

## REVIEW / ARTÍCULO DE REVISIÓN

# Índice de vulnerabilidad al cambio climático en el sector recurso hídrico, aplicado en cuatro distintas localidades de Honduras

## Climate change vulnerability index in the water resources sector, applied in four locations in Honduras

T. Peña Paz<sup>1\*</sup>, Marcio Chirinos-Escobar<sup>2</sup>, Junior O. Hernández<sup>1</sup>, Kelly Almendares<sup>2</sup> and Saúl García-Santos<sup>1</sup>

DOI. 10.21931/RB/2022.07.03.21

<sup>1</sup> Centro Experimental y de Innovación del Recurso Hídrico del Instituto Hondureño de Ciencias de la Tierra, Universidad Nacional Autónoma de Honduras, Tegucigalpa, Honduras.

<sup>2</sup> Instituto Hondureño de Ciencias de la Tierra (IHCIT), Universidad Nacional Autónoma de Honduras, Tegucigalpa, Honduras.  
Corresponding author: [tania.pena@unah.edu.hn](mailto:tania.pena@unah.edu.hn)

**Resumen:** La evaluación de la vulnerabilidad al cambio climático en el sector hídrico es una métrica que evalúa la dinámica física y social a la que se está expuesto, el grado de sensibilidad de un sistema y la capacidad de adaptación que desde la sociedad y el capital natural se tienen. Estudio se realizó en cuatro localidades de Honduras entre el centro y occidente del país, evaluando la dinámica hídrica vinculada al agua para consumo humano, en zonas urbanas, periurbanas, rurales e indígenas, para las que se diseñaron variables que evidenciaran la vulnerabilidad al cambio climático. Los resultados evidencian claramente como la capacidad de adaptación es clave para la adaptación al cambio climático, la variabilidad climática esa exposición afecta de manera nacional independiente de las regiones y la sensibilidad se ve afectada de mayor manera por la débil gestión del agua en cuanto a la legalidad, accesibilidad, infraestructura y temas financieros. La calidad del agua cobra un sentido importante en la evaluación de la seguridad hídrica, así como la participación ciudadana en estos procesos.

**Palabras clave:** Vulnerabilidad, cambio climático, recursos hídricos, exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación.

**Abstract:** The evaluation of vulnerability to climate change in the water sector is a metric that assesses the physical and social dynamics to which it is exposed, the degree of sensitivity of a system and the adaptive capacity of society and natural capital. The study was conducted in four localities in Honduras between the center and west of the country, evaluating the water dynamics linked to water for human consumption in urban, peri-urban, rural, and indigenous areas, for which variables were designed to show vulnerability to climate change. The results clearly show how adaptive capacity is critical for adaptation to climate change; climate variability that exposure affects nationally regardless of regions and sensitivity is most affected by weak water management in terms of legality, accessibility, infrastructure, and financial issues. Water quality takes on an essential meaning in the evaluation of water security, as well as citizen participation in these processes.

**Key words:** Vulnerability, climate change, water resources, exposure, sensitivity, and adaptive capacity.

### Introducción

La ubicación geográfica de Honduras le permite tener precipitaciones medias de 1599.95 mm/año, con mínimas de 939.84mm/año y máximas de 3125.81mm/año<sup>1</sup>, sumando el relieve montañoso, lo hacen eminentemente un país con un gran potencial hídrico; producto de ello se tiene dos vertientes dentro del territorio que drenan tanto para el Golfo de Fonseca como para el Caribe, las cuales se dividen hidrológicamente por 25 cuencas hidrográficas y 133 subcuencas<sup>2</sup>, las aguas superficiales, los ríos en general con una aportación de  $86 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{año}^3$  y con más de 230 cuerpos de agua continentales que suman 1,590 km<sup>2</sup> (Alrededor del 2% del territorio nacional<sup>4</sup>). Sobre las aguas subterráneas no se tienen datos certeros sobre su disponibilidad sin embargo los diferentes análisis de los balances hídricos plantean que el agua subterránea renovable su volumen se cuantifica alrededor de  $39 \times 10^9 \text{ m}^3/\text{año}^5$ .

Esta dinámica hídrica del país condiciona la oferta, así como las diferentes formas de demanda entre sus usos y sobre todo los sectores económicos. Si relacionamos la disponibilidad del agua en general, el escenario A2 la disponibilidad total del agua renovable en Honduras podría aumentar un 16% en 2030, pero podría disminuir un 33% en 2050 y un 68% en 2100 respecto al año 2000. En este mismo escenario la disponibilidad de agua per cápita podría pasar de 12.008 metros cúbicos anuales por habitante a 482 metros cúbicos de agua por habitante al año en el corte 2100<sup>6</sup>.

La combinación de cambios en la demanda y en la disponibilidad de este vital recurso con la influencia del cambio climático generaría una posible intensidad del uso de agua que posiciona a Honduras en un escenario donde la seguridad hídrica está comprometida. Es por lo que la evaluación

**Citation:** Peña Paz, T.; Chirinos-Escobar, M.; Hernández-Ortiz, J.O.; Almendares, K.; García-Santos, S. Índice de vulnerabilidad al cambio climático en el sector recurso hídrico, aplicado en cuatro distintas localidades de Honduras. *Revis Bionatura* 2022;7(3) 21. <http://dx.doi.org/10.21931/RB/2022.07.03.21>

**Received:** 21 March 2022 / **Accepted:** 27 July 2022 / **Published:** 15 August 2022

**Publisher's Note:** Bionatura stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

**Copyright:** © 2022 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



de la vulnerabilidad al cambio climático en el sector hídrico es clave para la comprensión tanto de la dinámica actual como la futura.

Las investigaciones que se han realizado en torno a la evaluación de la vulnerabilidad al cambio climático en el recurso hídrico por parte de la IHCIT-UNAH, han ido encaminadas a esas circunstancias naturales del entorno que condicionan la oferta, así como las circunstancias sociales, políticas, legales y de infraestructura que se tienen tanto a nivel comunitario como municipal. Se presentan cuatro investigaciones que evaluaron la vulnerabilidad al cambio climático en sector recurso hídrico en diferentes sitios, comunidades y municipios en el país, haciendo una contribución a la gestión del conocimiento hídrico en las zonas de estudio y sobre todo que son instrumentos básicos para la creación de medidas de adaptación más integrales, equitativas e inclusivas.

## Materiales y métodos

Los impactos del cambio climático se determinan combinando la exposición física y las variaciones hidrológicas y meteorológicas, las circunstancias subyacentes de la población y el grado al cual el sistema de gobernanza de un país tiene la capacidad de llevar a cabo una adaptación efectiva<sup>7</sup>. El análisis de la vulnerabilidad se hizo a través de tres índices diferenciados tomando como unidad básica para cada uno de los casos de estudios ya sea la comunidad donde se hizo a nivel de las familias/abonados que conforman cada una de las comunidades y las juntas de agua como la estructura de organización que administra el recurso hídrico y por municipio siempre tomando a las juntas como referencia.

La mayoría de las variables aplican a ser evaluadas a la comunidad como la estructura base que responderá a la exposición, sin embargo, en el tema de sensibilidad-gestión del agua es hacia la junta de agua como gobierno del agua en la comunidad. Las variables físicas de capital natural son medidas a la zona de recarga de la toma de agua y características generales de los territorios de los municipios.

En cuanto a la vulnerabilidad y de acuerdo con el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC), a la vulnerabilidad al cambio climático se la define como “la función de la naturaleza, la magnitud y la tasa de variación del clima a la cual está expuesto un sistema, su sensibilidad, y su capacidad adaptativa”<sup>7</sup>. Por consiguiente, la vulnerabilidad a un cambio climático potencial depende de: el grado de exposición al riesgo; el grado de sensibilidad dentro del sistema; y la habilidad del sistema para adaptarse al cambio. Este será la premisa conceptual en la que se basará la evaluación de la vulnerabilidad al cambio climático.

### Área de estudio

Los cuatro casos de estudio están ubicados en la zona centro y occidente del país, con diversidad cultural y una dinámica física del agua (Climatología, morfología, biológica entre otras características) diferentes, las cuales se puede ubicar en la figura 1.

Estas áreas de investigación en orden temporal se describen como:

· Zona periurbana (2016): El área de estudio se involucran 23 comunidades hídricas<sup>8</sup> pertenecientes a los

municipios de Santa Ana, Ojojona y San Buenaventura, que se localizan en la parte sur del departamento de Francisco Morazán y están aproximadamente a 30 kilómetros de la ciudad capital, sobre la carretera Panamericana en el Cerro de Hule. Estas 23 comunidades hídricas pertenecen según su división política a las aldeas de: La Bodega, El Limón, Santa Ana, Nueva Arcadia y Cicatacare del municipio de Santa Ana, Ojojona y Aragua del municipio de Ojojona y San Buenaventura y el Horno del municipio de San Buenaventura. Esta zona es culturalmente peculiar por esta ubicadas sobre terrazas agrícolas precolombinas<sup>10</sup>.

· Zona Ladina y Tolupán (2018): El área de estudio se involucran 19 comunidades hídricas pertenecientes a los municipios de Victoria y Sulaco en el departamento de Yoro (Parte sur) y Las Lajas y La Libertad (Parte norte), en el caso de las comunidades del departamento de Comayagua estas se ubican en los alrededores del embalse de la Represa Hidroeléctrica Francisco Morazán. De estas 19 comunidades 4 de ellas son del pueblo indígena Tolupán

· Zona Lenca con un área protegida (2020): El área de estudio se encuentra comprendida por 7 municipios (Candelaria, Erandique, Gualcinse, Piraera, San Andrés, San Francisco y Santa Cruz) del departamento de Lempira, los cuales se encuentran dentro del corredor seco hondureño, cabe destacar que dentro de la zona de estudio se encuentra el Parque Nacional Congolón, Coyocutena y Piedra Parada (PANACON) que cumple un papel importante en el desarrollo de la investigación

· Zona urbana y periurbana unida por un corredor boscoso (2020): El área de estudio es la parte alta de la cuenca del río Choluteca, dentro de la cual está comprendido el corredor boscoso central de Tegucigalpa, y que políticamente están incluidos 19 municipios de los departamentos de Francisco Morazán y Comayagua en Honduras. Esta parte alta de la cuenca está ubicada en la zona central del país.

### Variabables de vulnerabilidad al cambio climático

El Índice de Vulnerabilidad al Cambio Climático (IVCC) que se desarrollará para las comunidades está compuesto por tres índices que, a su vez, son índices de riesgo diferenciados:

- Índice de exposición (60%)
- Índice de sensibilidad (65%)
- Índice de capacidad adaptativa (25%)

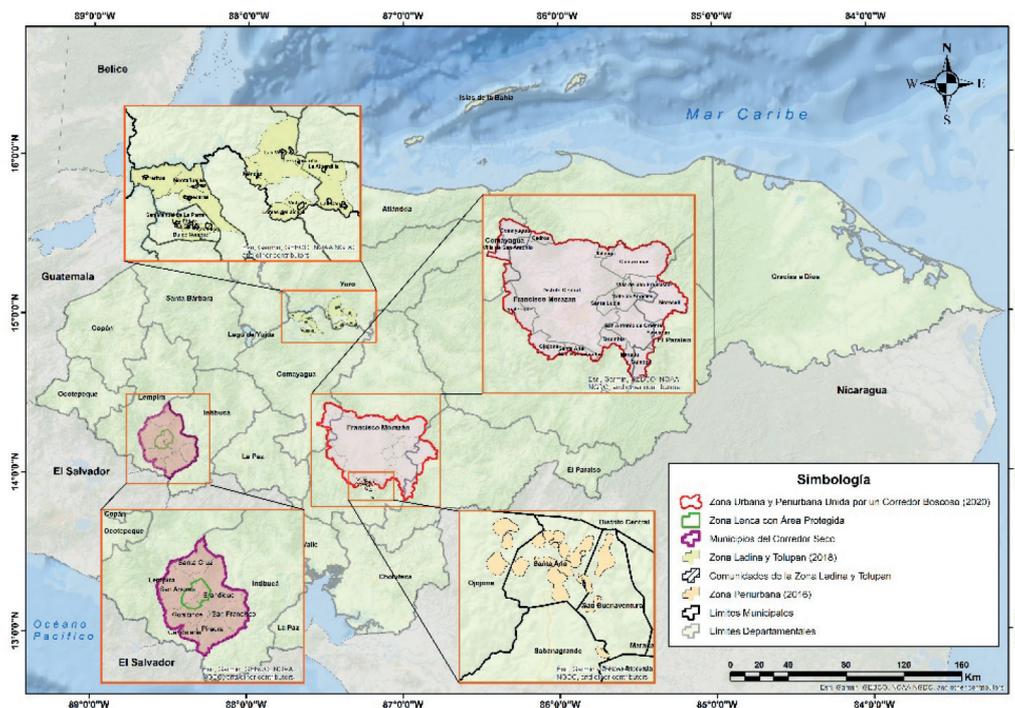
Donde estas variables están regidas por la ecuación 1:

La definición de cada una de estas variables dentro de los índices de exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación: La definición de la variable, la fuente de los datos y la forma como se construyó, la relación con la vulnerabilidad está descrita en el apéndice A.

### Índice de exposición

En el discurso de cambio climático exposición se refiere al grado de estrés climático sobre una unidad particular de análisis. Puede estar representada por cambios en las condiciones climáticas o bien por cambios en la variabilidad climática, donde se incluye la magnitud y frecuencia de eventos extremos<sup>10</sup>. Para los diferentes casos en la parte de exposición se evaluaron 16 variables en cuatro componentes: Amenazas climáticas y ambientales, antropogénicas, cambio climático y calidad del agua. Que serían las condiciones hídricas que amenazan el medio en cuanto a

$$\text{Vulnerabilidad al cambio climático} = \text{Exposición} + \text{Sensibilidad} - \text{Capacidad de adaptación} \quad (1)$$



**Figura 1.** Ubicación de las áreas de estudio.

su seguridad hídrica como se expone en la tabla 1.

**Índice de Sensibilidad**

La sensibilidad es la medida de la susceptibilidad de la población a los impactos del cambio climático (un sistema es potencialmente modificado o afectado por un disturbio, interno, externo o un grupo de ellos), la cual es una función de las circunstancias físicas, sociales y de medios de subsistencia actuales de esa población<sup>11</sup>; y para los fines del estudio se toman los aspectos relacionados al agua, tanto en calidad como en cantidad, las condiciones humanas y ambientales que pueden empeorar o disminuir los impactos por un determinado fenómeno. Las variables contempladas se especifican en la tabla 2.

**Índice de Capacidad de adaptación**

Se refiere a la capacidad de un sistema de enfrentar los efectos del cambio climático, al potencial de implementar medidas que ayuden a disminuir los posibles impactos identificados. La capacidad adaptativa de una sociedad refleja su capacidad de modificar sus características o comportamientos para enfrentar de una mejor manera o anticiparse a los factores que impulsan el cambio<sup>10</sup>.

Para los objetivos del estudio, se consideraron los siguientes:

1. Capital humano. Se evalúan las condiciones de vida de las personas como una medida de capacidad para hacer frente a vulnerabilidades. Como ser las personas que saben leer, poblaciones al 2030.
2. Capital social. Se representa por la organización de las juntas, donde las redes conformadas permiten el acceso a información, recursos y créditos.
3. Capital financiero. Proveen información general de la situación económica, buscando identificar las regiones que se encuentran mejor preparadas para responder a adversidades.
4. Capital natural. Es una medida del grado de riqueza de ecosistemas y sus funciones, así como de las

acciones para incrementar su superficie. Se incluyeron tres indicadores: superficie con bosques y/o selvas, superficie reforestada y recarga de acuíferos.

Las variables utilizadas dentro de este índice se enumeran en la tabla 3.

**Determinación de las ponderaciones**

Basándose en la ecuación para la fórmula principal (1), para luego fundamentar el trabajo en función de la dependencia de las variables a ser validado por los criterios de expertos que en las comunidades o municipios se den así también como un estudio matemático para la ponderación de la variable del Índice de Vulnerabilidad al Cambio Climático (IVCC), la cual se considera dependiente de otras subvariables: IE: Índice de Exposición, IS: Índice de Sensibilidad e, ICA: Índice de Capacidad Adaptativa.

Se hace uso de la nomenclatura para mencionar la variable dependiente que se está analizando (Índice de Vulnerabilidad al Cambio Climático) es dependiente de las Subvariables IE, IS e ICA, leyéndose así que (variable dependiente) es función de (variables independientes).

Finalmente, para el cálculo del Índice de Vulnerabilidad al Cambio Climático se tenía que asignar una ponderación a cada una de las Sub-Subvariables, ya que estas serían las que nos servirían para asignar el valor de la ponderación de las Subvariables.

Esta ponderación se hizo de acuerdo con la incidencia de un fenómeno en la localidad, de esta forma los eventos que más tenían incidencia sobre un municipio o la comunidad, por ejemplo, para el caso del Índice de Sensibilidad, analizamos la Sub-Variable IS1: Población, se sabe que está a su vez depende de factores como ser personas con discapacidad física y mental, niños menores de cinco años, población mayor de 60 años, etc. Los cuales mientras mayor sea el número de personas que estén en esta categoría, mayor será la ponderación que recibirá esta variable debido a que hará más sensible a esta comunidad. Además, al ser esta una variable linealmente dependiente del

Índice de Exposición: IE				
Componente	Peso Componente	E	Variable	Peso variable
Amenazas climáticas, geológicas y ambientales (Evaluadas en el área de la comunidad o municipio)	0.25	E1	Susceptibilidad a inundaciones	0.10
		E2	Susceptibilidad a deslizamientos	0.15
		E3	Severidad de la sequía	0.15
		E4	Susceptibilidad a incendios	0.15
		E5	Cambio porcentual del Número de eventos de ocurrencia a tener temperaturas máximas	0.20
		E6	Cambio porcentual del Número de eventos de ocurrencia a tener lluvias extremas	0.25
Amenazas Antropogénicas en la zona de aprovechamiento hídrico	0.25	E7	Riesgo de incendios en las zonas de aprovechamiento hídrico	0.20
		E8	Asentamientos Humanos en las zonas de aprovechamiento hídrico	0.20
		E9	Presencia de Actividades Económicas en las zonas de aprovechamiento hídrico	0.25
		E10	Presencia de Carreteras en las zonas de aprovechamiento hídrico	0.15
		E11	Superficie sin vegetación en las zonas de aprovechamiento hídrico	0.20
Variabilidad climática	0.35	E12	Aumento Porcentual de la Temperatura Media	0.55
		E13	Aumento Porcentual de la Precipitación Media	0.45
Calidad del agua	0.15	E14	Índice de calidad de agua usando ICA	0.50
		E15	Macroinvertebrados como bioindicadores	0.20
		E16	índice de exposición a metales pesados	0.30

**Tabla 1.** Variables del índice de exposición.

Índice de Sensibilidad: IS				
Componente	Peso componente	S	Variable	Peso variable
Población sensible dentro de la comunidad	0.25	S1	% de Niños menores de 5 años	0.2
		S2	% de Adultos Mayores	0.2
		S3	% de discapacitados físicos y mentales dentro de la comunidad	0.3
		S4	% de Hogares con jefatura femenina	0.3
Gestión del agua a nivel comunitario	0.45	S5	Estado de la infraestructura de almacenamiento y distribución	0.25
		S6	% de agua que se puede almacenar, respecto a la demanda	0.15
		S7	Tratamiento del agua	0.20
		S8	Legalidad de las juntas de agua	0.15
		S9	Título de propiedad del área de la toma de agua	0.10
		S10	Disponibilidad de fondos de la junta respecto a la tarifa	0.15
Vulnerabilidad intrínseca	0.30	S11	Vulnerabilidad intrínseca de los acuíferos	1

**Tabla 2.** Variables del índice de sensibilidad.

Índice de Vulnerabilidad al Cambio Climático aportará una ponderación directa a este índice.

Por la tanto las ponderaciones para el cálculo del IVCC quedó de la siguiente manera:

- Índice de exposición = 0.60
  - Índice de sensibilidad = 0.65
  - Índice de capacidad adaptativa = 0.25
- $$IE (0.60) + IS (0.65) - ICA (0.25) = IVCC \quad (2)$$

Considerándose la escala de vulnerabilidad como figura en la tabla 4:

#### Validación de los resultados

Los resultados de la aplicación del índice son llevados a los líderes, instituciones y demás fuerzas vivas de las comunidades y municipios, donde en función de los resultados se opina acerca de estos y la influencia que tienen. Las ponderaciones que matemáticamente se asignan los actores

en los talleres los analizan en función de lo que ellos comprenden y saben del medio, para entre todos llegar a estos ajustes finales a las ponderaciones.

## Resultados y discusión

### Evaluación del Índice de Exposición

Al evaluar cada una de las variable de exposición en los grupos:

- Amenazas climáticas, geológicas y ambientales
- Amenazas antropogénicas
- Variabilidad climática
- Calidad del agua

Se tiene que la exposición para cada una de las áreas de estudio resulta:

Variables Consideradas para Evaluar Capacidad Adaptativa: ICA				
Componentes	Peso componente	No.	Variable	Peso variable
Capital Humano	0.25	CA 1	% de población que sabe leer y escribir	0.40
		CA 2	% de población de la comunidad con grado de escolaridad secundaria incompleta	0.25
		CA 3	% de la población con conocimiento, educación y capacitación en los temas relacionados al agua a nivel comunitario	0.35
Capital Social	0.3	CA 4	% de población con Servicios básicos dentro de la comunidad: % de familias con agua potable, % de familias con letrina o sanitario, % de familias con energía eléctrica, % de familias con telefonía móvil,	0.20
		CA 5	Existencia de Espacios Físicos de los Grupos Sociales	0.20
		CA 6	Participación de la Mujer en las Juntas de Agua)	0.20
		CA 7	Título de propiedad de la vivienda	0.20
		CA 8	Población que Asiste a las Reuniones de la Junta de Agua	0.20
Capital Económico-Financiero	0.2	CA 9	Porcentaje de Ingreso Medio Per cápita en Comparación con Salario Mínimo Medio	0.30
		CA 10	% de familias que reciben remesas del extranjero	0.20
		CA 11	Hogares con Cuentas de Ahorro	0.25
		CA 12	% de familias con apoyo gubernamental (bono solidario)	0.25
Capital Natural	0.25	CA 13	% de familias que se abastecen con la fuente de agua comunitaria	0.20
		CA 14	% de superficie con bosque en la zona de aprovechamiento hídrico en el año BASE DEL ESTUDIO	0.35
		CA 15	% de población conoce de las actividades de protección de la cuenca de su comunidad	0.45

Tabla 3. Variables de la capacidad de adaptación.

Bajo	0-10
Medio Bajo	11-25
Media	26-40
Alta	41-60
Extrema	61-100

Tabla 4. Escala de vulnerabilidad.

1. Zona periurbana: En general las comunidades están más expuestas debido a los aspectos climatológicos y a la variabilidad climática del área, así mismo vale la pena mencionar que las amenazas existentes en la zona afectan al 87% de las comunidades, y las antropogénicas son más dispersas, las concentraciones de metales por encima del rango de la salud.

2. Zona Ladina y Tolupán: En general de las 19 comunidades en estudio el 47% presenta una exposición Medio Baja, el 21% presenta una exposición Media y el 32% restante con una exposición Alta y esto debido a la exposición que presentan ante las amenazas en general y a la mala calidad de agua con la que cuentan en sus comunidades

3. Zona Lenca con un área protegida: Al realizar el análisis del índice de exposición, se tiene como resultado que la mayor exposición es la climática respecto a las demás. La comunidad (Candelarita), muestra una exposición media, mientras que las 8 comunidades restantes muestran una exposición baja-media, lo cual representa que aproximadamente el 10% del total de la población en análisis tiene una exposición media.

4. Zona urbana y periurbana unida por un corredor boscoso: Al realizar el análisis de todas las variables de todas las componentes del índice de exposición, se evidencia que las amenazas climáticas son las que ejercen mayor in-

fluencia, luego las de calidad del agua llegando a amenaza alta. La exposición es media para 2 municipios en estudio siendo estos Cedros y San Buenaventura, y para los 17 municipios restantes la exposición es baja.

En general la exposición, de cada una de las áreas resulta media – alta para cada una de estas en el total del área; la variable de calidad del agua sobre todo en las investigaciones comunitarias si reflejan que en algunas comunidades es alta y otras bajas, dadas las dinámicas de las zonas. En cuanto a las variables de amenazas antropogénicas estas son más homogéneas y se comportaban de igual manera en todos los territorios.

En la figura 2, se reflejan los mapas del grado de exposición para cada una de las áreas de estudio:

#### Evaluación del Índice de Sensibilidad

La sensibilidad se evalúa a través de las variables de:

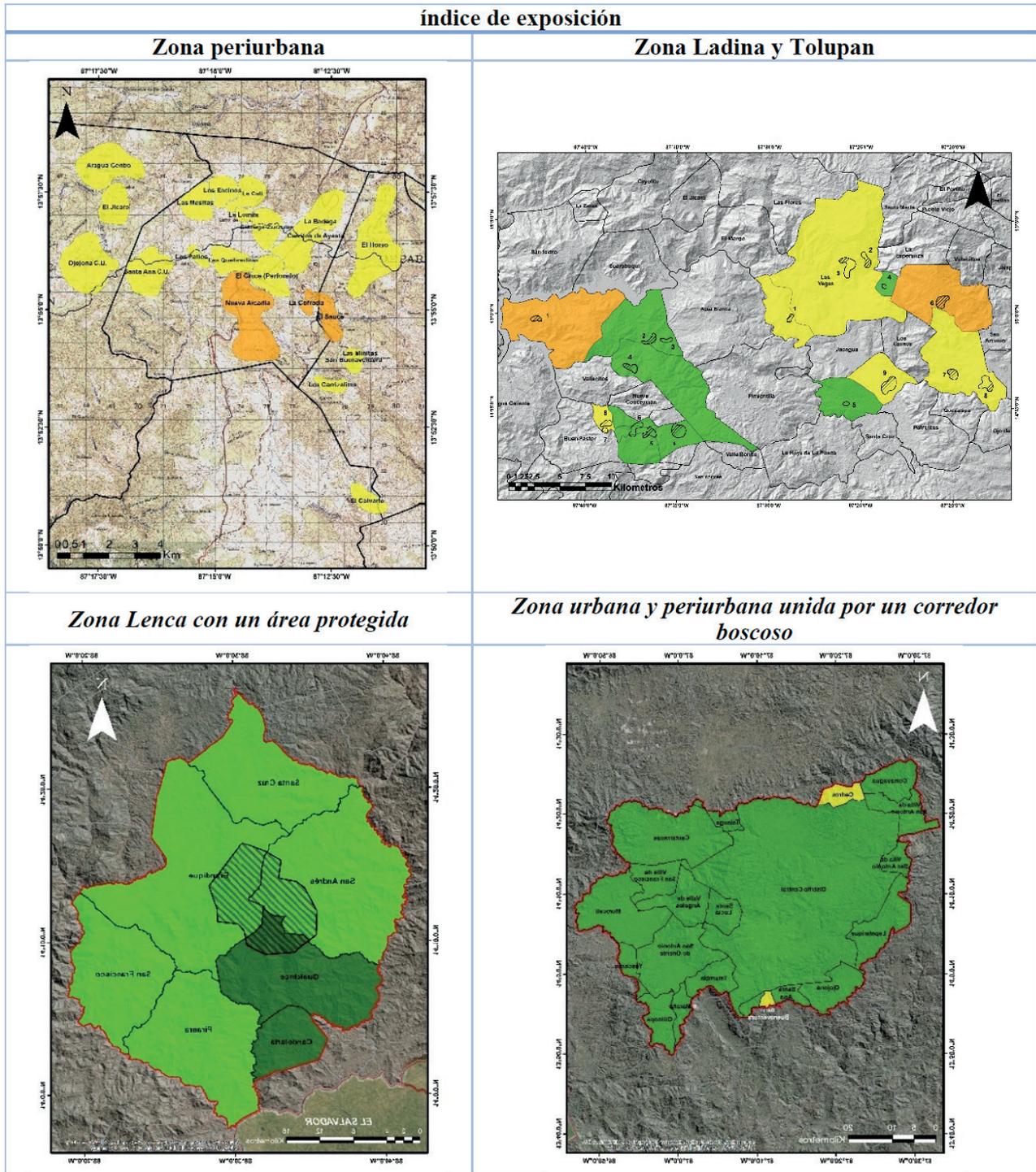
- Población
- Gestión del agua
- Vulnerabilidad intrínseca

Los resultados para cada una de las áreas de describen como:

1. Zona periurbana: La sensibilidad en general de las comunidades se ve incrementada por la débil gobernanza del agua, la vulnerabilidad intrínseca del medio y la gestión del agua, que en su mayoría corresponden a valores de sensibilidad medio para más del 50% de las comunidades, importante destacar que la gobernanza del agua es la que da valores altos de más del 20%.

2. Zona Ladina y Tolupán: La sensibilidad en general de las comunidades se ve incrementada por la débil gestión del agua sobre todo el estado de las infraestructuras y la legalización de las juntas y las tierras; en su mayoría corresponden a valores de sensibilidad medio-alta con 16/19 de las comunidades.

3. Zona Lenca con un área protegida: Generando



**Figura 2.** Mapas de la evaluación de la exposición en las zonas de estudio.

el índice de sensibilidad con las variables de población y gestión del agua, se observa que el municipio de San Francisco es el que presenta una sensibilidad alta, el resto de los municipios tienen una sensibilidad media.

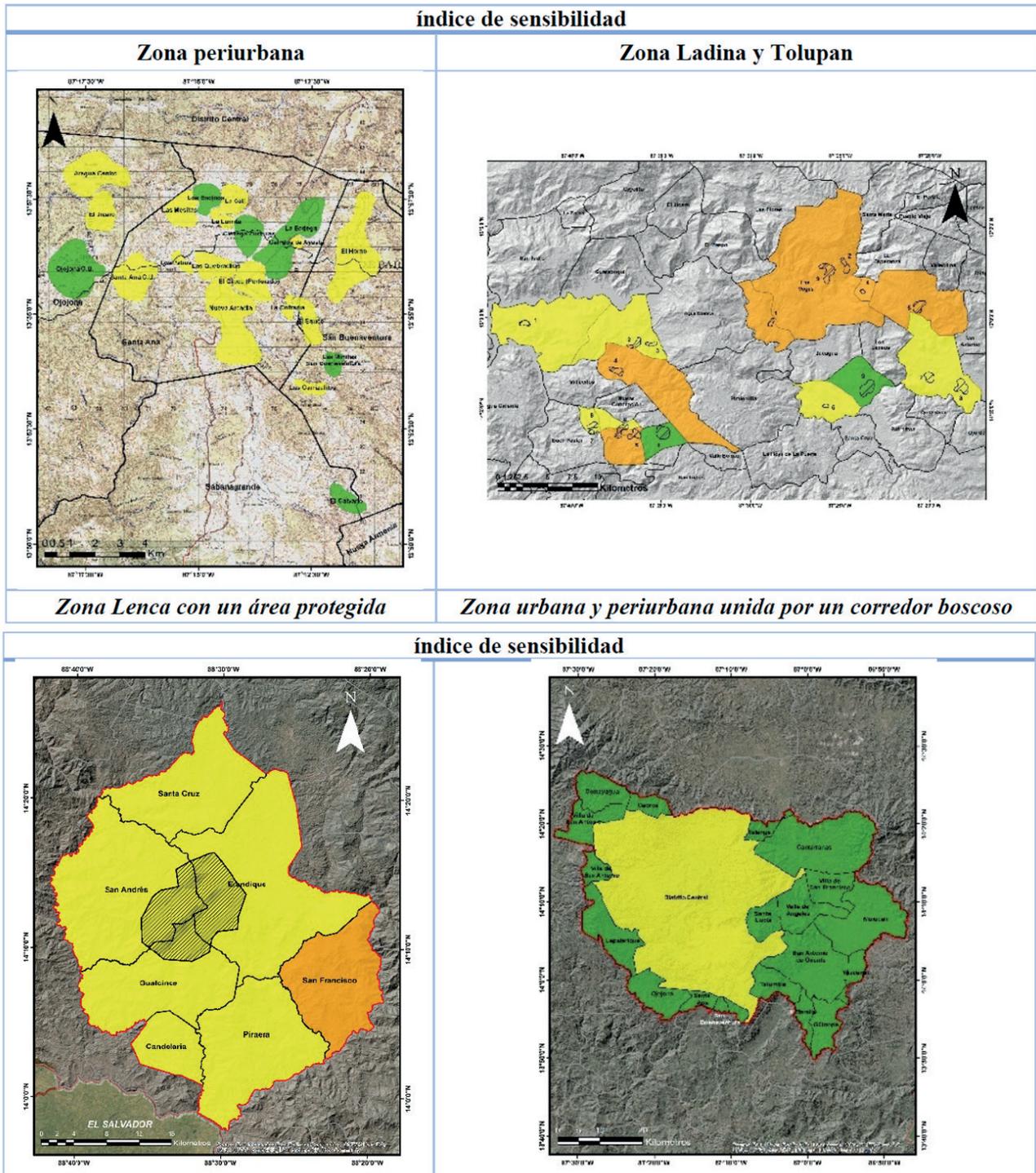
4. Zona urbana y periurbana unida por un corredor boscoso: Al generalizar el índice de sensibilidad con las variables de población y gestión del agua, se observa que, solamente el Distrito Central muestra una sensibilidad media, mientras que los 18 municipios restantes su sensibilidad es baja-media, la gestión del agua en estos municipios se ve incrementada por los temas de fortalecimiento que se han llevado a cabo en torno a la gestión integrada de los recursos hídricos.

En general la sensibilidad en las áreas se ve afectada por los temas de la gestión del agua sobre todo por la legalidad de las juntas y las tierras, los problemas económicos y el estado de las infraestructuras. La capacidad de almacenamiento en todas las áreas es baja lo que incide en el aumento de la sensibilidad, ver la figura 3 para la referencia.

**Evaluación del Índice de Capacidad de Adaptación**

La capacidad de adaptación fue valorada bajo los capitales:

- Capital Social
- Capital humano
- Capital económico y financiero



**Figura 3.** Mapas de la evaluación de la sensibilidad en las zonas de estudio.

**Capital natural**

Donde los resultados para cada una de las zonas se evalúa como:

1. Zona periurbana: El mayor capital es humano y el social en las 23 comunidades que sobrepasa al medio, sin embargo, el capital financiero es muy bajo en más del 74% de las comunidades, y el capital natural es bajo – medio para más del 80% de estas comunidades.
2. Zona Ladina y Tolupán: El mayor de los capitales es el social, siendo el 5% nivel medio, alto un 90% y muy alta 5%, y le sigue el capital económico – financiero, que presenta solo nivel baja y media con 16% y 84% respecti-

vamente, todo esto para las 19 comunidades participantes en la investigación

3. Zona Lenca con un área protegida: Los capitales en general el mayor de ellos el natural, seguido el social. Los capitales humanos y económicos son bajos.

4. Zona urbana y periurbana unida por un corredor boscoso: Se muestra que, 7 municipios tienen una capacidad de adaptación alta, representando aproximadamente el 36% de los municipios estudiados, mientras que el resto 64% de ellos, tienen una capacidad de adaptación media.

En general la evaluación de los capitales es el económico y financiero el más bajo para las comunidades. Los

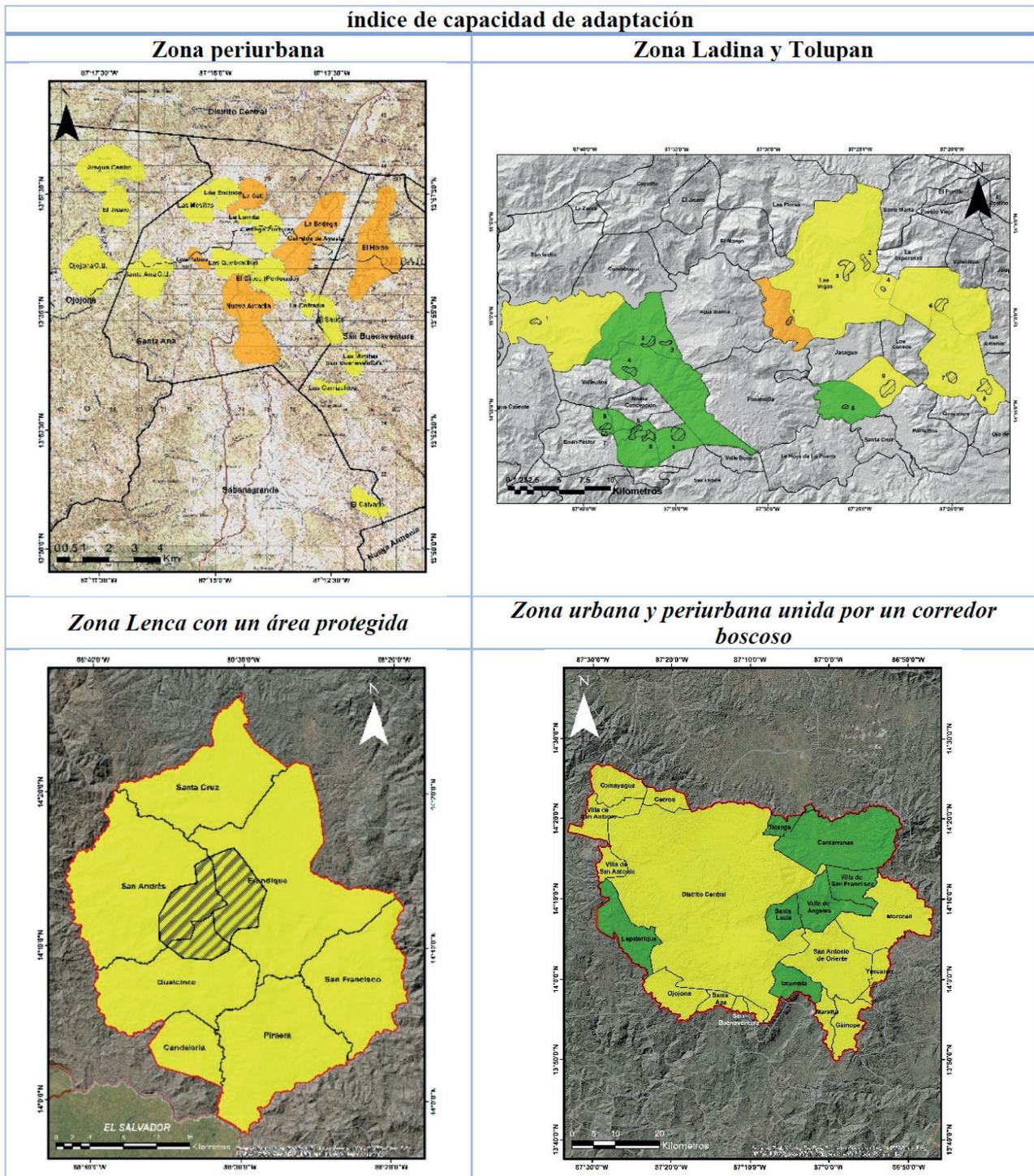
capitales humanos y naturales son bien variables, siendo el capital humano de un comportamiento medio en todas las comunidades evaluadas. Para el tema de las comunidades indígenas, los temas de interculturalidad fortalecen los capitales sociales, como lo evidencia la figura 4.

**Evaluación del índice de vulnerabilidad al cambio climático en el sector recurso hídrico**

La evaluación general de la vulnerabilidad en las comunidades y municipios evidencio la vulnerabilidad media – alta de la mayoría de las comunidades. Tanto en comunidades periurbanas, urbanas y rurales, inclusive en las comunidades indígenas.

Las comunidades periurbanas del estudio de 2015 reflejan en su mayoría una vulnerabilidad media -alta, caso contrario las comunidades ladinas y Tolupanes donde se evidencian comunidades con vulnerabilidades bajas sin embargo las comunidades con una vulnerabilidad alta – media son las Tolupanes dado su baja capacidad de adaptación y exposición alta.

La zona lenca con el área protegida, los municipios en su alrededor reflejan una vulnerabilidad media, estando dos de ellos con una vulnerabilidad baja y el caso de la zona urbana y sus municipios el municipio del Distrito Central pese a la disponibilidad de los capitales tiene la vulnerabilidad más alta de la región.



**Figura 4.** Mapas de la evaluación de la capacidad de adaptación en las zonas de estudio.



das de adaptación acorde a mitigar los efectos de la exposición, disminuir la sensibilidad a través de procesos para la gestión integrada de los recursos hídricos, además de procesos de fortalecimiento de conocimiento pero sobre todo de aumento de los capitales, impulsando un fortalecimiento a la economía y soporte financiero y la restauración y protección de las capitales naturales, esto como medidas generales que los talleres se evidenciaron, permitiendo a las autoridades priorizar las acciones a los lugares con mayor vulnerabilidad.

## Discusión

El análisis de la vulnerabilidad realizado en estos municipios y comunidades hídricas en general refleja las condiciones físicas y sociales en un contexto hídrico relacionando la variabilidad climática natural de las áreas con los ya cambios en el clima evidenciados. Además, hay que mencionar que los procesos de la degradación de la tierra han aumentado esta vulnerabilidad.

Es significativo indicar que, las variables evaluadas en el IVCC tienen un enfoque en los recursos hídricos como eje principal para evaluar el cambio climático, sin embargo la evaluación de la sensibilidad es hacia la gestión del agua para consumo, en estas evaluaciones se trataron de incluir algunas variables de género e interculturalidad, lo cual nos da una idea de la vulnerabilidad de los municipios al cambio climático, permitiendo tener una herramienta para futuras iniciativas de búsqueda de medidas de adaptación adecuadas y oportunas de acuerdo a la particularidad de cada municipio y comunidad, llevando a mejorar la resiliencia de los mismos ante el impacto de la variabilidad y del cambio climático.

El análisis del IVCC se realizó en comunidades y municipios que son algunos considerados de área rurales y otros ciudades urbanas como lo es el Distrito Central lo cual genera gran desafío, sumado a ello, la pandemia del COVID19 en las investigaciones de 2020, conllevó un gran esfuerzo humano, económico y de tiempo para obtener la información de todas las variables del índice, considerando la particularidad de cada municipio, todo para poder llegar a una integralidad adecuada de las variables, y así, elaborar el índice.

Sin embargo, los resultados obtenidos han sido bastante buenos en relación con los procesos de validación donde los actores evidenciaron lo pertinente a las valoraciones de la vulnerabilidad como acertadas para los municipios no discrepando del modelo matemático utilizado.

Al final las variables de sensibilidad y capacidad de adaptación han sido las que más han influido más en las evaluaciones municipales dando vulnerabilidad medias y altas en muchos de ellos. La exposición climática es evidente en todas las investigaciones donde una alta exposición hace que se eleve esta vulnerabilidad, esto evidencia, además, lo amenazante que es el clima actualmente no solo en esta zona sino en todo el país.

La sensibilidad general puede evaluarse con dinámicas más específicas de los territorios, además de evaluar la parte agrícola y de salud relacionada al agua que seguro van a elevar la sensibilidad ya que esta solo fue evaluada para la gestión del agua.

La capacidad de adaptación de los municipios puede verse influenciada por los procesos culturales de las comunidades y los municipios que fortalecen este capital social,

sin embargo, la participación ciudadana en temas relacionados al agua su protección y restauración es una evidencia clave de este capital social hídrico además también de poder evaluar más específicamente la interculturalidad y la inclusión de los jóvenes y las mujeres en las decisiones relacionadas al agua.

El análisis que se realizó nos lleva a comprender el escenario actual que ya con los procesos de la variabilidad climática, degradación de la tierra y la gobernanza/gobernabilidad se tienen una vulnerabilidad media, los escenarios climáticos para la región Centroamericana en general evidencian claros eventos extensos de sequía y lluvias cada vez más intensas lo que llevará a estas comunidades a incrementar su vulnerabilidad.

## Conclusiones

La vulnerabilidad ante el cambio climático en las áreas de los municipios en estudio, muestran una vulnerabilidad media – alta en la mayoría de los municipios, la exposición climática es determinante para aumento de esta vulnerabilidad, por lo que el fortalecimiento de la capacidad de adaptación en el corto plazo es la clave para disminuir este riesgo climático.

La evaluación del escenario base nos permite construir el escenario futuro, este es la base de los procesos de adaptación y mitigación que se deben de realizar en los territorios, conocer la resiliencia de los diferentes pueblos y ecosistemas, como la dinámica hídrica se ha visto afectada por los procesos de degradación y que al no haber medidas de restauración fortalecimiento de capacidades el escenario futuro no es alentador.

La elaboración del índice de vulnerabilidad al cambio climático es clave y debe utilizarse como herramienta para identificar las vulnerabilidades en el sector hídrico que a la vez se interrelacionan con los sectores agrícolas, salud y demás, esta con la finalidad de generar iniciativas que conlleven a implementar medidas de adaptación y mitigación que enfrenten los efectos del cambio climático en las diferentes comunidades y municipios evaluados pero con una perspectiva más clara de la priorización no solo del territorio sino del que hacer en el territorio de manera oportuna, integral, equitativa e inclusiva.

## Contribuciones de los autores

Hidrología, José Max Ayala; geología, Maynor Ruíz; climatología, Edgar Josué Mejía; análisis matemático, Junior Reyes; gestión de riesgos, Oscar Elvir; recopilación, desarrollo y análisis de base de datos: Karla Hernández, Luis Miguel Castillo, Joseline Faviola Núñez, Andrea Eloiza Contreras, Johan Edin Rodas, Jorge Carranza, Marcela Matamoros y Shamir Núñez.

## Financiamiento

Estas investigaciones fueron financiadas por:

· Zona 1 en 2015: Proyecto del Fondo de Adaptación: “Enfrentando riesgos climáticos en recursos hídricos en Honduras: incrementando resiliencia y disminuyendo vulnerabilidades en comunidades urbanas pobres”, ejecutado por la Secretaría de Energía, Recursos Naturales, Ambiente y Minas (MiAmbiente) y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo PNUD

· Zona 2 en 2016: Convenio Nacional 14-C01-021 “Mejora de las capacidades de resiliencia de la población y

sus medios de vida, para luchar contra la inseguridad alimentaria, afrontar las crisis de origen natural o antrópico y reducir las condiciones de pobreza, con un enfoque de equidad de género y derechos” financiado por la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo – AECID e implementado por la Fundación Ayuda en Acción, la cual en cooperación con el IHCIT – UNAH se generó el proyecto de “Adaptación al cambio climático en las comunidades de los municipios de Victoria, Sulaco en Yoro y Las Lajas, La Libertad en Comayagua, con enfoque de género y seguridad alimentaria.

· Zona 3 en 2020: Proyecto “Fortaleciendo la resiliencia climática para la seguridad alimentaria con enfoque de género e interculturalidad con población indígena lenca”, coordinado y cofinanciado en Honduras por Ayuda en Acción, y financiamiento de la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID).

· Zona 4 en 2020: Proyecto “Adaptación Basada en Ecosistemas en el Corredor Boscoso Central de Tegucigalpa”, gerenciado en Honduras por PNUD, con la coordinación técnica de MiAmbiente, financiado mediante la subvención del Fondo de Adaptación

### Conflictos de Interés

Los autores declaran que no hay conflicto de intereses en este estudio.

## Referencias bibliográficas

1. MiAmbiente/UNAH. (2014). Evaluación de los Recursos Hídricos en su régimen Natural. Tegucigalpa: UNAH, pp 43-44
2. MiAmbiente, Agua de Honduras - CIAT. (2021, December 15). Agua de Honduras. Retrieved from Agua de Honduras: <https://aguadehonduras.gob.hn/>
3. CEDEX/MiAmbiente. (enero de 2003). Balance Hídrico Nacional. Informe Nacional. Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente - Dirección General de Recursos Hídricos, Tegucigalpa. p147-149
4. PREPAC, C. d. (2005). Inventario regional de los cuerpos de agua continentales del Istmo Centroamericano. OSPESCA (Organización del Sector Pesquero y Acuicola del Istmo Centroamericano), obtenido de [http://centroclima.org/wp-content/uploads/2017/01/aguas\\_centroamerica.pdf](http://centroclima.org/wp-content/uploads/2017/01/aguas_centroamerica.pdf) (Recuperado el 30/06/2022).
5. UNE-DHI/GWP/Cap-Net. (2018). Hoja de datos sobre el Estado de la Gestión Hídrica en Honduras 2017-2018. Tegucigalpa. Obtenido de [https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-cam\\_files/fact-sheet\\_hn.pdf](https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-cam_files/fact-sheet_hn.pdf) (Recuperado el 30/06/2022).
6. CEPAL/MiAmbiente. (2016). La economía del cambio climático, mensajes clave. México: LC/MEX/L.1221.
7. IPCC, 2014: Cambio climático 2014: Impactos, adaptación y vulnerabilidad – Resumen para responsables de políticas. Contribución del Grupo de trabajo II al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC)
8. Becerril-Tinoco, C. A., & Murrieta, F. d. (2014). Construcción de comunidades hídricas en México. Territorios, Bogotá.
9. Municipalidad de Santa Ana. (junio de 2018). Plan de Desarrollo Municipal. Santa Ana. Recuperado el 30 de junio de 2022, de <https://www.sgjd.gob.hn/biblioteca-virtual/docspdm/pdm-certificados/fco-morazan-pdm-certificados/1207-pdm-santa-ana-francisco-morazan/file>
10. Monterroso, A., Conde, C., & Gay, C. J. (2015). INDICADORES DE VULNERABILIDAD Y CAMBIO CLIMÁTICO EN LA AGRICULTURA DE MÉXICO. México.
11. Parry M, C. O. (2007). Impactos, Adaptación y Vulnerabilidad. Aportes del Grupo de Trabajo II al Cuarto Informe del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático. U.K.: Cambridge.
12. IHCIT-UNAH. (2012). Atlas climático y de gestión de riesgo de Honduras. Tegucigalpa, Honduras.
13. Blaikie, P., Cannon, T., David, I., & Wisner, B. (1996). Vulnerabilidad, El entorno social, político y económico de los desastres. Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina
14. Tarbuck, E., & Lutgens, F. (2005). Ciencias de la Tierra. Una introducción a la geología física (Octava ed.). Madrid, España: Prentice Hall.
15. Ortega-Gaucin, D., de la Cruz, J., & Castellano, H. (2018). Peligro, vulnerabilidad y riesgo por sequía en el contexto del cambio climático en México. México: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua
16. Instituto de Conservación Forestal (ICF). (2015). Mapa de Riesgos a Incendios Forestales 2015. Tegucigalpa, Honduras.
17. Vargas-Sanabria, D., & Campos-Vargas, C. (2018). Modelo de vulnerabilidad ante incendios forestales para el Área de Conservación Guanacaste, Costa Rica. (Vol. 10). San José, Costa Rica.
18. Instituto Nacional de Conservación Forestal (ICF). (2018). Mapa de cobertura forestal y uso de la tierra 2018. Tegucigalpa, Honduras
19. Aguilar, A. G. (2000). Los asentamientos humanos y el cambio climático en México. Un escenario futuro de vulnerabilidad regional. México.
20. CEPAL, & MiAmbiente. (2016). La economía del cambio climático en Honduras. Mensajes Clave 2016. México.
21. GWP Centroamérica; Alianza por el Agua. (2009). Experiencias de agua potable y saneamiento con enfoque de Gestión Integrada de Recursos Hídricos en Honduras. Tegucigalpa, Honduras.
22. FAO. (2021). Evaluación de los recursos forestales mundiales 2020. Informe principal. Roma, Italia. doi: <https://doi.org/10.4060/ca9825es>
23. Castillo, R., Montero, R., Amador, J., & Durán, A. M. (2018). Cambios futuros de precipitación y temperatura sobre América Central y el Caribe utilizando proyecciones climáticas de reducción de escala estadística. Revista de Climatología, XVIII, 1-12.
24. Puertas, O., Carvajal, Y., & Quintero, M. (2011). Estudio de tendencias de la precipitación mensual en la cuenca alta-media del río Cauca, Colombia. Colombia.
25. Diario Oficial La Gaceta, Costa Rica. (2007). Reglamento para la evaluación y clasificación de la calidad de cuerpos de agua superficiales. San José, La Uruca, Costa Rica.
26. Ladrera, R., Rieradevall, M., & Prat, N. (2013). Macroinvertebrados acuáticos como indicadores biológicos: una herramienta didáctica. Barcelona, España.
27. Instituto Nacional de Estadística Honduras (INE). (2013). Censo Nacional de Población y Vivienda del año 2013. Tegucigalpa, Honduras.
28. UNICEF Honduras. (2016). El cambio climático en Honduras. La infancia en peligro. Tegucigalpa, Honduras.
29. Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA). (2016). El cambio climático y la salud de los adultos mayores. Estados Unidos
30. Comisión Interamericana de Derechos Humanos & OEA. (2021). Emergencia climática. Alcance y obligaciones interamericanas de derechos humanos. Washington D. C., Estados Unidos
31. Revelo, L. A. (2021). La igualdad de género ante el cambio climático: ¿Qué pueden hacer los mecanismos para el adelanto de las mujeres de América Latina y el Caribe? Santiago, Chile: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
32. ONU-Agua. (2017). Informe de políticas de la ONU-AGUA sobre el Cambio Climático y el Agua. Ginebra, Suiza.
33. Aller, L., Bennett, T., Lehr, J., Petty, R., & Hackett, G. (1987). DRASTIC: Un sistema estandarizado para evaluar la potencial contaminación de las aguas subterráneas utilizando entornos hidrogeológicos. [A standardized system for evaluating ground water pollution potential using hydrogeologic setting]. Estados Unidos.

34. Hernández, A. (2005). Dinámica del uso de suelo y oferta hídrica en la subcuenca Guacerique. Turrialba, Costa Rica.
35. UNESCO & ONU-Agua. (2020). Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2020: Agua y Cambio Climático. París, Francia.
36. Castellano, C., & Pérez, T. (2003). El espacio barrio y su espacio comunitario, un método para la estructuración de lo urbano. Santiago, Chile.
37. Ayala, M. J., Bogado, E., & Cañiza, M. (2020). La experiencia de la inclusión del enfoque de género en los proyectos de agua potable y saneamiento en Paraguay. Paraguay: Banco Interamericano de Desarrollo (BID).
38. Mancomunidad Trinacional Fronteriza Río Lempa. (2015). Operación y mantenimiento de la Junta Administradora de Agua Potable. Ocotepeque, Honduras.
39. Ferreyra, A., & Zuazo, S. (2013). Economía familiar en un contexto de cambio climático. La Paz, Bolivia: Programa de Reducción del Riesgo de Desastres (PRRD).
40. Oficina Internacional del Trabajo. (2010). Boletín Internacional de Investigación Sindical. Cambio climático y trabajo: la necesidad de una «transición justa» (Vol. II). Ginebra, Suiza.
41. Viguera, B., Martínez-Rodríguez, M., Donatti, C., Harvey, C., & Alpizar, F. (2017). El clima, el cambio climático, la vulnerabilidad y acciones contra el cambio climático: Conceptos básicos. Turrialba, Costa Rica.
42. Centro Nacional de Información del Sector Social (CENISS). (2019). Mapa de Cobertura Municipal de las Personas Atendidas por los Proyectos o Programas Sociales del CENISS. Tegucigalpa, Honduras.
43. Izquierdo, J., Gutiérrez-Pérez, J., Herrera, M., & Ramos-Martínez, E. (2011). La vulnerabilidad de los sistemas de abastecimiento de agua. Morelia, México.
44. Banco Mundial. (2016). Por qué los bosques son fundamentales para el clima, el agua, la salud y los medios de subsistencia. Washington D.C., Estados Unidos.
45. Banco Interamericano de Desarrollo (BID). (2010). Vulnerabilidad y adaptación al cambio climático. Diagnóstico inicial, avances, vacíos y potenciales líneas de acción en Mesoamérica. Washington, D.C., Estados Unidos.