

Índice de vulnerabilidad al cambio climático para dos barrios de Cartagena de Indias

Climate Change Vulnerability Index for Two Neighborhoods of Cartagena de Indias

Eliana Lobera-Peña^a, Jesús Olivero-Verbel^{a, b}

RESUMEN

El cambio climático está generando efectos cada vez mayores y en los barrios de Cartagena de Indias esta situación se refleja en el alto grado de vulnerabilidad relacionado a múltiples características de sus habitantes. El objetivo de esta investigación fue estimar el índice de vulnerabilidad asociado a los impactos por cambio climático en los barrios El Pozón y Las Gaviotas. La metodología para estimar la vulnerabilidad incluyó la aplicación de encuestas en los hogares con el fin de caracterizar los factores de riesgo, utilizando los resultados para calcular los índices a través del método de vulnerabilidad de medios de vida (IMV) y el modelo propuesto por el IPCC (IMV-IPCC). El IVM está compuesto por 7 componentes: perfil sociodemográfico, las estrategias de sustento o supervivencia, redes sociales, salud, alimentación, acceso al recurso hídrico, información sobre desastres y variabilidad climática. El IMV-IPCC relaciona los siete componentes con los conceptos de exposición, capacidad de adaptación y sensibilidad. Los resultados del IVM indican que ambos barrios son vulnerables. El índice propuesto por el IPCC sugiere que ambos barrios se ubican en la escala de vulnerabilidad baja. En conclusión, las características socioeconómicas como falta de ingresos económicos adicionales, de oportunidades laborales y la poca comprensión de los conceptos asociados al cambio climático de los habitantes, influyen en los factores de riesgos asociados a los impactos de cambio climático.

PALABRAS CLAVES: Cambio climático; vulnerabilidad; hogares; encuestas; efectos.

ABSTRACT

Climate change is generating ever greater effects and in the neighborhoods of Cartagena de Indias this situation is reflected in the high degree of vulnerability related to multiple characteristics of its inhabitants. The objective of this research was to estimate the vulnerability index associated with the impacts of climate change in the El Pozón and Las Gaviotas neighborhoods. The methodology to estimate vulnerability included the application of household surveys in order to characterize the risk factors, using the results to calculate the indices through the method of livelihood vulnerability (VMI) and the model proposed by the IPCC (IMV-IPCC). The IVM is made up of 7 components: sociodemographic profile, livelihood or survival strategies, social networks, health, food, access to water resources, information on disasters and climate variability. The IMV-IPCC relates the seven components to the concepts of exposure, adaptability and sensitivity. The results of the IVM indicate that both neighborhoods are vulnerable. The index proposed by the IPCC suggests that both neighborhoods are on the low vulnerability scale. In conclusion, socioeconomic characteristics such as lack of additional economic income, job opportunities, and poor understanding of the concepts associated with climate change among the inhabitants, influence the risk factors associated with the impacts of climate change.

KEYWORDS: Climate change; vulnerability; homes; surveys; effects.

a Universidad de Cartagena, Facultad de Ciencias Farmacéuticas, Grupo de investigación Química ambiental y Computacional. Cartagena de Indias, Colombia. ORCID Lobera-Peña, E.: 0000-0003-3701-9867; ORCID Olivero-Verbel, J.: 0000-0003-3089-5872

b Autor de correspondencia. joliverov@unicartagena.edu.co

Introducción

A nivel mundial, el cambio climático se asocia con el aumento de la temperatura, cambios en los patrones de precipitaciones y el aumento del nivel del mar (Henríquez, 2016; IPCC, 2014). Colombia es un país vulnerable ante estos impactos y las ciudades con altos índices de pobreza son más susceptibles a eventos climáticos (PNUD Colombia, 2016; Castilla et al., 2017). En este contexto, Cartagena de Indias se enfrenta a un conjunto de riesgos que están estrechamente relacionados con las condiciones socioeconómicas de sus pobladores como las deficiencias en la infraestructura y saneamiento básico. En la ciudad se han realizado estudios para la identificación de riesgos ambientales a cambio climático, pero se encuentra muy poca información sobre cómo las características demográficas y socioeconómicas de sus habitantes influyen en la vulnerabilidad al cambio climático (INVEMAR et al., 2014). Además, el gobierno local no ha dispuesto de los recursos suficientes para la ejecución de los proyectos de adaptación formulados y no se evidencia la conformación de equipos técnicos para materializar las obras (Barreto, 2019).

El barrio El Pozón, denominado así por el hecho de estar ubicado en zona de alto riesgo a inundación, ya que, está bordeado por la Ciénega de La Virgen. Adicionalmente, es un barrio de estrato 1 y 2 debido a las características socioeconómicas de sus residentes que disminuyen su capacidad de adaptación y respuesta frente a un evento climático. Actualmente se considera una de las zonas más expuestas a los impactos del cambio climático por su alta población localizada en áreas inundables, con datos proyectados de 2019 con 117.624 personas se espera 196.968 para 2040, lo cual corresponde a 2.500 hogares expuesto a este impacto (INVEMAR et al., 2014). Así mismo, gran parte de la población asentada ha sido desplazada por el conflicto armado (Serageldin et al., 2015), se caracterizan por los altos niveles de pobreza y necesidades básicas insatisfechas (Mercado, 2018). En el 2011, por las fuertes lluvias, la comunidad pozonera fue la más afectada, debido al gran volumen de agua que se desbordó de los arroyos más cercanos (El Universal, 2011). En la actualidad, el barrio posee problemáticas de carácter social, político y económico, por la distribución

desigual e inequidad contribuyendo a que el índice de pobreza sea superior al 50% en los últimos cinco años (Amézquita, 2018).

Por otro lado, está Las Gaviotas un barrio de estrato 3 que se caracteriza por tener un buen desarrollo urbanístico, social y económico (Ashook y Gómez, 2004). Sin embargo, algunos moradores de este sector manifiestan que han presentado inundaciones en algunos hogares ubicados cerca al canal alimentado por el Arroyo Ricaurte (Montes R., comunicación personal, 2019). Además, la superficie verde de Las Gaviotas es baja, es decir, es menor a 10 m² por habitante (EPA, 2014).

Actualmente, existe un conjunto amplio de metodologías que permitan determinar el grado de vulnerabilidad al cambio climático. Los índices de vulnerabilidad ayudan a la identificación y priorización de regiones o grupos de población vulnerables formando parte de una estrategia de monitoreo, la cual contribuye a generar conciencia. El desarrollo de este involucra un conjunto de etapas secuenciales que incluyen: la selección de indicadores, la normalización de los indicadores a una escala común y la integración a un valor final (Nguyen et al., 2016).

Considerando que estos índices se construyen a partir de la información recopilada de las áreas en estudio proporcionan importancia científica a la presente investigación. Hoy en día, se conocen casos de implementación de esta metodología en ciudades como Temerloh y Pekan, ubicadas en Malasia, que se caracterizan por que la mayoría de sus residentes tienen ingresos mensuales por debajo de la línea de pobreza y están ubicados en zonas de alto riesgo de inundación, y cada año afectan las actividades económicas de la región (Majid et al., 2019). Las circunstancias de estas ciudades son muy parecidas a las de El Pozón, que es conocido a nivel local como un barrio con las peores condiciones de vida (Cartagena Cómo Vamos, 2018).

Otro caso son los hogares de los municipios de Wenchi y Techiman en la región de Brong-Ahafo de Ghana, conocida por sus actividades agrícolas y agroindustriales. Las encuestas aplicadas se diseñaron a partir de las prácticas de los residentes que en su mayoría son agricultores (Adu et al., 2017). Esta experiencia demuestra que la metodología se adapta a cualquier área geográfica y características

socioeconómicas de los pobladores, que posean algún riesgo que incremente su vulnerabilidad frente a los impactos del cambio climático.

Índice de vulnerabilidad de medios de vida y modelo propuesto por el IPCC

El índice de vulnerabilidad de medios de vida (IVM) se aplica para determinar la vulnerabilidad mediante la obtención de información de los hogares; los cuales pueden pronosticar los impactos a escalas menores, es decir, a nivel comunitario (Shah et al., 2013). El índice agrupa siete componentes principales: perfil sociodemográfico, estrategias de medios de vida, redes sociales, salud, alimentación, agua, desastres y variabilidad climática.

Adicionalmente, existe una metodología alternativa propuesta por el IPCC que permite calcular el índice en función de la exposición, la capacidad de adaptación y la sensibilidad (Hahn et al., 2009). Cada factor agrupa los componentes principales y factores contribuyentes, como se observa en la Figura 1.

Cada componente agrupa subcomponentes como, por ejemplo: en el perfil sociodemográfico está determinada por la tasa de dependencia, mujeres miembros de hogares y educación de la cabeza del hogar. Las agrupaciones de los subcomponentes y componentes principales son presentadas en la Tabla 1.

El cambio climático está alterando todos los sistemas biológicos y su vulnerabilidad, depende de la exposición de la población, la sensibilidad a las

alteraciones en los componentes abióticos y abióticos; y su capacidad para responder a esos cambios (Nadeau et al., 2017). Para evaluar la vulnerabilidad del bienestar humano frente a los impactos de cambio climático es un desafío complejo, porque sus niveles varían según las regiones geográficas, escenarios políticos, socioeconómicos y climáticos (Dunford et al., 2015).

Los indicadores deben tener en cuenta las dimensiones teóricas de la vulnerabilidad que integren los factores físicos y sociales asociados con la exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación. Seguidamente, en la normalización de los datos a una escala unitaria común y su sumatoria permiten superar los inconvenientes generados al momento de combinar los indicadores, compuesto por 4 activos: capital social, humano, financiero y natural (Nguyen et al. 2016; Vincent y Cull, 2010).

Materiales

Área de estudio

La investigación se realizó en los hogares de los barrios El Pozón y Las Gaviotas de Cartagena como se evidencia en la Figura 2. El tipo de diseño de este estudio es descriptivo de carácter observacional y las encuestas es la técnica de muestreo. Primero, se realizó un reconocimiento de los barrios y seguidamente se contabilizaron las manzanas; las cuales fueron codificadas y seleccionadas aleatoriamente en Microsoft Excel.

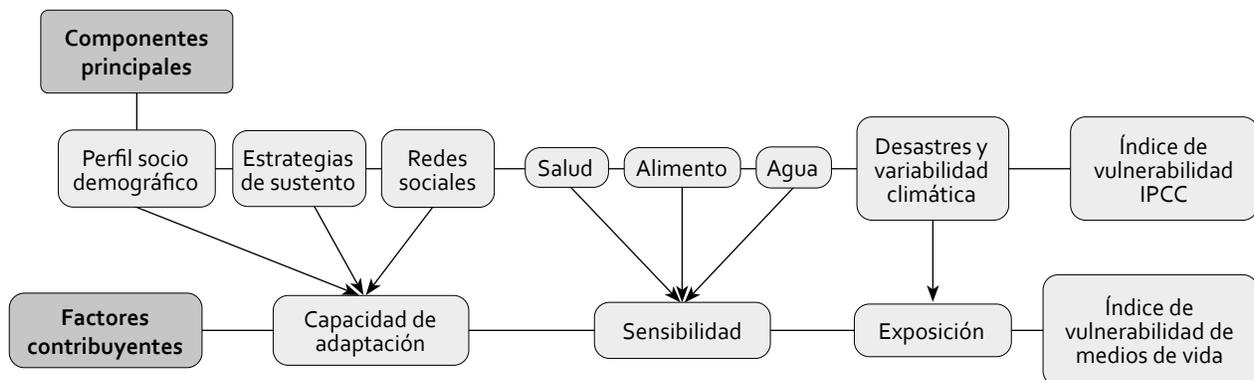


Figura 1. Componentes principales y factores contribuyentes del IVM y el modelo propuesto por IPCC. Fuente: elaboración propia (2020)

Tabla 1. Resumen general de los subcomponentes y componentes principales del índice de vulnerabilidad de medios de vida (IVM)

Componentes	Subcomponentes	Descripción	Referencia
Perfil socio-demográfico (SD)	Tasa de dependencia	Proporción de la población menor de 10 años y mayor de 60 años	(Hahn et al., 2009; Adu et al., 2017)
	Mujeres miembros de los hogares	Miembros femeninos del total de miembros en el hogar	
	Educación de la cabeza del hogar	Hogares donde el jefe del hogar informa que tienen años de educación formal	
Estrategias de subsistencia (ES)	Hogares con miembros de la familia que trabajan en una comunidad	Hogares que informan que al menos un miembro de la familia trabaja fuera de la comunidad para su actividad laboral principal	(Hahn et al., 2009; Adu et al., 2017)
	Hogares que no han acudido a su gobierno local para recibir asistencia en los últimos 12 meses	Hogares que informaron que no solicitaron asistencia a su gobierno local en los últimos 12 meses	
Redes sociales (RS)	Recepción de ayudas	Hogares que han recibido ayuda en el último mes	(Panthi et al., 2016)
	Préstamo promedio	Hogares que han realizado un préstamo de dinero en el mes pasado	
	Acceso a medios de comunicación (Tv, radio, teléfono móvil)	Hogares que recibieron advertencias a través de medios de comunicación sobre lluvias intensas, inundaciones o sequías	
Salud (S)	Porcentaje de hogares con familiares con enfermedad crónica	Hogares que informan al menos un miembro de la familia con enfermedad crónica	(Hahn et al., 2009; Adu et al., 2017)
	Porcentaje de hogares con un familiar que perdió trabajo en las últimas dos semanas debido a una enfermedad	Hogares que informan que al menos un miembro de la familia tuvo que faltar a la escuela o trabajo debido a una enfermedad en las últimas dos semanas	
	Hogares expuestos a vectores	Hogares que informan los meses de exposición a vectores (mosquitos)	
Alimento (A)	Seguridad alimentaria	Hogares con experiencia de hambre debido a la falta de recursos en los últimos cuatro semanas	(Hahn et al., 2009; Adu et al., 2017)
	Hogares dependientes de la huerta familiar para la alimentación	Hogares que obtienen sus alimentos principalmente de sus huertas personales	
Agua (W)	Hogares que utilizan una fuente de agua natural	Hogares que reportan el acueducto como principal fuente de agua	(Hahn et al., 2009; Adu et al., 2017)
	Hogares que no tienen un suministro constante de agua	Hogares que informan que el agua no está disponible en su fuente de agua primaria todos los días	
	Hogares que informan sobre conflictos relacionados con el agua	Hogares que informan haber escuchado sobre conflictos por el agua en su comunidad	
Desastres naturales y variabilidad climática (DNVC)	Eventos de inundación, sequía y ciclón en los últimos seis años	Hogares que informan inundaciones, sequías y ciclones en los últimos seis años	(Hahn et al., 2009; Adu et al., 2017)
	Hogares con una lesión o muerte como resultado del desastre natural más grave en los últimos seis años	Hogares que informaron sobre una lesión o la muerte de uno de sus familiares como resultado de la inundación, sequía o ciclón más grave en los últimos seis años	
	Desviación estándar promedio de la temperatura máxima promedio diaria por mes	Desviación estándar promedio de la temperatura máxima diaria promedio por mes en los últimos seis años	
	Desviación estándar promedio de la temperatura mínima promedio diaria por mes	Desviación estándar promedio de la temperatura mínima diaria promedio por mes en los últimos seis años	
	Desviación estándar promedio de la precipitación acumulada promedio por mes	Desviación estándar promedio de la precipitación acumulada promedio por mes en los últimos seis años	

Fuente: elaboración propia (2020)



Figura 2. Imagen panorámica de los barrios en Cartagena de Indias. Fuente: elaboración propia (2020)

Para determinar la muestra en ambos barrios se utilizó la fórmula para población finita (Hidalgo-Toya et al., 2017). Pero, en el caso de El Pozón se distribuyó el territorio en tres zonas de igual área (zona norte, centro y sur) en cada una se determinó una submuestra mediante el método de afijación proporcional (Pérez, 2005). De acuerdo con las muestras obtenidas, la aplicación del instrumento se efectuó en tres hogares de las manzanas seleccionadas aleatoriamente. Para la ubicación de los hogares encuestados se ubicó en la parte noroccidental de la manzana y se empezó el conteo a partir del lado

derecho; tomando como referencia la calle o avenida principal más cercana. Seguidamente, las muestras y encuestas aplicadas se observan en la Tabla 2.

Cálculo del índice de vulnerabilidad (IVM)

Los componentes principales agrupan una serie de subcomponentes que en total son 21 y se evidencian en la Tabla 2. La información relacionada a los subcomponentes se recolectó por medio de la aplicación encuesta. Así mismo, se evidencian los rangos mínimos y máximos de cada subcomponente. Por otro lado, la desviación estándar promedio de la

Tabla 2. Encuestas aplicadas en El Pozón y Las Gaviotas

Las Gaviotas			El Pozón			
Total manzanas	Muestra	Encuestas aplicadas	Zonas	Total manzanas	Muestra por zonas	Encuestas aplicadas
87	46	138	Zona Norte	133	23	69
			Zona Centro	185	33	98
			Zona Sur	131	23	69
			Total	449	79	236

Fuente: elaboración propia (2020)

temperatura máxima y mínima promedio diaria por mes; así como la precipitación promedio mensual se obtuvieron a partir de la información suministrada por el Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas de Cartagena de Indias. De acuerdo, a los valores mínimos y máximos obtenidos se procede a la estandarización de los índices de desarrollo humano (Idh) utilizando la Ecuación (1) (PNUD Colombia, 2016):

$$Idh_{S_i} = \frac{S_i - S_{min}}{S_{max} - S_{min}} \quad (1)$$

Siendo S_i el subcomponente, S_{max} y S_{min} son los valores mínimo y máximo de cada subcomponente determinado. Estos valores se usaron para transformar este indicador para integrarlo al componente principal (Hahn et al., 2009). Seguidamente, los subcomponentes se promediaron usando la Ecuación (2) para calcular el valor de cada componente principal:

$$Cp_i = \frac{\sum_{i=1}^n Idh_{S_i}}{n} \quad (2)$$

Donde Cp_i es uno de los siete componentes principales [perfil sociodemográfico (SD), estrategias de sustento (ES), redes sociales (RS), salud (S), alimentos (A), agua (W), y finalmente, los desastres naturales y la variabilidad climática (DNVC)], Idh_{S_i} , representa los subcomponentes y n es el número de subcomponentes. Por último, los valores de cada uno de componentes principales se promediaron para obtener el índice IMV y se estimó con la Ecuación (3) (Adu et al., 2017).

$$IMV = \frac{w_{SD} + w_{ES} + w_{RS} + w_S + w_A + w_W + w_{DNVC}}{n} \quad (3)$$

Los pesos de cada componente principales (w_{SD} , w_{ES} , w_{RS} , w_S , w_A , w_W , w_{DNVC}), están determinados por la cantidad de subcomponentes y se incluyeron para garantizar que contribuirán por igual al IMV general, el cual se escala de 0 (menos vulnerable) a 0,5 (más vulnerable) (Adu et al., 2017).

Índice de vulnerabilidad – IPCC

Seguidamente, se calculó el índice según el método propuesto por el IPCC donde se incluyeron los conceptos de exposición, capacidad de adaptación y sensibilidad. Se determinaron tres promedios

ponderados de los componentes principales según tres factores mediante la Ecuación (4):

$$FCb = \frac{\sum_{i=1}^n W_{mi} \times M_{bi}}{\sum_{i=1}^n W_{mi}} \quad (4)$$

En donde FCb es el factor contribuyente, M_{bi} son los resultados de cada componente calculado en el IVM; W_{mi} es la cantidad de subcomponentes que se utilizaron en cada factor (Adu et al., 2017). De acuerdo con lo anterior, cada factor agrupa los componentes principales como se evidencia en la Figura 1. Finalmente, con los valores de los factores se procedió a calcular el índice (Ecuación 5). En este caso, los valores obtenidos entre -1,0 y -0,4 se ubican en la escala de vulnerabilidad baja, -0,39 y 0,3 vulnerabilidad media y 0,31 y 1,0 vulnerabilidad alta (Suryanto y Rahman, 2019).

$$IVM - IPCC = (Exposición - Capacidad de adaptación) \times Sensibilidad \quad (5)$$

Para este estudio, la información contenida en las encuestas corresponde primariamente a datos de frecuencia para cada variable medida en los dos barrios. La ejecución de las operaciones y estimación de la vulnerabilidad se empleó Microsoft Office Excel (Ver anexo 1). Posteriormente, la relación entre el comportamiento de las variables categóricas y los barrios en consideración, fue evaluada mediante Chi-cuadrado con un nivel de significancia establecido $p < 0,05$. Los análisis fueron llevados a cabo empleando el software estadístico Statgraphics (Cerdeña y Villarreal, 2007).

Resultados

IVM: El Pozón y Las Gaviotas

En general, El Pozón tuvo un IVM más alto que Las Gaviotas (0,36 vs. 0,30) como se presenta en la Tabla 3. Los índices de vulnerabilidad (LVI) obtenidos para El Pozón es de 0,36 y para Las Gaviotas es de 0,30. Estos resultados indican que ambos barrios son vulnerables al cambio climático, aunque los componentes principales de este índice muestran valores diferentes. Seguidamente, en el diagrama de araña se representan los componentes principales

(Figura 2). En el perfil social y demográfico El Pozón mostró mayor vulnerabilidad que Las Gaviotas (0,46 vs. 0,16). Las estrategias de sustento están determinadas en gran medida por los ingresos económicos recibidos, las cuales aumentan y fortalecen la capacidad de adaptación de los hogares. Para el caso de Las Gaviotas (0,82), el índice mostró mayor vulnerabilidad que El Pozón (0,67). En el componente principal de redes sociales calculado para Las Gaviotas es de 0,25 para y 0,18 para El Pozón. En los indicadores relacionados a la salud, Las Gaviotas obtuvo mayor vulnerabilidad (0,37) que El Pozón (0,11). La alimentación determina a los barrios a una vulnerabilidad baja, cabe resaltar que El Pozón obtuvo mayor puntaje (0,13) que Las Gaviotas (0,05). Por otro lado, en el componente principal de agua obtenido para los barrios demostró que ambos

son vulnerables, siendo El Pozón el que obtuvo un mayor índice (0,54 vs. 0,48). El índice de desastres y variabilidad climática se determinó a partir de la evaluación de los subíndices basado en datos meteorológicos de la ciudad de Cartagena de los últimos seis años. Por lo tanto, se demostró que El Pozón (0,26) es más vulnerable que Las Gaviotas (0,16).

En general, El Pozón tuvo un índice más alto que Las Gaviotas (0,36 vs. 0,30) como se presenta en la Tabla 3. Seguidamente, en el diagrama de araña se representan los componentes principales (Figura 3). En los componentes como agua y estrategias de sustento presentan los valores más altos, es decir que ambos barrios son vulnerables. De la misma manera, en el perfil social y demográfico se presentó una diferencia en El Pozón donde se obtuvo mayor puntaje que Las Gaviotas (0,46 vs. 0,12).

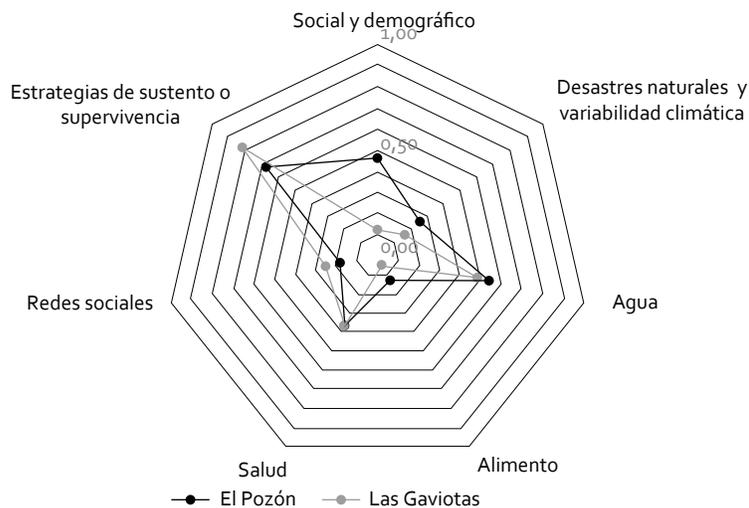


Figura 3. Triángulo de vulnerabilidad – IPCC. Fuente: elaboración propia (2020)

Tabla 3. Resultados obtenidos en los subcomponentes, componentes e índices de vulnerabilidad en El Pozón y Las Gaviotas

Subcomponente	El Pozón	Las Gaviotas	Componentes principales	El Pozón	Las Gaviotas
Tasa de dependencia	0,24	0,36	Perfil sociodemográfico	0,46	0,12
Mujeres miembros de los hogares	0,21	0,21			
Hogares que informaron sobre el nivel de educación de la cabeza del hogar	0,94	1,00			
Hogares que informan que al menos 1 miembro de la familia trabaja fuera de la comunidad para su actividad laboral principal	0,58	0,65	Estrategias de sustento	0,67	0,82
Hogares que no han acudido a su gobierno local para recibir asistencia en los últimos 12 meses	0,76	0,99			

Continúa

Subcomponente	El Pozón	Las Gaviotas	Componentes principales	El Pozón	Las Gaviotas
Hogares que han recibido ayuda en el último mes	0,08	0,02	Redes sociales	0,18	0,25
Préstamo promedio	0,11	0,07			
Acceso a medios de comunicación (televisión, radio, teléfono celular)	0,34	0,66			
Hogares con familiares con enfermedades crónicas	0,11	0,13	Salud	0,11	0,37
Hogares donde un miembro de la familia tuvo que faltar al trabajo o a la escuela en las últimas 2 semanas debido a una enfermedad	0,11	0,007			
Exposición a vectores (mosquitos)	0,82	0,99			
Seguridad alimentaria	0,14	0,10	Alimentos	0,13	0,05
Porcentaje de hogares dependientes de la huerta familiar para la alimentación	0,11	0,007			
Hogares que utilizan una fuente de agua natural	0,92	1,00	Agua	0,54	0,48
Porcentaje de hogares que no tienen un suministro constante de agua	0,09	0,00			
Hogares que informan sobre conflictos relacionados con el agua	0,62	0,47			
Eventos de inundación, sequía y ciclón en los últimos 6 años	0,49	0,00	Desastres naturales, variabilidad climática	0,26	0,16
Hogares con una lesión o muerte resultado de un grave desastre natural en los últimos 6 años	0,00	0,00			
Desviación estándar promedio de la temperatura máxima promedio diaria por mes	0,33	0,33			
Desviación estándar promedio de la temperatura mínima promedio diaria por mes	0,31	0,31			
Desviación estándar promedio de la precipitación promedio por mes	0,14	0,14			
IVM El Pozón: 0,36					
IVM Las Gaviotas: 0,30					

Fuente: elaboración propia (2020)

Índice de vulnerabilidad – IPCC: El Pozón vs. Las Gaviotas

En esta sección se muestran los resultados obtenidos del índice de vulnerabilidad bajo la metodología propuesta por el IPCC (Tabla 4). Se establece que ambos barrios se encuentran en la escala de vulnerabilidad baja. En los factores contribuyentes,

se resalta que el valor obtenido en la capacidad de adaptación es el más alto, el cual está muy influenciado por el perfil sociodemográfico, redes sociales y las estrategias de sustento de los habitantes.

El triángulo de la vulnerabilidad IPCC que se observa en la Figura 4, indica que los hogares encuestados de El Pozón son más sensibles que Las

Tabla 4. Índice de vulnerabilidad - IPCC de los barrios El Pozón y Las Gaviotas

Barrios	Capacidad de adaptación	Sensibilidad	Exposición	LVI - IPCC
El Pozón	(0,40)	(0,31)	(0,25)	Vulnerabilidad baja (-0,05)
Las Gaviotas	(0,34)	(0,28)	(0,16)	Vulnerabilidad baja (-0,05)

Fuente: elaboración propia (2020)

Gaviotas (0,31 vs. 0,28). Lo anterior, se relaciona a que un gran número de hogares en El Pozón manifestaron tener problemas con el suministro de agua. Además, este último barrio mostró mayor capacidad de adaptación (0,40 vs. 0,34). Así mismo, los hogares de El Pozón están más expuestos a los impactos del cambio climático (0,25 vs. 0,16).

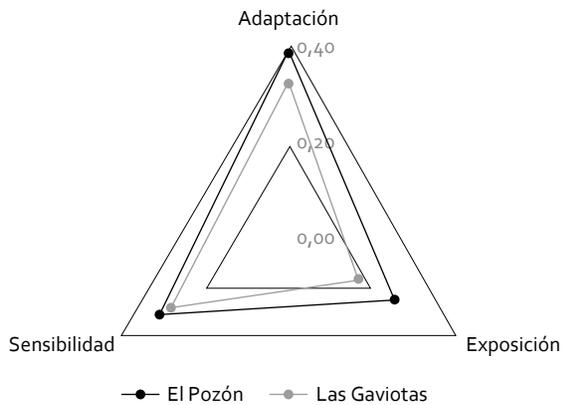


Figura 4. Triángulo de vulnerabilidad – IPCC.
Fuente: elaboración propia (2020)

Discusión

En general, los subcomponentes influyen en los componentes calculados. Como en el perfil sociodemográfico del barrio El Pozón (0,46); este valor se asocia a que las viviendas encuestadas cuentan con mayor número de pobladores (El Pozón 1108 personas, Las Gaviotas: 655 personas). Adicionalmente, en estos hogares se cuenta con la presencia de niños y personas mayores de 60 años; los cuales tienen una alta vulnerabilidad a impactos del cambio climático porque tienen una capacidad limitada para protegerse y dependen de otras personas. Actualmente, la ciudad se ha afectado por los largos períodos secos, lluvias más intensas, aumento de la temperatura y ascenso del nivel del mar (INVEMAR et al., 2014). Por otro parte, Las Gaviotas obtuvo el mayor índice en el componente de estrategias de sustento (0,82) debido a que el 99% de los hogares encuestados informaron no haber acudido a su gobierno local para recibir asistencia en el último año. Por esto, se considera que el apoyo debe ser constante y no solo en situaciones de emergencia (Nagoda y Nightingale, 2017).

En el subíndice de redes sociales se destaca que Las Gaviotas obtuvo mayor valor (0,28). Adicionalmente, en El Pozón se presentaron altos porcentajes en los subcomponentes que integran este componente como: “Hogares que realizaron préstamos de dinero” (8%) y “Hogares que solicitaron ayudas en el último mes” (11%) mientras que en Las Gaviotas se obtuvieron menores proporciones (2% y 7%). Actualmente, se ha demostrado que el cambio climático influye en el crecimiento de la población y cómo las características demográficas afectan la capacidad de adaptación (McLeman, 2010).

De igual forma, Las Gaviotas presentó mayor vulnerabilidad (0,37). Es importante resaltar que ambos barrios cuentan con altos porcentajes de hogares expuestos a mosquitos (Las Gaviotas: 99% y El Pozón: 82%). Sumado a lo anterior, en el 2018 en Cartagena, la tasa de incidencia por enfermedades transmitidas por vectores como zika y chikunguña redujeron y los casos reportados de dengue aumentaron. Por otro lado, el estado actual de la red pública primaria de salud es crítico en ambos barrios se requieren mejoras en el saneamiento e infraestructura para tratar pacientes con este tipo de enfermedades y un conocimiento más detallado para manejar la proliferación de vectores de forma eficiente (Cartagena Cómo Vamos, 2018).

En el componente de alimentación, ambos barrios se encuentran en la escala de vulnerabilidad baja. Pero, es importante y necesario garantizar el acceso, disponibilidad y acceso de los alimentos, ya que, se presentan porcentajes bajos de hogares con huertas (El Pozón: 11%, Las Gaviotas: 0,7%) aumentando su sensibilidad a las condiciones climáticas actuales (Misselhorn 2005; Devereux 2007; Akrofi et al., 2012). Seguidamente, en el recurso hídrico El Pozón presentó un subíndice superior (0,26). En este barrio, el 8% de las viviendas encuestadas no cuenta con el suministro de agua constante mientras que todos los hogares de Las Gaviotas poseen el servicio. Así mismo, en ambos barrios se presentan conflictos con este servicio (El Pozón: 62% vs. Las Gaviotas: 47%), que con el tiempo pueden aumentar y generar problemáticas a mayor escala. Por otra parte, si a esta situación se le adiciona las proyecciones nacionales de temperatura y precipitaciones para los años 2040-2070, el departamento de Bolívar se espera

una disminución del recurso en un 30% (García et al., 2012).

Por último, el índice de desastres y variabilidad climática se encontró que El Pozón (0,26) es más vulnerable. En este barrio, el 49% los hogares informaron que existía una mayor frecuencia de eventos como inundaciones, las cuales se puede atribuir a la ubicación de asentamientos urbanos en zonas con alto riesgo de inundación como se observa en la Figura 1. De acuerdo con el mapa de Inundación por marea y drenaje pluvial del Distrito de Cartagena del año 2014, se calcularon que aproximadamente 8.431 viviendas del barrio El Pozón, se encuentran susceptibles a inundación por marea, mientras que Las Gaviotas no está expuesta a este riesgo (Quiñones et al., 2014). Si bien, estos mapas permiten establecer zonas susceptibles a desastres, pero es necesario su actualización para evaluar su vulnerabilidad; así mismo georeferenciar y zonificar las áreas por tipo y grado de riesgo (Cartagena Cómo Vamos, 2018).

Conclusiones

Las aplicaciones de las metodologías propuestas brindan un marco de referencia para evaluar e interpretar la vulnerabilidad a nivel de hogar. El cambio climático es uno de los retos que enfrentan las ciudades por eso es necesario integrar diferentes elementos para desarrollar resiliencia en las comunidades. Las diferencias en vulnerabilidad para los barrios considerados están fuertemente asociadas a las características socioeconómicas de sus habitantes. El Pozón muestra mayor vulnerabilidad en el componente de agua, debido a la falta del suministro del servicio en algunos sectores. Sumado a lo anterior, las condiciones de pobreza y la falta de recursos para atender una emergencia de los habitantes de este barrio contribuyen al aumento de la sensibilidad y disminuyen su capacidad de adaptación. Por otro lado, Las Gaviotas se encontró que los hogares encuestados están expuestos a vectores (mosquitos). Por tanto, este barrio obtuvo mayor vulnerabilidad en el componente de salud.

El índice propuesto por el IPCC, ubican a los barrios en la escala de vulnerabilidad baja. En El Pozón, la capacidad de adaptación de los hogares

encuestados obtuvo el mayor puntaje, el cual está principalmente relacionado por falta de ingresos económicos adicionales, de oportunidades laborales y la poca comprensión de los conceptos relacionados a cambio climático, que dificultan el desarrollo de estrategias para reducir impactos.

Los barrios en estudio poseen rasgos diferentes en cuanto a su ubicación y la calidad de vida de sus habitantes, pero a partir de este estudio se evidenció que ambos son vulnerables ante los efectos del cambio climático. Por tal motivo, el análisis de la vulnerabilidad es esencial para conducir hacia el diseño de medidas de adaptación efectivas e implementación de políticas contribuyendo a un mejor acceso al agua, salud y saneamiento, educación ambiental y la inclusión de sistemas de alerta temprana a eventos y desastres.

Referencias

- Adu, D., Kuwornu, J., Anim-somuah, H., Sasaki, N., 2017. Application of livelihood vulnerability index in assessing smallholder maize farming households' vulnerability to climate change in Brong-Ahafo region of Ghana. *Kasetsart J. Soc. Sci.* 39(1), 22-32. DOI: 10.1016/j.kjss.2017.06.009
- Akrofi, S., Price, L., Struik, P., 2012. HIV and severity of seasonal household food-related coping behaviors in rural Ghana. *Ecol. Food Nutrit.* 51(2), 148-175. DOI: 10.1080/03670244.2012.661347
- Amézquita López, J., 2018. La competitividad en el marco de políticas para ciudades sostenibles: Caso Cartagena, Colombia. *InterNaciones* 5(13), 101-130.
- Ashook Buelvas, J., Gómez Medina, K., 2004. Diseño e implementación de un plan de gestión integral de residuos sólidos urbanos en el barrio la Gaviotas de la ciudad Cartagena. Trabajo de grado. Universidad de Cartagena, Cartagena de Indias, Colombia.
- Barreto Lezama, A., 2019. Cambio climático e intrusión de la marea, desafíos inminentes. *Revista divulgativa Metro* del 18 de febrero, disponible en: <https://revis-tametro.co/2019/02/18/cambio-climatico-desafio/>; consultado: julio del 2019.
- Cartagena Cómo Vamos, 2018. Informe de calidad de vida. Cartagena de Indias, Colombia.
- Castilla, P., Garrote, C., Malagón, J., 2017. Cambio climático y salud humana: Una revisión desde la perspectiva colombiana. *Salud Uninorte* 33(2), 224-241.
- Cerda L., J., Villarroel del P., L., 2007. Interpretación del test de Chi-cuadrado (X^2) en investigación pediátrica. *Rev. Chil. Pediatr.* 78(4), 414-417. DOI: 10.4067/S0370-41062007000400010

- Devereux, S., 2007. The impact of droughts and floods on food security and policy options to alleviate negative effects. *Agric. Econ.* 37(s1), 47-58. DOI: 10.1111/j.1574-0862.2007.00234.x
- Dunford, R., Harrison, P., Jäger, J., Rounsevell, M., Tinch, R., 2015. Exploring climate change vulnerability across sectors and scenarios using indicators of impacts and coping capacity. *Climatic Change* 128(3-4), 339-354.
- Establecimiento Público Ambiental (EPA), 2014. Superficie verde por habitantes en Unidad Comunal de Gobierno en Cartagena. *Mapa*. Planeación Distrital Alcaldía de Cartagena de Indias, Colombia.
- El Universal, 2011. "¡Inundación histórica!". *Diario de prensa* del 19 octubre. Disponible en: <https://www.eluniversal.com.co/cartagena/inundacion-historica-49238-PTEU129710>; consultado: julio del 2019.
- García, M., Piñeros Botero, A., Bernal Quiroga, F., Ardila Robles, E., 2012. Variabilidad climática, cambio climático y el recurso hídrico en Colombia. *Rev. Ing.* (36), 60-64. DOI: 10.16924/revinge.36.11
- Hahn, M., Riederer, A., Foster, S., 2009. The livelihood vulnerability index: A pragmatic approach to assessing risks from climate variability and change—A case study in Mozambique. *Global Environ. Change* 19(1): 74-88. DOI: 10.1016/j.gloenvcha.2008.11.002
- Henríquez, C., 2016. Impactos, vulnerabilidades y desafíos frente al cambio climático. *Rev. Geograf. Norte Gd* (63), 5-8.
- Hidalgo-Toya, A., Guerrero-Díaz, G., Estupiñan-Ferrín, V., Rocha-Buelvas, A., 2017. Family vulnerability index in the municipality of Pasto, Colombia, 2012. *Cad. Saude Publica* 33(3). DOI: 10.1590/0102-311x00122315
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2014. Impactos, adaptación y vulnerabilidad Parte A: Aspectos mundiales y sectoriales. Ginebra, Suiza.
- Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives de Andrés (INVEMAR); Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), Alcaldía Mayor de Cartagena de Indias; Climate and Development Knowledge Network CDKN), 2014. Integración de la adaptación al cambio climático en la planificación territorial y gestión sectorial de Cartagena de Indias. Informe. Serie de Publicaciones Generales del INVEMAR No. 62, Santa Marta, Colombia.
- Majid, N., Nazi, N., Idris, N., Taha, M., 2019. GIS-Based livelihood vulnerability index mapping of the socioeconomy of the Pekan community. *Sustainability* 11(24), 6935. DOI: 10.3390/su11246935
- McLeman, R., 2010. Impacts of population change on vulnerability and the capacity to adapt to climate change and variability: a typology based on lessons from "a hard country". *Popul. Environ.* 31, 286-316. DOI: 10.1007/s11111-009-0087-z
- Mercado Senior, L., 2018. Procesos de participación social de las personas vinculadas a la estrategia comunitaria "Así pazó: redes virtuales en comunidades reales" desarrollada por la agencia para la reincorporación y normalización (ARN), en el barrio el Pozón de la ciudad de Cartagena de Indias en el año, 2017. Trabajo de grado. Facultad de Ciencias Sociales y Educación, Universidad de Cartagena, Cartagena de Indias, Colombia.
- Misselhorn, A. A. (2005). What drives food insecurity in southern Africa? A metaanalysis of household economy studies. *Global Environ. Change* 15(1), 33- 43. DOI: 10.1016/j.gloenvcha.2004.11.003
- Nagoda, S., Nightingale, A., 2017. Participation and power in climate change adaptation policies: Vulnerability in food security programs in Nepal. *World Dev.* 100, 85-93. DOI: 10.1016/j.worlddev.2017.07.022
- Nguyen, T., Bonetti, J., Rogers, K., Woodroffe, C., 2016. Indicator-based assessment of climate-change impacts on coasts: A review of concepts, methodological approaches and vulnerability indices. *Ocean Coast. Manag.* 123, 18-43. DOI: 10.1016/j.worlddev.2017.07.022
- Pérez López, C., 2005. Muestreo estadístico. conceptos y problemas resueltos. Universidad Complutense de Madrid, Madrid.
- PNUD Colombia, 2016. El cambio climático en Colombia y en el sistema de las Naciones Unidas: revisión de riesgos y oportunidades asociados al cambio climático. Bogotá, DC.
- Quiñones E., Eljaiek, M., Mouthon, J., Moreno, D., Arrieta, A., Barbosa, G., Martínez, H., Pérez, L., Guardo de la Calle, M., Bustillo, C., 2014. Valoración de los niveles de riesgos ambientales en el Distrito de Cartagena de Indias. Universidad de Cartagena; Instituto de Hidráulica y Saneamiento Ambiental, Cartagena de Indias, Colombia.
- Serageldin, M., Stein, A., Mortarini, A., Morgan, C., Hagist, W., Gobar, S., Sevilla Fajardo, L., 2015. Aumento de resiliencia al cambio climático en asentamientos informales de dos ciudades latinoamericanas: Condega y Cartagena. Working Paper WP15M-S1SP. Lincoln Institute of Land Policy, disponible en: https://www.lincolninst.edu/sites/default/files/pubfiles/3604_2950_Serageldin%20WP15MS1SP.pdf; consultado: julio de 2019.
- Shah, K., Dulal, H., Johnson, C., Baptiste, A., 2013. Understanding livelihood vulnerability to climate change: Applying the livelihood vulnerability index in Trinidad and Tobago. *Geoforum* 47): 125-137. DOI: 10.1016/j.geoforum.2013.04.004
- Suryanto, S., Rahman, A., 2019. Application of livelihood vulnerability index to assess risks for farmers in the Sukoharjo Regency and Klaten Regency, Indonesia. *Jambá: J. Dis. Risk Stud.* 11(1), a739. DOI: 10.4102/jamba.v11i1.739

Vincent, K., Cull, T., 2010. A Household Social Vulnerability Index (HSVI) for evaluating adaptation projects in developing countries. En: PEGNet Conference:

Policies to foster and sustain equitable development in times of crises. Midrand, Sudáfrica. pp. 02-03.

Anexo 1. Cálculo de los índices de vulnerabilidad (LVI) – IPCC

I Parte: cálculo de componentes principales

Se toma como ejemplo el componente “Social y demográfico” y se muestran la información obtenida en el barrio El Pozón en la Tabla 5. Cabe resaltar que en los dos primeros subcomponentes se utilizó como rango máximo el número total de personas que habitan en los hogares encuestados. Para el resto de subcomponentes se utilizó la muestra obtenida para cada barrio.

Tabla 5. Datos obtenidos en el componente principal social y demográfico

Componente	Subcomponente	Descripción	S_i	Rango Mínimo	Rango Máximo
Social y demográfico	Tasa de dependencia	Proporción de la población menor de 10 años y mayor 60 años de edad	265	0	1108
	Mujeres miembros de los hogares	Miembros femeninos en total de miembros en el hogar	238	0	1108
	Promedio educación de la cabeza del hogar	Hogares donde las cabezas del hogar informan que tienen años educación formal	221	0	236

Fuente: elaboración propia (2020)

Luego, se aplicó la siguiente fórmula para determinar el índice de desarrollo humano (Idb_{S_i})

Tasa de dependencia \Rightarrow

$$Idb_{S_i} = \frac{S_i - S_{min}}{S_{min} - S_{min}} = \frac{265 - 1108}{1108 - 0} = 0,24$$

Mujeres miembros de los hogares \Rightarrow

$$Idb_{S_i} = \frac{S_i - S_{min}}{S_{min} - S_{min}} = \frac{238 - 1108}{1108 - 0} = 0,21$$

Educación de la cabeza del hogar \Rightarrow

$$Idb_{S_i} = \frac{S_i - S_{min}}{S_{min} - S_{min}} = \frac{221 - 1108}{1108 - 0} = 0,94$$

Por último, se determinó el valor del subcomponente M_i :

$$Cp_i = \frac{\sum_{i=1}^n Idh_{s_i}}{n} = \frac{0,24 + 0,21 + 0,94}{3} = 0,94$$

II Parte: cálculo del IVM

Con los subcomponentes calculados se procedió a determinar el IVM usando la siguiente fórmula:

$$IMV = \frac{\tau_{SD}^* + \tau_{ES} + \tau_{RS} + \tau_s + \tau_A + \tau_W + \tau_{DNVC}}{n}$$

$$IMV = \frac{0,46 + 0,67 + 0,18 + 0,35 + 0,13 + 0,54 + 0,26}{7} = 0,37$$

III Parte: cálculo índice de vulnerabilidad - IPCC

Para este índice se utilizaron los componentes principales calculados anteriormente y el número de subcomponentes. A continuación, se muestra el procedimiento realizado:

C. de adaptación \Rightarrow

$$FCa = \frac{\sum_{i=1}^n Cp_i \times n}{\sum_{i=1}^n n} = \frac{((0,46 \times 3) + (0,67 \times 2) + (0,18 \times 3))}{(3 + 2 + 3)} = 0,40$$

Sensibilidad \Rightarrow

$$FCs = \frac{\sum_{i=1}^n Cp_i \times n_i}{\sum_{i=1}^n n} = \frac{((0,35 \times 3) + (0,13 \times 3) + (0,54 \times 2))}{(3 + 2 + 3)} = 0,31$$

Exposición \Rightarrow

$$FCa = \frac{\sum_{i=1}^n Cp_i \times n_i}{\sum_{i=1}^n n} = \frac{(0,25 + 5)}{(5)} = 0,25$$

$$VM - IPCC = (Exposición - Capacidad de adaptación) \times Sensibilidad$$

$$IVM-IPCC = (0,25 - 0,40) \times 0,31 = -0,05$$