

### Artículo Original

# Evaluación de la degradación ambiental y vulnerabilidad frente al cambio climático en la microcuenca Río Helado, Santa Bárbara

*Assessment of environmental degradation and vulnerability to climate change in the micro-watershed of Río Helado, Santa Bárbara*

Riccy Nohemí Lemus Cervantes<sup>1</sup> 

*Escuela de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Ciencias Forestales, UNACIFOR, Siguatepeque, Honduras*

#### Historia del artículo:

Recibido: 23 abril 2023

Revisado: 27 abril 2023

Aceptado: 19 abril 2023

Publicado: 21 abril 2023

#### Palabras clave

Cambio climático

Deterioro ambiental

Honduras

Recursos naturales

#### Keywords

Climate change

Environmental degradation

Honduras

Natural resources

**RESUMEN. Introducción.** La degradación de los recursos puede alcanzar proporciones críticas en los corredores biológicos en Honduras. La calidad y cantidad del agua pueden verse seriamente afectadas por el uso de agroquímicos, deforestación y agricultura sin acciones de conservación. El objetivo del estudio fue medir los niveles de degradación y vulnerabilidad en los alrededores de la cuenca del Lago de Yojoa y áreas protegidas que integran el corredor biológico en Honduras. **Métodos.** El porcentaje de degradación se determinó a través de la recolección de datos biofísicos, sociales y económicos a una muestra representativa de una población beneficiada. Se aplicó una escala de ponderación que mide los niveles de degradación y vulnerabilidad. **Resultados.** Se obtuvo un índice de degradación de 44.5%, el cual correspondió a un porcentaje medio y un índice de vulnerabilidad de 58.5%, el cual correspondió a un porcentaje alto. El componente social tuvo mayor degradación en la microcuenca, ubicándose en la categoría de degradación alta. El componente con menor degradación fue el económico y se ubicó en la categoría de degradación baja, mientras que el componente biofísico obtuvo un índice de degradación media. **Conclusión.** La agricultura sostenible no ha sido un compromiso que han asumido los habitantes e instituciones presentes en la zona. Sin embargo, es necesario proporcionar alternativas sostenibles e innovadoras, las cuales ayuden a los agricultores a producir mejores cultivos en el corredor biológico en Honduras.

**ABSTRACT. Introduction.** The degradation of resources may reach critical proportions in the biological corridors in Honduras. The quality and quantity of water may be seriously affected due to the use of agrochemicals, deforestation, and agriculture without conservation action. The study aim was to measure the degradation and vulnerability levels of the Yojoa Lake watershed and protected areas that are part of the biological corridor in Honduras. **Methods.** The percentage of degradation was determined through the collection of biophysical, social, and economic data from a representative sample of a beneficiary population. A weighting scale was applied that measured degradation and vulnerability levels. **Results.** A degradation index of 44.5% was obtained, which corresponded to a medium percentage and a vulnerability index of 58.5% which corresponded to a high percentage. The social component had the greatest degradation in the micro-watershed, placing itself in the high degradation category. The economic component had the least degradation and situated itself in the low degradation category. Meanwhile, the biophysical component obtained a medium degradation index. **Conclusion.** Sustainable agriculture has not been a commitment which residents and institutions have assumed in the area. However, it is necessary to provide sustainable alternatives and innovations that may support farmers to produce better crops in the biological corridor in Honduras.

## 1. Introducción

El deterioro ambiental y la vulnerabilidad de la población tiene un vínculo directo con el manejo de los recursos naturales (Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia [UNICEF], 2016). Esto se debe a que todas las acciones que se ejercen inciden en la calidad y sostenibilidad de los recursos, por lo cual se ven afectadas las presentes y futuras generaciones.

La microcuenca Río Helado forma parte de las 12 microcuencas que integran la subcuenca del Lago de Yojoa. El 45% del área total de la microcuenca está dentro del Parque Nacional Montaña de Santa Bárbara (PANAMOSAB). El PANAMOSAB es una fuente importante de abastecimiento de agua potable y generación de energía de la que dependen zonas urbanas como Los Naranjos y parte del territorio del Municipio de Las Vegas y Santa Bárbara. Estas áreas, al igual que

<sup>1</sup> Autor correspondiente: riccynohemi@gmail.com, Universidad Nacional de Ciencias Forestales, Siguatepeque, Honduras

Disponible en: <http://dx.doi.org/10.5377/innovare.v12i1-1.16009>

© 2023 Autores. Este es un artículo de acceso abierto publicado por UNITEC bajo la licencia <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>

muchas en el país, carecen de la construcción y ejecución de un plan del ordenamiento territorial. La cuenca del Lago de Yojoa y el PANAMOSAB poseen ecosistemas únicos, con una colección de especies de flora y fauna que probablemente son endémicas de dicha región (Instituto de Conservación Forestal, Asociación de Municipios del Lago de Yojoa y su Área de Influencia (Instituto de Conservación y Desarrollo Forestal, Áreas Protegidas y Vida Silvestre [ICF], & Asociación de Municipios del Lago de Yojoa y su Área de Influencia [AMUPROLAGO], 2016).

La población conoce la importancia de estas zonas como áreas protegidas. Sin embargo, el crecimiento demográfico ejerce presión sobre los recursos naturales aumentando las amenazas, principalmente en PANAMOSAB, ya que actualmente el plan de manejo aún está en proceso de construcción (House, 2002). En este contexto, es necesario fortalecer las capacidades de las personas y comunidades, para reducir las consecuencias y riesgos. Al mismo tiempo, es fundamental proponer medidas de mitigación aplicadas a las zonas degradadas y más vulnerables, con el fin de mantener la productividad y sostenibilidad de los bienes y servicios ecosistémicos y promover un manejo integrado de los recursos (AMUPROLAGO, 2002). El objetivo principal del estudio fue determinar el porcentaje de degradación ambiental y vulnerabilidad de la microcuenca Río Helado, y proponer las medidas de adaptación y mitigación a implementar en base a su efectividad y las experiencias de los productores de la zona.

## 2. Métodos

### 2.1. Área de estudio

#### 2.1.1. Descripción del área del estudio

La microcuenca Río Helado es una de las 12 microcuencas que integran la subcuenca del Lago de Yojoa. Está localizada al noroeste del Lago de Yojoa, con una extensión territorial de 4,546 ha. De esta superficie el municipio de Santa Bárbara comprende el 45%. El resto está distribuido entre los municipios de Santa Cruz de Yojoa (32%) y Las Vegas (23%).

#### 2.1.2. Proceso metodológico

Se utilizó la metodología detallada de Cáceres Johnson (2001) para la investigación. Esta metodología permite estimar el porcentaje de degradación y vulnerabilidad presente en la microcuenca, través de la recopilación de información biofísica, social y económica. A partir de esto, se seleccionaron variables y dentro de estas aquellos

indicadores que fueran medibles y tuvieran una influencia directa en la degradación. Los resultados se evaluaron a través de una escala de ponderación de 0 a 4, la cual midió los diferentes porcentajes de degradación existentes en la microcuenca (Cuadro 1). El proceso metodológico para evaluar la degradación y vulnerabilidad incluyó la selección de índices, variables e indicadores para cada factor, adaptados de Cáceres Johnson (2001). Sin embargo, fue necesario realizar modificaciones según las condiciones del área de estudio y representación de la situación actual, tomando como referencia a Quiroga Martínez (2009).

### Cuadro 1

Escala de índices de calificación.

Caracterización	Índice de caracterización
Muy baja o nula	0
Baja	1
Media	2
Alta	3
Muy alta	4

\*Cáceres Johnson (2001).

### 2.2. Evaluación de la degradación

Se evaluó la degradación de la microcuenca mediante tres componentes: biofísico, social y económico. Dentro de los componentes, se seleccionaron factores y variables. Algunas de estas variables fueron modificadas, con respecto a las propuestas en la metodología de Cáceres Johnson (2001). Se utilizaron un total de nueve factores, tres para cada componente.

Se seleccionaron nueve factores de degradación: tres para cada uno, 17 variables y cada una con sus respectivos indicadores. Cabe resaltar que no todos los factores contaron con el mismo número de indicadores y variables, ya que se consideró las fuentes de información con las que se contaba para poder evaluar cada variable. Dentro del componente biofísico se utilizaron los factores: agua, bosque y suelo. Para el componente social se consideró: educación, salud y presencia institucional. El componente económico incluyó los factores: renta/ingresos, fuentes de trabajo e infraestructura. El Cuadro 2 muestra la escala de índices de degradación, con sus niveles.

### Cuadro 2

Escala de índices de degradación.

Porcentaje de degradación	Degradación de la cuenca
0-19.9	Muy baja
20-39.9	Baja
40-59.9	Media
60-79.9	Alta
80-100	Muy alta

\*Cáceres Johnson (2001).

### *2.2.1. Reconocimiento del área e identificación de actores claves*

Se realizaron consultas bibliográficas sobre el tema. Sin embargo, al no encontrar con estudios, se visitó la Asociación de Municipios de la Cuenca del Lago de Yojoa (AMUPROLAGO). Esta asociación es una institución co-manejadora del área protegida, a través de la cual se obtuvieron datos sobre el área (ubicación, número de comunidades, área total). Además, se realizaron cuatro giras de campo en conjunto con AMUPROLAGO para identificar 10 comunidades y sus actores locales, así como socializar la investigación.

### *2.2.2. Visita a instituciones*

Una vez identificadas las instituciones presentes en el área de estudio, se hicieron visitas en las que se socializó el estudio con las Unidades Municipales Ambientales (UMAS), oficinas locales del Instituto de Conservación Forestal, Áreas Protegidas y Vida Silvestre (ICF), Organizaciones No Gubernamentales (ONG) presentes y la oficina local del Instituto Hondureño del Café (IHCAFE).

### *2.2.3. Recopilación de la información*

Se hicieron entrevistas semiestructuradas a productores, técnicos con experiencia de trabajo en el área y centros de salud, para aplicar las escalas y obtener la información confiable sobre el estado de la microcuenca. Además, se diseñó una encuesta la cual se aplicó a 70 actores locales de las distintas comunidades, principalmente a miembros de juntas de agua, patronatos y productores de café. Además, se aplicó una encuesta diseñada a cuatro instituciones con una estructura similar.

Los informantes claves se seleccionaron según la metodología de Cáceres Johnson (2001). Seguidamente, se llevó a cabo una etapa de validación, en la cual se realizó un taller con la participación de 30 actores claves. Los actores claves fueron representantes de juntas de agua, patronatos, productores y técnicos de cinco comunidades de la parte alta, media y baja de la microcuenca.

El desarrollo del taller tuvo como objetivo principal recolectar información a través de la participación de los distintos actores claves y representantes comunitarios. Asimismo, sus experiencias ayudaron a validar la información recopilada en las giras de campo mediante la aplicación de las encuestas y entrevistas.

Para la validación y recopilación de información se utilizó la metodología de árbol de problemas, la cual fue adaptada a los objetivos del taller y estructurada a partir

de la revisión bibliográfica de distintas fuentes bibliográficas (Centro de Investigaciones y Servicios Educativos [CISE], s. f.; Escuela Latinoamericana de Áreas Protegidas, s. f.). Se evaluaron los componentes a través de mesas de trabajo, distribuidos en distintos grupos integrados por actores claves y representantes de instituciones. La evaluación de los componentes se desarrolló en las siguientes fases: (1), identificación de las causas, (2) variables, (3) experiencias y situaciones actuales en cada comunidad (4), identificación del problema, (5) efectos positivos y negativos, (6) influencia.

### *2.3. Evaluación de la vulnerabilidad*

Para determinar la vulnerabilidad presente en la microcuenca se utilizó la misma metodología aplicada para la evaluación de la degradación.

#### *2.3.1. Tipos de vulnerabilidad, variables e indicadores utilizados para la estimación*

La metodología de Cáceres Johnson (2001) utiliza ocho tipos de vulnerabilidad. Sin embargo, indica que se pueden utilizar o modificar según los objetivos de la investigación y fuentes de información disponibles. Para este estudio, solo se evaluaron cuatro tipos: (1) vulnerabilidad social, (2) ecológica, (3) económica y (4) política. En cada tipo de vulnerabilidad se seleccionaron dos variables, con sus respectivos indicadores. La información recolectada se utilizó también para evaluar la vulnerabilidad total. Los indicadores utilizados, se seleccionaron a partir de la revisión de distintas fuentes bibliográficas (Mussetta et al., 2017; Nieto Rodríguez et al., 2007).

#### *2.4. Análisis de la información y aplicación de las escalas*

Se hizo un análisis del estado actual de la microcuenca utilizando la información recopilada de distintas fuentes como la plataforma del Sistema de Información para la Gestión y Monitoreo Forestal (SIGMOF) del ICF y plataformas de uso libre como Agua de Honduras y sistemas de información geográfica (Instituto Nacional de Conservación Forestal [ICF], 2023). Esto sirvió como medio de verificación de los datos recolectados en campo.

#### *2.5. Análisis de escenarios*

A través de la plataforma Agua de Honduras con la herramienta de Sistema de Apoyo a la Planificación Hídrica Local, se analizó un escenario climático tomando las variables de coberturas del ICF, precipitación y la

oferta hídrica actual (Centro Internacional de Agricultura Tropical [CIAT], 2023a). Esta plataforma permite analizar distintos escenarios climáticos, desde años secos hasta los escenarios más críticos presentados por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés).

Se utilizó un escenario de la Trayectoria de Concentración Representativa con sus siglas en inglés (RCP). En este caso, se utilizó el RCP 8.5- 2050 + cobertura ICF 2018. El RCP 8.5 es considerado un escenario pesimista según el IPCC (IPCC, 2014), ya que consiste en un incremento de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) a lo largo del tiempo, sin acciones de mitigación. Este análisis consideró la evaluación de las concentraciones hasta el año 2050.

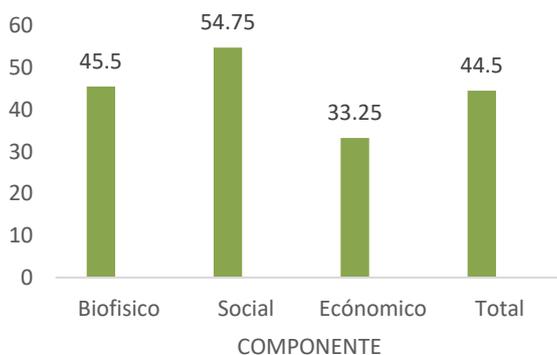
La información para este análisis se extrajo considerando las microcuencas más cercanas al área de estudio que están reportadas en la plataforma, como una muestra representativa de las características del área de estudio.

### 3. Resultados

#### 3.1. Porcentajes de degradación

Se encontró que la microcuenca Río Helado tuvo un porcentaje de degradación del 44.5% (Figura 1), correspondiente a un índice de calificación media. El componente social fue el que presentó el índice de degradación más alto en la microcuenca, ubicándola en la categoría de degradación alta.

El componente que sufrió de menos degradación fue el económico que se ubicó en la categoría de degradación baja, mientras que el componente biofísico tuvo un índice de degradación media.



**Figura 1.** Porcentajes de degradación de la microcuenca Río Helado, Honduras.

#### 3.2. Hallazgos de las mesas de trabajos

La recopilación de la información, giras de campo y el análisis de los resultados identificó que una de las principales amenazas a la que está expuesta la microcuenca es la deforestación. Esto ha generado en los últimos años problemas como disminución del flujo de agua y deslaves. Sus causas principales son la caficultura, cultivos de aguacate y producción de diferentes cultivos para consumo sin uso de técnicas de conservación.

La deforestación se evaluó mediante el componente biofísico, pero no es la variable que más contribuyó a la degradación. Sin embargo, tiene un vínculo directo con el componente social. Se encontró que sólo se han realizado dos campañas en los últimos años y no han beneficiado a toda la población. Los habitantes reciben muy poca información y capacitación sobre la importancia del manejo y sostenibilidad de los recursos. Además, no existe una coordinación entre comunidad e instituciones. Muchos de los delitos como tala ilegal, ya sea para extracción de madera o expansión de cultivos agrícolas, no son atendidos por las instancias correspondientes.

Se determinó a través de la elaboración de un mapa de cobertura que, actualmente el 36.89% de cobertura total de la microcuenca son cafetales. La mayor parte de estas áreas están dentro de la zona núcleo del Parque Nacional Montaña de Santa Bárbara. La zona boscosa aún se conserva, con el 35% de bosque latifoliado del área de la microcuenca.

Basado en la información recolectada en campo a través de las distintas fuentes, se determinó que en promedio el 80% de los habitantes de la microcuenca viven de la caficultura y el resto de la producción de hortalizas en pequeñas parcelas, cultivos en asocio con musáceas y aguacate. Sin embargo, no todos los productores reciben asistencia o algún tipo de capacitación para el manejo sostenible de sus fincas y cultivos. Únicamente son capacitados los productores que certifican sus fincas y a través de ello reciben todos los beneficios.

Existen más de 140 fincas certificadas en la parte alta de la microcuenca, en las aldeas de Las Flores, Los Laureles, El Cedral, Las Quebradas, El Cielito, entre otras. Sin embargo, esto representa en promedio a un 25% de los productores que tienen fincas con áreas mayores a 10 ha.

Según los datos proporcionados por los técnicos y productores, una de las barreras para incrementar estas cifras es que no todos los productores se interesan por certificar sus fincas. Además, les resulta un proceso de inversión de tiempo, desde el uso de productos orgánicos que ayudan a preservar la fertilidad natural de los suelos, fomentar la diversidad de especies en los distintos cultivos

(café, granos básicos, frutales) y emplear técnicas como el control biológico o natural para plagas y enfermedades. Sumado a esto, los productores no están organizados y las instituciones cercanas como IHCAFE no inciden en este tipo de procesos. Por último, existe poco conocimiento en el uso de este tipo de técnicas.

### 3.3. Porcentajes de la vulnerabilidad

La vulnerabilidad total de la microcuenca tuvo un valor de 58.5% (Figura 2), correspondiente a la categoría de vulnerabilidad alta. Las vulnerabilidades política y social estuvieron en el índice de vulnerabilidad alta, mientras que las vulnerabilidades ecológica y económica tuvieron un índice medio.

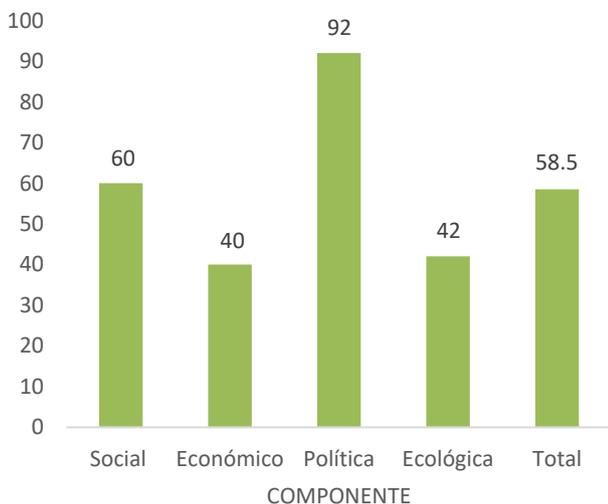


Figura 2. Porcentajes de vulnerabilidad de la microcuenca de Río Helado, Honduras.

### 3.4. Escenarios de cambio climático

En base a los datos obtenidos del mapa cobertura elaborado, se determinó que el cultivo de café ocupó casi el mismo porcentaje de área que el bosque. Por lo tanto, se analizó un escenario con base en la siguiente interrogante: ¿Cuáles serían los cambios en la oferta hídrica de la microcuenca si existe un incremento de los cafetales para el año 2050?

**Escenario.** Cambios de cobertura, aumentando el porcentaje del área con cultivo de café y disminuyendo las áreas de bosque latifoliado (ver incisos M1 a M3). Los porcentajes de oferta hídrica tendrían una reducción significativa principalmente en los meses de julio y agosto (Figura 3). La concentración de emisiones de GEI producida por el café sería mayor. Para comparación, la

Figura 3 muestra el comportamiento del balance hídrico respecto a los cambios de cobertura, según el Centro Internacional de Agricultura Tropical (datos).

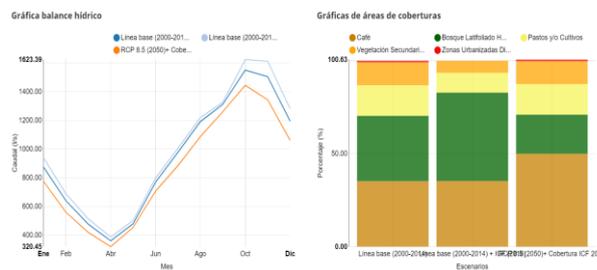


Figura 3. Gráfica de escenarios. \*Centro Internacional de Agricultura Tropical [CIAT] (2023b).

### 3.5. Medidas dirigidas a la rehabilitación y reducción de la degradación de la microcuenca Río Helado

#### 3.5.1. M1. Sistemas agroforestales

Es una técnica utilizada para la diversificación de cultivos, la cual ya es empleada por productores de la zona. Esta técnica puede replicarse con productores que no cuentan con certificación, incluyendo pequeños productores de otros tipos de cultivos como granos básicos, aguacate, yuca entre otros. Esta medida se puede ejecutar a través de alianzas y coordinación interinstitucional entre las actores locales y organizaciones de la microcuenca, con el objetivo de recuperar áreas degradadas y al mismo tiempo aumentar la cobertura boscosa.

Lesmes Parra et al. (2021) en su investigación mencionan que la implementación de sistemas y prácticas de producción sostenible son las que mayor oportunidad tiene de realizarse ya que, además de estar contemplada en los instrumentos de planeación local, presenta avances reales con proyectos piloto. Un grupo de los expertos consultados en esta investigación, señalan que los sistemas y las prácticas de producción sostenible se pueden llevar cabo en el corto plazo y sostienen que se pueden mantener en el largo plazo. Asimismo, la aplicabilidad por parte de la población es alta, aunque se requieren tecnologías.

#### 3.5.2. M2. Plan de acción integral de microcuenca

Se puede construir un plan de acción integral a nivel de la microcuenca, en el cual se prioricen acciones para las zonas, con indicadores que presenten porcentajes de degradación y vulnerabilidad. El Gobierno de la República de Honduras (2017) en su Plan Maestro Agua

Bosque y Suelo (ABS), menciona que los principales problemas en el recurso agua y bosque en el país están relacionados con la deforestación y degradación, es decir que un plan las acciones de fortalecimiento de la gobernanza se verán reflejadas en diferentes instrumentos de planificación y gestión territorial orientadas a la protección y restauración de zonas recarga.

Se puede diseñar a través del uso de distintas herramientas como la medición de gobernanza y diagnósticos en conjunto con las instituciones presentes.

### 3.5.3. M3. Formación de un consejo de cuenca

Actualmente, existen 8 juntas de agua organizadas con sus miembros activos. En dos comunidades existen conflictos por la delegación de deberes, lo que ha generado que miembros de otras organizaciones como patronatos cumplan múltiples funciones. Basado en este contexto, se debe priorizar la organización de juntas de agua por comunidad y por cuenca, con el objetivo de facilitar la coordinación de actividades y ejecución de proyectos. Además, se debe tener una representación ante las distintas instituciones que facilite otros procesos.

Además, es una de las acciones contempladas dentro de los objetivos estratégicos de la Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENC) para el sector recursos hídricos, en donde se refiere a que la gestión integrada del recurso hídrico es decir instituciones y comunidades, aseguran la disponibilidad del recurso especialmente en la época seca, incluyendo la protección de las fuentes de agua (Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente [SERNA], 2017).

## 4. Discusión

El porcentaje de degradación encontrado en la microcuenca Río Helado obtuvo un índice medio. De los tres componentes, el social presentó el índice más alto, seguido por el biofísico y el económico. En términos de vulnerabilidad total, el porcentaje encontrado tuvo un índice medio. De los cuatro tipos de vulnerabilidad, la política obtuvo el más alto, seguido por el social. Las vulnerabilidades ecológicas y económicas alcanzaron índices bajos.

La selección de variables e indicadores de los componentes de degradación y vulnerabilidad fue sometida a distintos procesos. Se tuvo que descartar algunas variables e indicadores, ya que no se contó con fuentes de información confiables o accesibles. Por lo tanto, los componentes no utilizaron un número determinado y la cantidad de variables fue distinta, así como de los indicadores. La función de un indicador es documentar cambios en el tiempo que sean medibles (Comisión Económica para América Latina y el Caribe

[CEPAL], 2009). El área de estudio cuenta solo con un plan de desarrollo elaborado por AMUPROLAGO en 2002 (AMUPROLAGO, 2022). La microcuenca no ha sido sometida a un proceso de declaratoria, ni cuenta con un plan de manejo.

El componente social midió la presencia institucional, específicamente las metas y proyectos que desarrollan las comunidades, con las instituciones. Este componente influye directamente en la degradación y vulnerabilidad de la microcuenca. Es importante que los actores locales de las comunidades sean capacitados e informados sobre la problemática ambiental y las amenazas a las que están expuestas los recursos del área, principalmente aquellas zonas de recarga hídrica. Esto ayudará a tomar acciones para trabajar en conjunto, con el fin de minimizar los impactos (Ortiz-Hernández, 2020). Sin embargo, en los últimos dos años, solo se ha reportado dos campañas de educación ambiental en cuatro de las 10 comunidades que están dentro de la microcuenca. Estas comunidades se encuentran en la parte baja de la microcuenca y tienen mejor acceso.

Las comunidades de la parte alta tienen menos acceso por la mala condición de las carreteras. Sus actores locales no han recibido algún tipo de capacitación sobre temas ambientales. Estas comunidades influyen más en el estado de los recursos naturales. Las acciones negativas que se desarrollan en la microcuenca por uso de químicos, cambio de uso de suelo por el cultivo de café, deforestación, entre otras amenazas, afectan directamente a toda la población que vive dentro de misma (Gobierno de la República de Honduras, 2017).

El 36.89% de la cobertura y uso de suelos de la microcuenca está cubierta por cafetales y es la principal fuente de ingresos de los habitantes. La mayor parte de productores cultivan hasta los 2000 msnm en zonas como Las Flores y el Cielito, comunidades que están dentro de la zona de amortiguamiento y núcleo de PANAMOSAB. Esto se debe a que a mayor altura el grano obtenido es de mejor calidad. Sin embargo, este estándar ha provocado la deforestación de extensiones de bosque. Muchas de estas áreas nunca se vuelven a recuperar y son ocupadas por invasiones (AMUPROLAGO, 2002). Adicionalmente, la producción del café emite GEI que contribuyen a la vulnerabilidad climática (Organización Mundial del Comercio, s. f.).

Un estudio por Albornoz Osorio (2017) calculó la huella de carbono del café (*Coffea arabica*) de una empresa asociativa campesina. El estudio encontró que la producción, procesamiento y distribución de 1 kg de café oro emite a la atmósfera 3.42 kg CO<sub>2</sub>, con distribución de las emisiones en la etapa de cultivo (51%), el procesamiento (32%) y la distribución (17%). En la etapa de cultivo, el uso de fertilizantes como la urea y emisiones

de dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) por volatilización y lixiviación son los que más contribuyen a los GEI.

Además, dentro la Contribución Nacional Determinada (NDC), se encuentran datos de estimación de las emisiones a nivel de país, en las que el sector agricultura junto con la ganadería y sus actividades productivas tienen los índices más alto en emisiones de GEI (Gobierno de la República de Honduras, 2021).

En la zona de la microcuenca de Río Helado es necesario intensificar los procesos de certificación. Además, se deben promover estrategias para reducir el avance de la cafiticultura hacia la zona núcleo de estas áreas protegidas (ICF & AMUPROLAGO, 2016).

## 5. Conclusión

Este estudio es el primero que describe información biofísica, social y económica de la microcuenca Río Helado, Honduras. Es necesario reducir la degradación social, específicamente mediante mayor presencia institucional y asistencia técnica a productores. Los habitantes de la zona pueden utilizar estos hallazgos como una herramienta para la toma de decisiones. Además, este estudio puede servir como base para futuras investigaciones en el área y a su vez ser aplicado a otras zonas del país.

## 6. Financiamiento

Este proyecto fue financiado por la Cooperación Alemana (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit, GIZ) a través del Programa EuroClima+ y bajo la coordinación del Centro Universitario Tecnológico (CEUTEC) de la Universidad Tecnológica Centroamericana (UNITEC) de Honduras. El mismo es parte del Programa de Jóvenes Investigadores y en relación a la Estrategia Nacional de Descarbonización y Resiliencia Climática de Honduras 2020-2050.

## 7. Reconocimiento

Durante la recolección de datos, se contó con el acompañamiento técnico de la Asociación de Municipios de la Cuenca del Lago de Yojoa (AMUPROLAGO). Se agradece al M.Sc. Danhy Estid Fuentes y a la Ing. Raquel López por su asesoría técnica y metodológica en la investigación.

## 8. Conflictos de Interés

La autora declara no tener ningún conflicto de interés. La investigación fue realizada de manera independiente y sin influencia por parte de los financiadores. Todos los

resultados y conclusiones presentados en este artículo son responsabilidad exclusiva de la autora de este artículo.

## 9. Referencias Bibliográficas

- Albornoz Osorio, A. C. (2017). *Huella de carbono del café (Coffea arabica) en Empresa Asociativa Campesina Aruco en Copán, Honduras para el año 2016-2017*. Escuela Agrícola Panamericana El Zamorano. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/c52ef4cc-7fb0-4a0f-bd0b-6ee4b64a2169/content>
- Asociación de Municipios del Lago de Yojoa y su Área de Influencia [AMUPROLAGO]. (2002). *Plan de desarrollo general La Quebradona*.
- Cáceres Johnson, K. (2001). *Metodologías para estimar degradación y vulnerabilidad a desastres naturales: aplicación a la microcuenca Los Naranjos, Lago de Yojoa, Honduras*. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/4727>
- Centro de Investigaciones y Servicios Educativos [CISE]. (s. f.). *Nota técnica n.º 6. ¿Cómo se construye un árbol de problemas?* Escuela Superior Politécnica del Litoral. <http://www.cise.espol.edu.ec/es/como-se-construye-arbol-de-problemas>
- Centro Internacional de Agricultura Tropical [CIAT]. (2023a). *Agua de Honduras*. <https://aguadehonduras.gob.hn>
- Centro Internacional de Agricultura [CIAT]. (2023b). *Sistema de apoyo a la planificación hídrica local*. <https://aguadehonduras.gob.hn/wpshonduras>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL]. (2009). *Guía metodológica para desarrollar indicadores ambientales y de desarrollo sostenible en países de América Latina y el Caribe*. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/5502-guia-metodologica-desarrollar-indicadores-ambientales-desarrollo-sostenible>
- Escuela Latinoamericana de Áreas Protegidas. (s. f.). *El análisis del árbol de problemas y transformación en árbol de objetivos*. Universidad para la Cooperación Internacional. [https://ucipfg.com/Repositorio/ELAP/Cursos-Libres/PPGSA/Modulo\\_3/MC\\_3/HT1\\_U3.pdf](https://ucipfg.com/Repositorio/ELAP/Cursos-Libres/PPGSA/Modulo_3/MC_3/HT1_U3.pdf)
- Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia [UNICEF]. (2016). *El cambio climático en Honduras. La infancia en peligro*. <https://www.unicef.org/honduras/media/501/file/El-Cambio-climatico-en-Honduras-estudio-2016.pdf>
- Gobierno de la República de Honduras. (2017). *Plan maestro de agua, bosque y suelo*. <https://sgomm.inam.gob.hn/index.php/download/plan-maestro-agua-bosque-y-suelo-ultima-revision-final-2017/>
- Gobierno de la República de Honduras. (2021). *Actualización de la Contribución Nacional Determinada de Honduras*. [https://unfccc.int/sites/default/files/NDC/2022-06/NDC%20de%20Honduras\\_%20Primera%20Actualizaci%C3%B3n.pdf](https://unfccc.int/sites/default/files/NDC/2022-06/NDC%20de%20Honduras_%20Primera%20Actualizaci%C3%B3n.pdf)
- Quiroga Martínez, R. (2009). *Guía metodológica para desarrollar indicadores ambientales y de desarrollo sostenible en países de América Latina y el Caribe*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. [https://www.cepal.org/sites/default/files/courses/files/8\\_manual-61-cepal\\_formatoserie\\_color.pdf](https://www.cepal.org/sites/default/files/courses/files/8_manual-61-cepal_formatoserie_color.pdf)
- House, P. R. (2002). *Diagnóstico ambiental del Lago de Yojoa, Honduras. Revisión bibliográfica*. <https://repositorio.credia.hn/bitstream/handle/123456789/108/2002>

- \_diagnostico\_ambiental\_lago\_de\_yojoa\_paul\_house.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=Los%20suelos%20del%20norte%20del,agua%20y%20textura%20franco%2D%20limosa
- Instituto de Conservación y Desarrollo Forestal, Áreas Protegidas y Vida Silvestre [ICF], & Asociación de Municipios del Lago de Yojoa y su Área de Influencia [AMUPROLAGO]. (2016). *Plan de manejo del área protegida cuenca del Lago de Yojoa período 2016-2027*.
- Instituto Nacional de Conservación Forestal [ICF]. (2023). *SIGMOF. Información de los bosques hondureños a tu alcance*. <https://sigmof.icf.gob.hn>
- Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC]. (2014). *AR5 synthesis report: climate change 2014*. <https://www.ipcc.ch/report/ar5/syr/>
- Lesmes Parra, M. C., Morera González, S., & Salamanca García, J. A. (2021). Estrategias para la prevención y mitigación del proceso de desertificación. Estudio en la cuenca media del río Chicamocha, Colombia. *Perspectiva Geográfica*, 26(1), 13-36. <https://dx.doi.org/10.19053/01233769.11102>
- Mussetta, P., Barrientos, M. J., Acevedo, E., Turbay, S., & Ocampo, O. (2017). Vulnerabilidad al cambio climático: dificultades en el uso de indicadores en dos cuencas de Colombia y Argentina. *Empiria*. *Revista de Metodología de Ciencias Sociales*, 36, 119-147. <https://dx.doi.org/10.5944/empiria.36.2017.17862>
- Nieto Rodríguez, A. P., Rivera Romero, P. E., & Zacarías Callejas, N. M. de C. (2007). *Metodología para la evaluación de la vulnerabilidad en regiones propensas a deslizamientos en El Salvador*. Universidad de El Salvador. [http://www.acces.org.sv/vufind/Record/UES\\_6adcbdc1b6ab35c86b52a8c745bf67dc](http://www.acces.org.sv/vufind/Record/UES_6adcbdc1b6ab35c86b52a8c745bf67dc)
- Organización Mundial del Comercio. (s. f.). *La OMC y el Centro de Comercio Internacional (ITC)*. [https://www.wto.org/spanish/thewto\\_s/coher\\_s/wto\\_itc\\_s.htm](https://www.wto.org/spanish/thewto_s/coher_s/wto_itc_s.htm)
- Ortiz-Hernández, L. (2020). La educación para el cambio climático. *Correo de la UNESCO*, 2019(3), 31. <https://dx.doi.org/10.18356/331e5a14-es>
- Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente [SERNA]. (2017). *Estrategia Nacional de Cambio Climático Honduras (ENCC). Síntesis para tomadores de decisión*. Gobierno de la República de Honduras. <https://icf.gob.hn/wp-content/uploads/2022/02/Estrategia-de-Cambio-Climatico-Tomadores-de-Decisiones.pdf>