la relación entre las densidades vectoriales y humanas ²⁹ en la distribución del vector *A. aegypti* y la transmisión del dengue en ciudades colombianas.

De igual forma, se identificó un valor agregado en el uso de esta metodología dentro de una iniciativa que incorpora el enfoque ecosistémico en salud. Puntualmente, permite aplicar el pensamiento sistémico con la integración de diversas fuentes de información a diferentes escalas, al tiempo que promueve su análisis desde la transdisciplinariedad con un diálogo fluido entre diversas disciplinas en busca de un objetivo común. La coremática también tiene un potencial que es necesario explorar en cuanto a su uso como herramienta de comunicación entre diversos actores involucrados en los procesos de toma de decisiones, para así aportar a un lenguaje común entre disciplinas y sectores.

Fortalezas y limitaciones del estudio

En el plano metodológico se identificó que por medio de la coremática se logró un aprovechamiento diferente de las fuentes de información comúnmente utilizadas en este campo (encuesta CAP y entomológica). Sin embargo, se puede seguir explorando la utilización de estas fuentes de información para el análisis territorial.

Este diseño de estudio (ensayo aleatorizado por conglomerados) es válido para la comparación del comportamiento del vector entre ciudades e incluso se ha utilizado en estudios multipaís en América Latina ¹³ y Asia ¹⁴. Sin embargo, en términos geográficos existen parámetros de la selección de la muestra que pueden limitar el análisis territorial que aquí se expone. Al centrarse el muestreo en la densidad del vector para la futura evaluación de intervenciones de control y prevención, se plantea el mismo número de conglomerados, asegurando la comparabilidad entre ciudades, así estas tengan tamaños de población diferente. Para Arauca, los conglomerados del estudio cubren en total más terreno (214,4 hectáreas) al ser una ciudad horizontal (la mayoría de las viviendas son de 1 piso) y con predios más grandes que en Armenia, donde el área cubierta

fue de 140,7 hectáreas, respondiendo a que es una ciudad más densa y vertical. También existe una diferencia importante en el tamaño del casco urbano de las dos ciudades, lo que significó que en Arauca los conglomerados cubrieron una porción importante de éste, mientras que en Armenia los conglomerados están mucho más distanciados entre sí y pueden dificultar la apreciación del territorio bajo análisis.

La elección aleatoria de los conglomerados posibilita la inclusión de áreas en toda la ciudad, sin embargo, esto no necesariamente implica que exista una homogeneidad interna en los conglomerados, los cuales pueden situarse en zonas de borde o transición de condiciones sociales y ecológicas. También en esta elección aleatoria se asume el espacio urbano como homogéneo, y no se considera que cada ciudad tenga estructuras sociales y ecológicas que se manifiesten en diferentes proporciones. Es necesario encontrar opciones que complementen las ventajas de los muestreos tradicionales para evaluar la densidad del vector, dando mayor fuerza al análisis territorial que se constituye como punto de encuentro en los ejercicios transdisciplinarios. En este sentido, existen propuestas para el desarrollo de muestreo desde la geografía de la salud ³⁴ que se pueden tener en cuenta para futuros estudios.

Conclusiones

El análisis territorial contribuye a miradas más integrales sobre el vector *A. aegypti*, surgiendo como punto de encuentro para ejercicios de transdisciplinariedad que potencian los estudios desde el enfoque ecosistémico. De esta forma, este tipo de análisis pueden contribuir a la formulación de hipótesis para el desarrollo de metodologías cuantitativas más específicas, manteniendo una coherencia con los contextos donde se aplican.

La coremática se estableció como una herramienta apropiada para investigaciones transdisciplinarias y con enfoque ecosistémico para representar, describir y analizar la dimensión territorial del vector del dengue *A. aegypti*, diferenciando escenarios urbanos que se relacionan con su densidad.

Resumo

Foi realizada uma análise territorial da densidade do *Aedes aegypti* em duas cidades da Colômbia, desde um enfoque ecossistêmico e da coremática. Com base em informação entomológica e comportamental (por conglomerados) e informação do contexto urbano, foi indagada a relação de estruturas dinâmicas do território com a densidade vetorial. Foram apresentados os resultados com modelos gráficos (coremática). Identificou-se maior densidade vetorial em Arauca do que na Armênia. Maiores densidades foram relacionadas à urbanização não planejada, zonas de alagamento, estratos socioeconômicos baixos, tanques baixos (reservatórios), maior temperatura e relatório de ações contra os mosquitos adultos. Zonas de densidades baixas coincidiram com diversas condições socioeconômicas, ecológicas e comportamentais. Foi encontrada uma relação das estruturas e dinâmicas do território com a densidade vetorial para Arauca e Armênia, onde a interação entre sistemas ecológicos e sociais configura zonas particulares de alta e baixa densidades de *A. aegypti*.

Aedes; Dengue; Geografia Médica; Zonas Urbanas; Condições Sociais

Colaboradores

M. Fuentes-Vallejo, D. R. Higuera-Mendieta y J. Quintero contribuyeron con el diseño y desarrollo del estudio, recolección y análisis de la información, escritura y revisión del contenido. T. García-Betancourt, L. A. Alcalá-Espinosa y D. García-Sánchez contribuyeron con el desarrollo del estudio, recolección de información, escritura y revisión del contenido. D. A. Munévar-Cagigas, H. L. Brochero y C. González-Urbe contribuyeron en el desarrollo del estudio, escritura y revisión del contenido.

Agradecimientos

A la Unidad Administrativa Especial de Salud de Arauca (UAESA) y la Secretaría de Salud de Armenia por su colaboración y apoyo. Al personal de campo que colaboró en la recolección de información en las dos ciudades. A Simon Tomasi por el apoyo en el trabajo de campo.

Referencias

1. Padilla JC, Rojas DP, Sáenz-Gómez R. Dengue en Colombia: epidemiología de la reemergencia a la hiperendemia. Bogotá: Guías de Impresión; 2012.
2. Powell JR, Tabachnick WJ. History of domestication and spread of *Aedes aegypti*: a review. Mem Inst Oswaldo Cruz 2013; 108 Suppl:11-7.
3. Charon DF, editor. Ecohealth research in practice: innovative applications of an ecosystem approach to health. Ottawa: Springer/International Development Research Centre; 2012.
4. Organización Panamericana de la Salud. Enfoques ecosistémicos en salud: perspectivas para su adopción en Brasil y los países de América Latina. Brasília: Organización Panamericana de la Salud; 2009.
5. Ministerio de Salud y Protección Social. Estrategia de gestión integrada para la promoción, prevención y control de las enfermedades transmitidas por vectores en Colombia, 2012-2021. Bogotá: Ministerio de Salud y Protección Social; 2013.
6. Alirol E, Getaz L, Stoll B, Chappuis F, Loutan L. Urbanisation and infectious diseases in a globalised world. Lancet Infect Dis 2011; 11:131-41.
7. Santos M. La naturaleza del espacio: técnica y tiempo. Razón y emoción. Barcelona: Ariel; 2000.
8. Montañez G, Carrizosa J, Suárez N, Delgado O, Lucio JA. Espacio y territorios: razón, pasión e imaginarios. Bogotá: UNIBIBLOS; 2001.
9. García J. La coremática y la nueva geografía regional francesa. Eria: Revista Cuatrimestral de Geografía 1998; 45:5-36.
10. Portugal J. Modelos gráficos y coremas: representación de la información territorial en sus componentes estructurales básicos. Lurralde: Investigación y Espacio 1996; 19:235-53.
11. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Atlas de Colombia. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi; 2002.
12. Ingeominas. Proyecto Compilación y Levantamiento de la Información Geomecánica. Características geomorfológicas del departamento del Quindío. Bogotá: Ingeominas; 2005.

13. Quintero J, Brochero H, Manrique-Saide P, Barreira-Pérez M, Basso C, Romero S, et al. Ecological, biological and social dimensions of dengue vector breeding in five urban settings of Latin America: a multi-country study. *BMC Infect Dis* 2014; 14:38.
14. Arunachalam N, Tana S, Espino F, Kittayapong P, Abeyewickreme W, Wai KT, et al. Eco-bio-social determinants of dengue vector breeding: a multicountry study in urban and periurban Asia. *Bull World Health Organ* 2010; 88:173-84.
15. Focks DA. A review of entomological sampling methods and indicators for dengue vectors. Geneva: World Health Organization; 2003.
16. Brunet R. La carte-modèle et les chorèmes. *Mappe-monde* 1986; 4:2-6.
17. Deler JD. Estructuras y dinámicas del espacio Colombiano. *Cuadernos Geográficos* 2001; X:165-80.
18. Catão RC. Dengue no Brasil: abordagem geográfica na escala nacional. São Paulo: Cultura Acadêmica; 2012.
19. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo; Comisión Económica para América Latina y el Caribe. El terremoto de enero de 1999 en Colombia: impacto socioeconómico del desastre en la zona del Eje Cafetero. México DF: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo; Comisión Económica para América Latina y el Caribe; 1999.
20. Londoño PA, Cardozo A, Zuluaga JA. Reasentamiento y borde. Armenia: Universidad Nacional de Colombia/Gerencia Transversal Armenia; 2002. (Enfoques de la Reconstrucción, 3).
21. González JI. El Forec como "modelo" de intervención del Estado. Armenia: Universidad Nacional de Colombia/Gerencia Transversal Armenia; 2003. (Enfoques de la Reconstrucción, 6).
22. Maciel-de-Freitas R. A review on the ecological determinants of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) vectorial capacity. *Oecologia Australis* 2010; 14:726-36.
23. Flauzino RF, Souza-Santos R, Barcellos C, Gracie R, Magalhães MA, Oliveira RM. Spatial heterogeneity of dengue fever in local studies, City of Niterói, Southeastern Brazil. *Rev Saúde Pública* 2009; 43:1035-43.
24. Costa JV, Donalisio MR, Silveira LVA. Spatial distribution of dengue incidence and socio-environmental conditions in Campinas, São Paulo State, Brazil, 2007. *Cad Saúde Pública* 2013; 29:1522-32.
25. Donnat M, Gozalvez-Kreuzer B, Roca Y. La dynamique de la dengue à Santa Cruz de la Sierra (Bolivie) entre paysages à risques et mobilités: appréciation des inégalités et gestion du risque. *Espace Popul Soc* 2011; (1):34-46.
26. San Pedro A, Souza-Santos R, Sabroza PC, Oliveira RM. Condições particulares de produção e reprodução da dengue em nível local: estudo de Itaipu, Região Oceânica de Niterói, Rio de Janeiro, Brasil. *Cad Saúde Pública* 2009; 25:1937-46.
27. Maciel-de-Freitas R, Marques W, Peres RC, Cunha SP, Oliveira RL. Variation in *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) container productivity in a slum and a suburban district of Rio de Janeiro during dry and wet seasons. *Mem Inst Oswaldo Cruz* 2007; 102:489-96.
28. Marquetti MC. Aspectos bioecológicos de importancia para el control de *Aedes aegypti* y otros culicidos en el ecosistema urbano. Ciudad de La Habana: Instituto de Medicina Tropical Pedro Kourí; 2006.
29. Padmanabha H, Durham D, Correa F, Diuk-Wasser M, Galvani A. The interactive roles of *Aedes aegypti* super-production and human density in dengue transmission. *PLoS Negl Trop Dis* 2012; 6:e1799.
30. Ferreira MU. Epidemiologia e geografia: o complexo patogênico de Max Sorre. *Cad Saúde Pública* 1991; 7:301-9.
31. Czeresnia D, Ribeiro AM. O conceito de espaço em epidemiologia: uma interpretação histórica e epistemológica. *Cad Saúde Pública* 2000; 16:595-617.
32. Hemme RR, Thomas CL, Chadee DD, Severson DW. Influence of urban landscapes on population dynamics in a short-distance migrant mosquito: evidence for the dengue vector *Aedes aegypti*. *PLoS Negl Trop Dis* 2010; 4:e634.
33. Favier C, Schmit D, Müller-Graf CDM, Cazelles B, Degallier N, Mondet B, et al. Influence of spatial heterogeneity on an emerging infectious disease: the case of dengue epidemics. *Proc Biol Sci* 2005; 272:1171-7.
34. Vallée J, Souris M, Fournet F, Bochaton A, Mobilion V, Peyronnie K, et al. Sampling in health geography: reconciling geographical objectives and probabilistic methods. An example of a health survey in Vientiane (Lao PDR). *Emerg Themes Epidemiol* 2007; 4:6.

Recibido el 08/Abr/2014

Versión final presentada el 01/Sep/2014

Aprobado el 15/Sep/2014