

### Artículo Original

# Estudio piloto de la restauración funcional del paisaje rural en la microcuenca Coyolito, Francisco Morazán, Honduras

*Pilot study of the functional restoration of the rural landscape in the micro-watershed of Coyolito, Francisco Morazán, Honduras*

Diana Marisol Reyes<sup>a,1</sup> , Danhy Estid Fuentes Aguilar<sup>b</sup> , Bommat Ramskrishna<sup>b</sup> 

<sup>a</sup>Maestría en Manejo y Gestión de Cuencas Hidrográficas, Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza, CATIE, San José, Costa Rica

<sup>b</sup>Programa de Investigadores Visitantes en la Estrategia Nacional de Descarbonización y Resiliencia Climática en Honduras 2020-2050, Universidad Tecnológica Centroamericana, UNITEC, Tegucigalpa, Honduras

#### Historia del artículo:

Recibido: 30 marzo 2023

Revisado: 30 marzo 2023

Aceptado: 19 abril 2023

Publicado: 21 abril 2023

#### Palabras clave

Adaptación al cambio climático

Deterioro ambiental

Gestión forestal

Restauración

#### Keywords

Climate change adaptation

Environmental degradation

Forest management

Restoration

**RESUMEN. Introducción.** La restauración funcional del paisaje proporciona una metodología que sirve de herramienta para apoyar al sector forestal en el monitoreo de las acciones. El objetivo del estudio fue determinar el Índice de Sustentabilidad para la Restauración de Paisajes (ISP) del área de influencia de la microcuenca Coyolito, San Ignacio, Francisco Morazán, Honduras. **Métodos.** Se analizaron ocho indicadores que proporcionaron la situación sobre los efectos de las acciones de restauración en el área de estudio. El nivel de referencia de 2023 del Instituto de Conservación Forestal (ICF) fue utilizado para evaluar un período de tiempo con la captura y emisión de CO<sub>2</sub>. El ICF sigue las referencias internacionales establecidas por el Intergovernmental Panel on Climate Change de 2006. **Resultados.** La zona tuvo un ISP de 0.69 en una escala de 0 a 1. Se encontraron oportunidades para mejorar la eficacia y eficiencia de los siguientes procesos y actividades: (1) protección de los recursos naturales y biodiversidad, (2) inclusión y participación de los habitantes en la toma de decisiones y desarrollo de la comunidad, (3) mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes y (4) diversificación y fortalecimiento de la economía local. **Conclusión.** La evaluación del ISP en la microcuenca de Coyolito muestra evidencia de la importancia de adoptar un enfoque integrado y colaborativo para alcanzar un desarrollo sostenible y equitativo en la zona.

**ABSTRACT. Introduction.** The functional restoration of the landscape provides a methodology that will serve as a tool to support the forestry sector in the monitoring of actions. The study aim was the determine the Sustainability Index for Landscape Restoration (ISP) in the area of influence of the Coyolito micro-watershed, San Ignacio, Francisco Morazán, Honduras. **Methods.** Eight indicators were analyzed to provide the situation on the effects of the restoration actions carried out in the study area. The reference level of 2023 Instituto de Conservación Forestal (ICF) was used to evaluate a time period with the capture and emission of CO<sub>2</sub>. The ICF follows the international references established by the 2006 Intergovernmental Panel on Climate Change. **Results.** The area had an ISP of 0.69 in a scale from 0 to 1. Opportunities were found to improve the effectiveness and efficiency of the following processes and activities: (1) protection of natural resources and biodiversity, (2) inclusion and participation of the inhabitants in decision-making and community development, (3) improvement of the quality of life of the inhabitants and (4) diversification and strengthening of the local economy. **Conclusion.** The evaluation of the ISP in Coyolito micro-watershed shows evidence of the importance of adopting an integrated and collaborative approach to achieve sustainable and equitable development in the area.

## 1. Introducción

La restauración en el sector Agricultura, Ganadería, Forestación y Otros Usos del Suelo (AFOLU por sus siglas en inglés) es una herramienta efectiva para mejorar la producción agrícola, la calidad del suelo y el

almacenamiento de carbono, así como para reducir la pobreza y mejorar la seguridad alimentaria en países en desarrollo. Sin embargo, es importante abordar los desafíos significativos que enfrenta la restauración del sector AFOLU para lograr beneficios potenciales a largo plazo (Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente [MiAmbiente+], 2019).

<sup>1</sup> Autor correspondiente: [rdmarisol2@gmail.com](mailto:rdmarisol2@gmail.com), Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza, San José, Costa Rica

Disponible en: <http://dx.doi.org/10.5377/innovare.v12i1-1.16016>

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

La microcuenca Coyolito se encuentra ubicada en el municipio de San Ignacio, departamento de Francisco Morazán, Honduras. Esta microcuenca es un área de gran importancia ecológica y socioeconómica. Sin embargo, su ecosistema ha sido alterado debido a la actividad humana, lo que ha llevado a la degradación del paisaje y la disminución de su capacidad productiva.

El área de la microcuenca está conformada por bosque de conífera. Desafortunadamente, el área de bosque pinar fue afectado por la plaga del gorgojo de pino en el año 2014-2015, según los datos del Anuario Estadístico del Instituto Nacional de Conservación y Desarrollo Forestal, Áreas Protegidas y Vida Silvestre (ICF) (ICF, 2020a). En conjunto con el Proyecto Manejo Sostenible de Bosque (PMSB), se apoyó a la planificación y coordinación de diferentes actividades para restaurar el bosque priorizando la fuente abastecedora de agua con líderes comunitarios de juntas de agua y patronatos del municipio (Agencia Estratégica de Proyectos Productivos, Ambientales, Sociales de Honduras [AEPAS-H], 2019).

Con el fin de promover un desarrollo sostenible y reducir las emisiones de carbono, se llevó a cabo un estudio piloto de restauración funcional del paisaje en la microcuenca Coyolito. Este estudio tuvo como objetivo principal evaluar la efectividad de diferentes técnicas de restauración ecológica a través de un Índice de Sustentabilidad para la Restauración de Paisajes (ISP) aplicado por Zamora Cristales et al. (2020). Este índice comprende varios indicadores como son: la calidad del suelo, la biodiversidad, la capacidad de retener carbono en la microcuenca, entre otros (ICF, 2020b; Sánchez & Reyes, 2015). Se espera que este estudio sirva como un modelo para la implementación de prácticas de restauración ecológica en otras áreas de la región y contribuya a la lucha contra el cambio climático y la promoción de un desarrollo sostenible en Honduras.

## 2. Métodos

### 2.1. Área de estudio

De acuerdo al plan de manejo elaborado por el ICF (2016), la microcuenca Coyolito se encuentra ubicada al sur oeste del Municipio de San Ignacio a una distancia del centro de la población 1.78 Km de la primera obra toma. Esta microcuenca integra cuatro tomas de agua, que en términos de protección se unifican en una sola microcuenca haciendo un total de área de 875 ha. El uso principal del agua de la microcuenca es para el consumo doméstico, beneficiando a una población de 4,490 habitantes del Casco Urbano del Municipio de San Ignacio.

### 2.2. Determinación de índices de monitoreo de restauración

El ISP es una proporción de los impactos biofísicos y socioeconómicos de las acciones de restauración. El índice reporta una calificación para cada componente, la cual depende de las acciones planificadas para el alcance de un objetivo a largo plazo de acuerdo con lo establecido en un plan de restauración. Su operación puede desglosarse en diferentes componentes biofísicos y socioeconómicos. El índice ha sido aplicado en una zona prioritaria de El Salvador, a través del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN). Sus resultados representan una oportunidad para la evaluación estratégica de las acciones de restauración según Zamora Cristales et al. (2020).

#### 2.2.1. Índice de calidad de agua

La metodología utilizada por Zamora Cristales et al. (2020) proporciona información valiosa sobre la calidad del agua y su capacidad para sostener la vida acuática en ríos. El Índice de Calidad del Agua (ICA) es una herramienta que se utiliza para evaluar el grado de contaminación del agua. Los análisis químicos y bacteriológicos son fundamentales para determinar el ICA y se obtienen a través de la colecta de muestras de agua, las cuales son llevadas a laboratorios especializados, como el Servicio Autónomo Nacional de Acueductos y Alcantarillados (SANAA).

Además de la metodología de Zamora Cristales et al. (2020), existen otras técnicas para evaluar la calidad del agua, como el ICA del Canadian Council of Ministers of the Environment (2019) y el ICA de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA). Según Lap et al. (2023) los métodos tradicionales formulan el ICA único como una combinación de muchos subíndices. Lo que significa que, para calcular el ICA, estos métodos requieren medir una gran cantidad de parámetros de calidad del agua.

Estas técnicas también se basan en la colecta de muestras de agua y análisis químico y bacteriológicos.

Se calcula aplicando la siguiente formula:

$$ICA_a = \sum_{i=1}^9 (Sub_i * w_i)$$

Donde:

w<sub>i</sub>: Pesos relativos asignados a cada parámetro

(Sub<sub>i</sub>), y ponderados entre 0 y 1, de tal forma que se

cumpla que la sumatoria sea igual a uno.

Subi: Subíndice del parámetro i.

### 2.2.2. Índice de caudal

El Índice del Caudal (IQ) se refiere a la cantidad de agua que fluye en un río en un período de tiempo determinado. Aunque se lleva a cabo el monitoreo del caudal en los principales ríos, esta información no es suficiente para medir los efectos de las prácticas de restauración. Un estudio realizado por el PMSB evaluó los cambios en los niveles de calidad del agua después de la aparición de la plaga de gorgojo de pino en la fuente de agua Coyolito. Por lo tanto, se debe analizar la importancia de medir el caudal para la gestión de recursos hídricos y la evaluación de los efectos de la restauración de ecosistemas acuáticos sobre el caudal de acuerdo con Bond & Lake (2003) y Roni et al. (2002).

### 2.2.3. Índice de biodiversidad del paisaje

El Índice de Biodiversidad del Paisaje (IBP) se utiliza para medir la conectividad y fragmentación del paisaje. Este índice se compone de cinco indicadores de paisaje: (1) Índice de Relación Perímetro-Area (PAFRAC), (2) porcentaje de Paisaje (PLAND), (3) Número de Fragmentos o Parches (NP), (4) Índice de Parche más Grande (LPI) e (5) Índice de Contagio (CONTAG). Estos índices se utilizan para calcular el IBP, el cual es una medida integral de la biodiversidad del paisaje.

Esta metodología fue desarrollada por los investigadores Mcgarigal et al. (2002), quienes propusieron una serie de índices de paisaje para medir la conectividad y fragmentación del paisaje. El IBP se ha utilizado en numerosos estudios para evaluar la biodiversidad del paisaje y su relación con diferentes variables, como la intensificación agrícola (Li et al., 2022) o la urbanización (Kuang et al., 2021).

La fórmula para el cálculo del IBP es la siguiente:

$$IBP = \frac{(PAFRAC + PLAND + NP + LPI + CONTAG)}{5}$$

### 2.2.4. Índice de carbono equivalente

El Índice de Carbono Equivalente (ICO<sub>2e</sub>) se enfoca en la restauración de la tierra y su impacto en el balance de carbono equivalente. Este índice busca fijar carbono adicional al acervo existente. Se utiliza para la mitigación del cambio climático y se analiza siguiendo los criterios y

niveles de referencia establecidos por el Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) de 2006. Además, el índice considera un análisis detallado de las transiciones y cambios de uso del suelo, considerando las características propias de cada ecosistema y su impacto en el balance de carbono equivalente (Sánchez & Reyes, 2015).

Se utiliza la siguiente fórmula:

$$ICO_{2e} = \frac{(\text{Ganancia actual de } CO_{2e} - \text{Valor mínimo})}{(\text{Valor máximo} - \text{Valor mínimo})}$$

### 2.2.5. Índice de calidad de suelos

Según la metodología propuesta por Cruz Fajardo (2019), el Índice de Calidad de Suelos (ICS) es una medida que indica la salud o calidad del suelo y puede mejorar mediante prácticas de restauración. Este índice considera tres componentes principales: materia orgánica (MO), pH y densidad aparente.

$$Vn = \frac{Im - Imin}{Imax - Imin}$$

Donde: Vn es el valor normalizado del indicador, ya sea de MO, pH o densidad aparente; Im es el valor del indicador, obtenido a través del análisis de las muestras de suelo; Imax representa el máximo valor del indicador, y finalmente Imin es el mínimo valor del indicador. El procedimiento se repite para cada uno de los tres indicadores. Una vez normalizados los tres indicadores, se puede calcular el ICS mediante su promedio (Cruz Fajardo, 2019).

### 2.2.6. Índice de jornales adicionales

Es una medida que estima los jornales adicionales generados en actividades de restauración, tanto en establecimiento como en mantenimiento. De acuerdo a Zamora Cristales et al. (2020), se utiliza la siguiente fórmula:

$$ITA = \frac{(\text{Jornales adicionales actuales} - \text{Valor mínimo})}{(\text{Valor máximo} - \text{Valor mínimo})}$$

Para calcular los límites de este índice, se entiende como valor máximo la cantidad de jornales que se generarían si se restaurara toda el área. El valor mínimo representa la cantidad de jornales generados si no se realizan las acciones de restauración, que teóricamente es 0 (cero).

### 2.2.7. Índice de reducción de vulnerabilidad

Según Zamora Cristales et al. (2010), el Índice de Reducción de Vulnerabilidad (IRV) se determina mediante la combinación de distintos indicadores que se agrupan en tres categorías: peligro y exposición, vulnerabilidad y falta de capacidad. Este índice se calcula a partir del número estimado de una población expuesta a inundaciones, deslizamientos y sequía meteorológica cada año a escala municipal. Para el cálculo del IRV, se usan los proporcionales a la población de cada municipio dentro del paisaje. En la colecta de información de este estudio, no se proporcionó información sobre los posibles fenómenos que pueden afectar a la población que comprende la microcuenca Coyolito.

### 2.2.8. Índice de gobernanza de paisajes

El Índice de Gobernanza de Paisajes (IGP) se refiere al proceso de interacción y colaboración entre diversas organizaciones e individuos con diferentes poderes y responsabilidades para asegurar la provisión de servicios ecosistémicos, como la biodiversidad el agua y el turismo (Cundill & Fabricius, 2009). Este índice consta de once componentes, cada uno de los cuales tiene varios indicadores que representan diferentes aspectos de la gobernanza. Los indicadores son:

1. Coordinación
2. Recursos
3. Deliberación
4. Liderazgo
5. Visión compartida
6. Acceso, uso y generación de información
7. Ajuste de las decisiones al contexto
8. Instrumentos de gestión y regulación
9. Equidad
10. Promoción y capacidad de aprender de experiencias pasadas
11. Rendición de cuentas

El IGP se calcula a partir de la aplicación de un instrumento mediante sesiones de grupos focales con actores clave en la gestión del paisaje.

## 3. Resultados

### 3.1. Cálculo del ISP

El ISP tiene el potencial de fortalecer los esfuerzos de restauración y gestión de ecosistemas y paisajes. Es una herramienta útil para guiar la planificación y la implementación de acciones de restauración, teniendo en cuenta las características y dinámicas socioambientales de los paisajes. Al hacerlo, el ISP puede promover el fortalecimiento del capital social y la gobernanza. Este índice es fácil de aplicar y se puede integrar en sistemas de monitoreo más amplios para mejorar la selección y ubicación de acciones de restauración. Esto puede ayudar en la definición de convocatorias para propuestas de proyectos, acciones de apoyo y cooperación, así como en la promoción de procesos de reconversión productiva e inversiones privadas. La elaboración del ISP y sus componentes, especialmente la construcción del Índice de Gobernanza también puede contribuir a fortalecer la institucionalidad local y territorial.

$$\text{ISP} = \frac{\text{ICA} + \text{IQ} + \text{IBP} + \text{ICOe} + \text{ITA} + \text{IRV} + \text{ICS} + \text{IGP}}{8}$$

**Donde:**

**ISP:** Índice de Sustentabilidad para la Restauración de Paisajes

**ICA:** Índice de Calidad del Agua

**IQ:** Índice de Caudales

**IBP:** Índice de Biodiversidad del Paisaje

**ICOe:** Índice de Carbono Adicional

**ITA:** Índice de Jornales Adicionales

**IRV:** Índice de Reducción de Vulnerabilidad

**ICS:** Índice de Calidad de Suelos

**IGP:** Índice de Gobernanza de Paisajes

De los ocho indicadores del ISP, se recolectó seis en la microcuenca Coyolito, según la metodología utilizada en el estudio. Los resultados fueron normalizados y se presentan en el Cuadro 1.

#### Cuadro 1

Indicadores del ISP en la microcuenca Coyolito, Francisco Morazán, Honduras.

Indicador	Valor normalizado
Índice de Calidad de Agua	1.25
Índice de Caudal	0.04
Índice de Biodiversidad del Paisaje	2.46
Índice de Carbono Adicional	0.002
Índice de Jornales Adicionales	0.02
Índice de Gobernanza de Paisajes	0.395

\*ISP: Índice de Sustentabilidad para la Restauración de Paisajes.

Se sumaron los resultados de los seis indicadores y se dividió por el número total de los indicadores colectados. El resultado obtenido fue un ISP de 0.69 para la microcuenca de Coyolito, considerado muy bueno en una escala de 0 a 1.

$$\text{ISP} = \text{ICA} + \text{IQ} + \text{IBP} + \text{ICO}_2\text{e} + \text{ITA} + \text{IGP} / 6$$

$$\text{ISP} = 1.25 + 0.04 + 2.46 + 0.002 + 0.02 + 0.395 / 6$$

$$\text{ISP} = 0.69$$

#### 4. Discusión

El ISP es una herramienta útil para evaluar el desempeño ambiental, social, y económico de una región o comunidad. En el caso de la microcuenca Coyolito, San Ignacio, Francisco Morazán, el resultado obtenido de 0.69 indicó que existen oportunidades de mejora en los tres aspectos evaluados.

En términos ambientales, se puede trabajar en la protección de los recursos naturales y la biodiversidad de la zona, fomentando prácticas de agricultura sostenible y gestión adecuada de residuos. En cuanto a lo social, se puede implementar acciones que promuevan la inclusión y participación de todas las personas en la toma de decisiones y el desarrollo de la comunidad, así como mejorar la calidad de vida de los habitantes. En el ámbito económico, se puede buscar alternativas para diversificar y fortalecer la económica local, a través del fomento de actividades económicas sostenibles y la promoción del turismo responsable.

El ISP es una herramienta que permite medir la capacidad del paisaje para mantener su capacidad de proveer servicios ecosistémicos a largo plazo. Este índice evalúa la capacidad del paisaje para mantener una alta calidad ambiental, la biodiversidad y la capacidad de soporte de los sistemas naturales. Además, considera la presencia de infraestructura y actividades humanas en el paisaje y su capacidad para integrarse y coexistir con la naturaleza (Bark et al., 2012).

Existen diferentes enfoques para el desarrollo del ISP de acuerdo a la metodología implementada por Zamora Cristales et al. (2020). Sin embargo, muchos de ellos comparten una base común en la que se miden indicadores de sostenibilidad ambiental, social y económica del paisaje. Estos indicadores se seleccionan en función de la región y los objetivos específicos del estudio, y pueden incluir la calidad del aire y del agua, la biodiversidad biológica, el acceso a los recursos naturales, la presencia de infraestructuras y la actividad económica.

El ISP se ha utilizado en diversas áreas y contextos, incluyendo la planificación territorial, la gestión de recursos naturales, la evaluación de impacto ambiental y la toma de decisiones en políticas públicas. Un ejemplo de su aplicación es el estudio en el cual se utilizó el ISP para evaluar la sostenibilidad del paisaje en la región de Aysen, Chile (Banco Interamericano de Desarrollo [BID], 2015). Los autores concluyeron que la región tiene un alto nivel de sostenibilidad ambiental, pero se requiere mejorar la integración de la actividad humana con la naturaleza para lograr mayor sostenibilidad social y económica.

Otro ejemplo de aplicación del ISP es el estudio realizado por Zhang et al. (2023), en el que se utilizó el ISP para evaluar la sustentabilidad del paisaje en la región de Hainan, China. Los autores concluyeron que la región tiene un alto nivel de sostenibilidad ambiental y social, pero se requiere mejorar la sostenibilidad económica mediante el desarrollo de actividades sostenibles y la promoción del turismo ecológico.

El resultado del ISP en la microcuenca Coyolito, San Ignacio, Francisco Morazán indica la necesidad de un enfoque integral y colaborativo para lograr un desarrollo sostenible y equitativo en la zona. La evaluación debe ser tomada como una herramienta para identificar oportunidades de mejora y desarrollar estrategias a largo plazo para lograr una mayor sostenibilidad ambiental, social y económica en la región.

#### 5. Conclusión

La microcuenca Coyolito en Francisco Morazán, Honduras obtuvo un ISP considerado muy bueno. En la zona, es necesario llevar a cabo un enfoque integral y colaborativo para lograr un desarrollo sostenible y equitativo. La evaluación en la microcuenca debe ser tomada como una oportunidad para identificar mejoras y desarrollar estrategias a largo plazo y así lograr una mayor sostenibilidad ambiental, social y económica en la zona.

#### 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 (CEUTECH) 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. Contribución de los Autores

DMR conceptualizó, analizó y redactó el manuscrito. DEFA y BR contribuyeron a la conceptualización, análisis y redacción del manuscrito, así como asesoraron a DMR durante el proceso de investigación. Todos los autores leyeron y aprobaron la última versión del manuscrito.

## 8. Conflictos de Interés

Los autores declaran 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 los autores de este artículo.

## 9. Referencias Bibliográficas

- Agencia Estratégica de Proyectos Productivos, Ambientales, Sociales de Honduras [AEPAS-H]. (2019). *Plan de Restauración de San Ignacio, Francisco Morazán*.
- Banco Interamericano de Desarrollo [BID]. (2015). *Indicadores de riesgo de desastre y de gestión de riesgos: programa para América Latina y el Caribe*. <https://publications.iadb.org/publications/spanish/viewer/Indicadores-de-Riesgo-de-Desastre-y-de-Gesti%C3%B3n-de-Riesgos-Programa-para-Am%C3%A9rica-Latina-y-el-Caribe-Per%C3%BA.pdf>
- Bark, R. H., Garrick, D. E., Robinson, C. J., & Jackson, S. (2012). Adaptive basin governance and the prospects for meeting Indigenous water claims. *Environmental Science & Policy*, 19-20, 169-177. <https://dx.doi.org/10.1016/j.envsci.2012.03.005>
- Bond, N. R., & Lake, P. S. (2003). Local habitat restoration in streams: constraints on the effectiveness of restoration for stream biota. *Ecological Management & Restoration*, 4(3), 193-198. <https://dx.doi.org/10.1046/j.1442-8903.2003.00156.x>
- Canadian Council of Ministers of the Environment. (2019). *Canadian water quality guidelines for the protection of aquatic life*. <https://ccme.ca/en/res/wqimanualen.pdf>
- Cruz Fajardo, K. F. (2019). *Mapeo y análisis de calidad física y química de los suelos agrícolas de la Universidad Nacional Agraria La Molina aplicando herramientas SIG*. Universidad Nacional Agraria La Molina. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/3939>
- Cundill, G., & Fabricius, C. (2009). Monitoring in adaptive co-management: toward a learning based approach. *Journal of Environmental Management*, 90(11), 3205-3211. <https://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2009.05.012>
- Kuang, W., Hou, Y., Dou, Y., Lu, D., & Yang, S. (2021). Mapping global urban impervious surface and green space fractions using Google Earth Engine. *Remote Sensing*, 13(20). <https://dx.doi.org/10.3390/rs13204187>
- Instituto Nacional de Conservación y Desarrollo Forestal, Áreas Protegidas y Vida Silvestre [ICF]. (2020a). *Anuario Estadístico Forestal de Honduras*. Gobierno de la República de Honduras. <https://icf.gob.hn/wp-content/uploads/2022/04/Anuario-Estadistico-Forestal-de-Honduras-2020-1.pdf>
- Instituto Nacional de Conservación y Desarrollo Forestal, Áreas Protegidas y Vida Silvestre [ICF]. (2020b). *Propuesta. Nivel de referencia de emisiones forestales de Honduras*. Gobierno de la República de Honduras. [https://redd.unfccc.int/files/nrf\\_honduras\\_2020\\_sumision\\_modificada.pdf](https://redd.unfccc.int/files/nrf_honduras_2020_sumision_modificada.pdf)
- Instituto Nacional de Conservación y Desarrollo Forestal, Áreas Protegidas y Vida Silvestre [ICF]. (2016). *Plan de manejo de la microcuenca hidrográfica Coyolito Rabi Caliente*. Gobierno de la República de Honduras.
- Lap, B. Q., Phan, T.-T.-H., Nguyen, H. D., Quang, L. X., Hang, P. T., Phi, N. Q., Hoang, V. T., Linh, P. G., & Hang, B. T. T. (2023). Predicting water quality index (WQI) by feature selection and machine learning: a case study of An Kim Hai irrigation system. *Ecological Informatics*, 74. <https://dx.doi.org/10.1016/j.ecoinf.2023.101991>
- Li, K., Chen, J., Lin, J., Zhang, H., Xie, Y., Li, Z., & Wang, L. (2022). Identifying ecosystem service trade-offs and their response to landscape patterns at different scales in an agricultural basin in Central China. *Land*, 11(8). <https://dx.doi.org/10.3390/land11081336>
- Megarigal, K., Cushman, S. A., Neel, M. C., & Ene, E. (2002). *FRAGSTATS v3: spatial pattern analysis program for categorical map*. University of Massachusetts, Amherst.
- Roni, P., Beechie, T. J., Bilby, R. E., Leonetti, F. E., Pollock, M. M., & Pess, G. R. (2002). A review of stream restoration techniques and a hierarchical strategy for prioritizing restoration in Pacific Northwest Watersheds. *North American Journal of Fisheries Management*, 22(1), 1-20. [https://dx.doi.org/10.1577/1548-8675\(2002\)022<0001:arosrt>2.0.co;2](https://dx.doi.org/10.1577/1548-8675(2002)022<0001:arosrt>2.0.co;2)
- Sánchez, L., & Reyes, O. (2015). *Medidas de adaptación y mitigación frente al cambio climático en América Latina y el Caribe. Una revisión general*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/39781/S1501265\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/39781/S1501265_es.pdf)
- Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente [MiAmbiente+]. (2019). *Primer informe bienal de actualización de Honduras*. Gobierno de la República de Honduras. <https://unfccc.int/sites/default/files/resource/Primer%20Informe%20Bienal%20de%20Actualizacion%20de%20Honduras.pdf>
- Zamora Cristales, R., Herrador, D., Cuéllar, N., Díaz, O., Kandel, S., Quezada, J., de Larios, S., Molina, G., Rivera, M., Morán Ramírez, W., Jiménez, A., Flores, E., Franco Chuairé, M., Gallardo Lomeli, L., & Vergara, W. (2020). *Índice de Sustentabilidad para la Restauración de Paisajes. Una herramienta para el monitoreo de los impactos biofísicos y socioeconómicos de la restauración del paisaje*. [https://www.prisma.org.sv/wp-content/uploads/2020/03/indice\\_de\\_sustentabilidad\\_para\\_la\\_restauracion\\_de\\_paisaje.pdf](https://www.prisma.org.sv/wp-content/uploads/2020/03/indice_de_sustentabilidad_para_la_restauracion_de_paisaje.pdf)
- Zhang, P., Qu, Y., Qiang, Y., Xiao, Y., Chu, C., & Qin, C. (2023). Indicators, goals, and assessment of the water sustainability in China: a provincial and city – level study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(3). <https://dx.doi.org/10.3390/ijerph20032431>