

EVALUATION OF THE CUMULATIVE SOCIO-ENVIRONMENTAL IMPACT IN THE AREA OF INFLUENCE OF THE PATUCA III HYDROELECTRIC POWER PLANT

Allan Izaguirre Velasquez, Ing.¹

¹. Universidad Tecnológica Centroamericana, UNITEC , Tegucigalpa, Honduras, ¹ allanizaguirre@consultoresvib.com, allanvela@unitec.edu

Abstract—

"This research comprehensively analyzes the complex network of socio-environmental impacts resulting from the operation of the Patuca III Hydroelectric Power Plant, a large-scale project that has drastically transformed the territorial dynamics in the department of Olancho. The problem is rooted in a critical gap between national energy infrastructure development and the protection of local communities' rights, revealing a management approach that has prioritized power production over socio-environmental sustainability. The study followed a mixed-methods approach, allowing for a rigorous triangulation between the technical evaluation of the reservoir's physicochemical and biological parameters and the collection of public perceptions in the areas of greatest influence. The results reveal a systemic degradation of the aquatic ecosystem, manifested through eutrophication processes and the accumulation of pollutants that threaten biodiversity and the security of fishery resources. Simultaneously, the social analysis exposes a significant decline in the inhabitants' quality of life, marked by population displacement, loss of access to traditional livelihoods, and a widespread sense of institutional abandonment. This situation highlights a contradiction with the Sustainable Development Goals (SDGs), as progress toward energy targets, has not guaranteed social equity or the protection of terrestrial and aquatic ecosystems. The study concludes that insufficient prior consultation mechanisms and weak oversight of social investment plans have led to a governance crisis and community mistrust. Finally, the research proposes a reconfiguration of project management, suggesting the implementation of a participatory governance and continuous monitoring model that integrates local voices into decision-making to ensure environmental justice and the project's long-term viability."

Keywords—*Sustainable cities and communities, Affordable and clean energy, Governance, Climate action, Cumulative environmental impact.*

EVALUACIÓN DEL IMPACTO SOCIOAMBIENTAL ACUMULADO EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA PATUCA III

Allan Izaguirre Velasquez, Ing.¹

¹ Universidad Tecnológica Centroamericana, UNITEC, Tegucigalpa, Honduras, ¹ allanizaguirre@consultoresvib.com, allanvela@unitec.edu

Resumen— La presente investigación analiza de manera integral la compleja red de impactos socioambientales derivados del funcionamiento de la Central Hidroeléctrica Patuca III, un proyecto de gran escala cuya operación ha transformado drásticamente la dinámica del territorio en el departamento de Olancho. La problemática se fundamenta en la existencia de una brecha crítica entre el desarrollo de infraestructura energética nacional y la protección de los derechos de las comunidades locales, evidenciando una gestión que ha postergado la sostenibilidad socioambiental en favor de la producción de potencia. El estudio se estructuró bajo un enfoque metodológico mixto, permitiendo una triangulación rigurosa entre la evaluación técnica de parámetros fisicoquímicos y biológicos del embalse y la recolección de percepciones ciudadanas en los sectores de mayor influencia. Los resultados obtenidos revelan una degradación sistémica del ecosistema acuático, manifestada en procesos de eutrofización y la acumulación de contaminantes que amenazan la biodiversidad y la seguridad de los recursos pesqueros. Simultáneamente, el análisis social expone un deterioro significativo en la calidad de vida de los habitantes, marcado por el desplazamiento poblacional, la pérdida de acceso a medios de subsistencia tradicionales y un sentimiento generalizado de abandono institucional. Esta situación evidencia una contradicción con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), ya que el avance en metas energéticas no ha garantizado la equidad social ni la protección de ecosistemas terrestres y hídricos. Se concluye que la insuficiencia de los mecanismos de consulta previa y la debilidad en la supervisión de los planes de inversión social han generado una crisis de gobernanza y desconfianza comunitaria. Finalmente, la investigación propone una reconfiguración de la gestión del proyecto, sugiriendo la implementación de un modelo de gobernanza participativa y monitoreo continuo que integre las voces locales en la toma de decisiones para garantizar la justicia ambiental y la viabilidad del proyecto a largo plazo.

Palabras clave— Ciudades y comunidades sostenibles, Energía asequible y no contaminante, Gobernanza, Acción por el clima, Impacto ambiental acumulado.

I. INTRODUCCIÓN

La energía hidroeléctrica ha sido históricamente una de las principales fuentes de generación eléctrica en Honduras. Entre los años 2008 y 2023, la demanda energética pasó de 6,536.10 GWh a 11,969.08 GWh, siendo cubierta en un 27% por centrales hidroeléctricas [1]. No obstante, la creación de estas centrales ha generado un debate sobre los efectos socioambientales adversos, específicamente en torno a la Central Hidroeléctrica Patuca III. Al respecto, Hernández Cruz

resalta la importancia de evaluar sus consecuencias socioambientales ante la necesidad de proyectos de esta magnitud [2].

A pesar de que la Secretaría de Energía [3] instrumenta un modelo de gobernanza participativa como eje de sostenibilidad para la infraestructura, la praxis institucional evidencia una desconexión crítica entre el mandato normativo y su ejecución en campo. El análisis de la Guía Metodológica para el Abordaje Social de SERNA indica que la participación ciudadana ha derivado en un formalismo administrativo, carente de incidencia real en la toma de decisiones. Esta brecha operativa, manifestada en el incumplimiento de los lineamientos sobre reasentamiento y la garantía de disponibilidad hídrica, ha exacerbado la vulnerabilidad de las comunidades locales [4], contraviniendo el principio de gestión de externalidades socioambientales necesario para asegurar la viabilidad y la licencia social de los proyectos energéticos nacionales. Honduras enfrenta una vulnerabilidad extrema ante el cambio climático pese a ser responsable de apenas el 0.06% de las emisiones globales de CO₂. Debido a esto se resalta que una transición verdaderamente justa requiere identificar dónde reside el poder y cómo las estructuras políticas actuales pueden perpetuar desigualdades. Esto implica que la implementación de infraestructuras energéticas no debe verse de forma aislada, sino como un proceso que debe mitigar activamente el riesgo de desplazar o marginar a las comunidades locales, garantizando que el acceso y los beneficios del desarrollo hídrico se distribuyan de manera equitativa. [5]

La investigación revela una relación ambivalente con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Si bien impulsa los ODS 7 y 9 al elevar la participación de fuentes renovables en la matriz del 44.3% al 60%, este avance contrasta con brechas de equidad en zonas rurales donde el acceso no supera el 80% [6]. Asimismo, la operación ha provocado desplazamientos forzados y la alteración de ecosistemas, afectando los ODS 1, 10, 12 y 13. Se subraya la urgencia de planes de compensación para que la seguridad energética no se logre a expensas del bienestar de las poblaciones locales [6].

Patuca III evidencia una alteración sistémica de la biodiversidad, con niveles de Hierro (Fe) de hasta 7.43 mg/L y concentraciones de Gamma-BHC (60.06 µg/kg) que exceden drásticamente los límites de referencia. Estas alteraciones han provocado que el 50.4% de la población reporte un deterioro en

su calidad de vida. Según Tinoco Coleman [7], la interrupción de los ciclos de inundación ha comprometido la productividad agrícola, dejando a un 72.4% de los habitantes con una percepción negativa de su entorno hídrico.

Financieramente, el proyecto demandó una inversión aproximada de 460 millones de dólares; sin embargo, actualmente presenta limitantes críticas en su capacidad operativa, destacando una reducción del embalse bruto de 1,300 a 500 millones de metros cúbicos [8], [10]. Esta brecha entre la planificación financiera y la capacidad real de generación es una tendencia documentada en la literatura científica para represas neotropicales [8], donde la subestimación de las variables hidrológicas suele comprometer la eficiencia energética a largo plazo. Asimismo, persiste un conflicto agudo por el uso del recurso hídrico: mientras la licencia ambiental estipuló un caudal ecológico de 3 m³/s, las comunidades locales exigen un mínimo de 15 m³/s [10]. Este escenario valida las advertencias de investigaciones globales sobre la insuficiencia de los caudales mínimos legales para mitigar los impactos acumulados en cuencas de alta biodiversidad [8].

Finalmente, Mejía Guerra [9] documenta ante la Corte Interamericana de Derechos Humanos que la gestión ambiental deficiente y la carencia de Estudios de Impacto Ambiental (EIA) adecuados han intensificado los conflictos sociales en la zona. Esta situación ha afectado directamente a comunidades indígenas y locales, evidenciando un escenario de vulnerabilidad que, según la jurisprudencia en derechos humanos, puede derivar en desplazamientos forzados y la pérdida de la identidad territorial [9].

A pesar de existir investigaciones previas, estas se han limitado a casos aislados sin profundizar en los efectos a largo plazo. Además, las percepciones comunitarias han sido poco exploradas, minimizando la importancia de sus criterios. La ausencia de un sistema de monitoreo continuo limita la identificación temprana de externalidades negativas, dificultando la implementación de medidas de mitigación y adaptación. Por tanto, el objetivo principal de esta investigación es evaluar integralmente los impactos socioambientales de la Central Hidroeléctrica Patuca III mediante la triangulación de indicadores técnicos y percepciones comunitarias. Los objetivos específicos son:

- Analizar la calidad del agua y la biodiversidad acuática para determinar el nivel de degradación ecosistémica actual.
- Documentar los efectos sociales en las comunidades locales, enfocándose en el desplazamiento poblacional y el acceso a recursos.
- Proponer un marco de gestión basado en la Evaluación Ambiental Estratégica (EAE) que integre la participación ciudadana y la mitigación de impactos.

II. METODOLOGÍA

Este estudio adoptó un enfoque metodológico mixto, combinando métodos cualitativos y cuantitativos para evaluar de manera integral los impactos socioambientales de la Central Hidroeléctrica Patuca III en las comunidades de Las Delicias y

Las Mangas, municipio de Patuca. La investigación se fundamentó en normativas y documentos técnicos clave, tales como la Guía para el desarrollo de proyectos de energía renovable en Honduras, la Guía metodológica para el abordaje social de los proyectos de generación de energía con fuentes hídricas y los Lineamientos técnicos para el desarrollo de pequeñas centrales hidroeléctricas. Asimismo, se respaldó en estudios realizados por la Empresa Nacional de Energía Eléctrica y la administración de Patuca III, incluyendo el Estudio Limnológico e Ictiológico en el Embalse y el Estudio de la Biodiversidad de la Cuenca del Río Guayape.

El objetivo de esta metodología fue analizar detalladamente los efectos sociales y ambientales, identificando beneficios e impactos negativos. Se consideraron aspectos clave como la biodiversidad, el acceso a recursos hídricos, la calidad de vida y la gestión sostenible de los ecosistemas.

A. Diseño y Congruencia Metodológica

Para asegurar el rigor científico, la investigación utiliza un diseño de triangulación de datos que integra perspectivas técnicas y sociales. Este enfoque permite contrastar la evidencia documental con la percepción de los actores clave, garantizando una evaluación integral de la gestión ambiental y el bienestar comunitario. La lógica del estudio y la relación entre las variables analizadas se sistematizan en la Matriz de Congruencia Metodológica presentada a continuación:

TABLA I
DISEÑO Y CONGRUENCIA METODOLÓGICA

Objetivo Específico	Variable Dependiente	Variable Independiente	Método
Analizar impactos ambientales	Biodiversidad, calidad del agua	Operación de centrales	Análisis documental, encuesta
Investigar efectos sociales	Desplazamiento, calidad de vida	Mecanismos de participación	Entrevistas, grupos focales, encuesta

Fuente: Elaborado por autor

A.1 Operacionalización de las Variables

- Impactos Ambientales: Se evaluaron mediante indicadores como la diversidad de especies y la calidad del agua, utilizando análisis de datos preexistentes y estudios ecológicos en la zona de influencia.
- Efectos Sociales: Se analizaron a través de encuestas estructuradas sobre el acceso a recursos, calidad de vida y percepción comunitaria respecto al impacto del embalse.

B. Población y Muestra

La población meta se centró en las comunidades de Las Delicias y Las Mangas, con un censo aproximado de 400 habitantes directamente afectados. Aunque el tamaño de muestra calculado para representar a la población adulta fue de 170 personas, la aplicación efectiva resultó en 134 encuestas realizadas (78.8% de la muestra esperada), debido a factores de acceso y disposición de los participantes. El muestreo fue estratificado, dirigido exclusivamente a mayores de 18 años

para capturar diversas realidades sociales, económicas y ambientales.

C. Técnicas de Recolección y Fuentes

La obtención de información se dividió en dos vertientes:

- Fuentes Primarias: Se realizaron entrevistas semiestructuradas y grupos focales para capturar las experiencias de los líderes comunitarios, además de encuestas dirigidas a los habitantes para obtener datos estadísticos sobre su calidad de vida.
- Fuentes Secundarias: Se analizaron informes oficiales de la Empresa Nacional de Energía Eléctrica y estudios de organizaciones no gubernamentales para contextualizar los hallazgos de campo con antecedentes técnicos.

La recolección de datos primarios se realizó mediante la herramienta Google Forms, seleccionada por su interfaz accesible y compatibilidad con dispositivos Android, lo que facilitó el apoyo logístico de personal de la Alcaldía Municipal, quienes colaboraron en el levantamiento de campo sin necesidad de capacitación técnica compleja. El instrumento constó de 30 preguntas organizadas en seis dimensiones: 1) Datos generales, 2) Percepción sobre la central, 3) Impacto ambiental, 4) Efectos sociales, 5) Participación comunitaria y 6) Estrategias de mitigación y mejora.

D. Tratamiento Estadístico y Control de Sesgos

La robustez científica de los datos sociales se fundamenta en un diseño de muestreo estratificado con un intervalo de confianza del 95% y un margen de error del 7.1%. Para garantizar la validez del instrumento, el cuestionario fue sometido a un proceso de validación por juicio de expertos en gestión ambiental y desarrollo, asegurando la congruencia entre las variables y los reactivos. El control de sesgos, específicamente el de deseabilidad social y el sesgo del entrevistador, se mitigó mediante la garantía de anonimato absoluto de los participantes y el apoyo de personal técnico municipal externo a la entidad operadora, empleando la técnica de encuesta guiada con lenguaje neutral. Finalmente, la prueba de hipótesis se basó en una triangulación socio-técnica, donde la significancia de las percepciones ciudadanas fue contrastada con la evidencia física de los indicadores químicos y bióticos (BMWP-CR), permitiendo validar la correlación entre la operación de la central y la degradación sistémica del ecosistema.

E. Limitantes de la investigación

El desarrollo de la investigación enfrentó diversas limitantes que condicionaron el proceso de recolección y análisis de datos. En primer término, la compleja ubicación geográfica de las comunidades y la presencia de grupos delictivos en las zonas aledañas plantearon desafíos críticos de seguridad, los cuales fueron mitigados mediante la coordinación y el acompañamiento de la fuerza pública y autoridades municipales para viabilizar las visitas de campo.

En el ámbito técnico-ambiental, la carencia de financiamiento externo impidió la ejecución de nuevos

muestreos directos de biodiversidad y calidad hídrica, obligando a que el análisis se restringiera a la interpretación y contraste de datos secundarios obtenidos de estudios previos de la Empresa Nacional de Energía Eléctrica. Asimismo, la ausencia de una estructura de organización territorial bien definida en los sectores de Las Delicias y Las Mangas dificultó la logística operativa, afectando la eficiencia en la aplicación de los instrumentos.

A esto se sumó una cooperación limitada por parte de ciertos actores clave, cuya desconfianza o falta de mecanismos de articulación obstaculizó el acceso a información complementaria. Finalmente, los tiempos de levantamiento e interacción en campo se extendieron debido a la logística de las encuestas guiadas, necesaria para asegurar la fiabilidad de los datos recolectados.

III. RESULTADOS

A Resultados del Estudio Limnológico e Ictiológico del año 2021

Para el análisis de los resultados, se aplicó un enfoque de triangulación socio-técnica con un nivel de confianza del 95%. La validación de los hallazgos se realizó mediante una prueba de hipótesis cualitativa, donde la hipótesis de degradación ecosistémica fue contrastada con los indicadores físico-químicos y biológicos del año 2021, permitiendo establecer una correlación estadística entre la operación de la central y el deterioro percibido por la comunidad. [10]. La toma de muestras de tomo en puntos específicos y de alto impacto, tomando como referencia el caudal de los ríos Guayape y Guayambre mismos que son aledaños a las comunidades que fueron objeto de estudio en la investigación, los puntos de muestreo se presentan en la siguiente tabla:

TABLA II
UBICACIÓN DE PUNTOS DE MUESTREO

Nombre	Código	Lugar de referencia	X	Y	Altitud (msnm)
Punto 01	PT-01	Río Guayambre	603614	1595337	280
Punto 02	PT-02	Río Tepemechín y Patuca	615156	1593405	280
Punto 03	PT-03	Embalse afluente Río Guayambre	606031	1598139	280
Punto 04	PT-04	Embalse aguas arriba de presa	609813	1596567	280
Punto 05	PT-05	Embalse / Cortina	611019	1596961	280
Punto 06	PT-06	Río Patuca/aguas abajo sitio de presa, cercano a la comunidad de Las Mangas	613655	1595252	280
Punto 07	PT-07	Embalse aguas arriba, antigua desembocadura del río Guayape	608756	1599436	281
Punto 08	PT-08	Embalse hacia El Ocotillal (centro)	609854	1601163	281

Punto 09	PT-09	Embalse hacia El Ocotillal (centro)	612925	1606330	281
Punto 10	PT-10	Embalse hacia La Pista	615869	1610584	281
Punto 11	PT-11	Embalse hacia La Pista y La Corriente (cola)	618345	1614194	281
Punto 12	PT-12	Final del embalse (cola), cercano al caserío Sabana del Pueblo, municipio de Catacamas.	621148	1616880	281

Fuente: Tomado de [10]

La siguiente imagen demuestra de forma gráfica la ubicación georreferencial de los 12 puntos de muestreo que fueron analizados en la investigación.

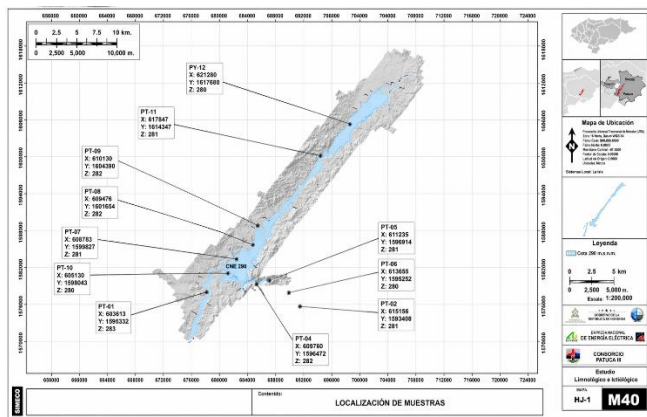


Fig. 1. Mapa de ubicación de puntos de muestreo en el embalse Patuca III. Adaptado de [10].

A.1 Caracterización Físicoquímica y Dinámica de Nutrientes

El análisis de las variables físicoquímicas revela un ecosistema en proceso de estabilización artificial, donde factores como la temperatura (25.7°C - 34.7°C) y el pH (7.1 - 7.8) se mantienen dentro de los rangos normativos de la NOM-127-SSA1-1994. No obstante, se identificó una estratificación térmica ($\Delta T = 3.5^{\circ}\text{C}$) que, junto a la disminución del oxígeno disuelto en profundidad (de 7.2 mg/L en superficie a 3.1 mg/L en fondo), sugiere la formación de zonas de hipoxia que limitan la mezcla de nutrientes. Un hallazgo crítico es la concentración de hierro, que alcanzó los 7.43 mg/L en el punto PT-12, excediendo drásticamente los valores normales neotropicales (0.1 - 0.8 mg/L); este exceso de hierro trivalente y su posible precipitación representan un riesgo tanto para la biodiversidad como para la integridad de la maquinaria hidroeléctrica por procesos de corrosión e incrustación. Asimismo, los niveles de nitratos y fósforo total (máximo de 1.51 mg/L) confirman una carga de nutrientes que favorece la eutrofización. Esta acumulación orgánica, al no ser compensada por procesos de circulación natural, acelera el consumo de oxígeno en el hipolimnion, lo cual podría desencadenar la liberación de metales pesados desde los sedimentos hacia la columna de agua. Tal dinámica se sintetiza en la siguiente tabla:

TABLA III
PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS Y NUTRIENTES EN EL EMBALSE PATUCA III

Categoría	Variable	Resultado (Rango o Promedio)	Valor de Referencia / Límite
Físicoquímica	Temperatura	25.7°C - 34.7°C	$< 40^{\circ}\text{C}$ (NOM-001)
	Oxígeno Disuelto (OD)	6.8 mg/L (Promedio)	$> 5.0\text{ mg/L}$ (NOM-127)
	Perfil de Oxígeno	7.2 (sup.) a 3.1 (fondo) mg/L	Descenso en profundidad
	pH	7.1 - 7.8	6.5 - 8.5 (NOM-127)
	Conductividad (CE)	115 - $250\text{ }\mu\text{S/cm}$	$< 1000\text{ }\mu\text{S/cm}$ (NOM-127)
	Turbidez	3.2 - 6.7 UNT	$< 10\text{ UNT}$ (NOM-127)
	DBO ₅ / DQO	1.8 - 3.4 / 10.2 - 15.5 mg/L	< 40 / $< 200\text{ mg/L}$ (NOM-001)
Nutrientes	Nitrógeno Total	< 0.4 a 0.57 mg/L	Límite de detección
	Nitratos (NO_3)	Hasta 1.08 mg/L (PT-12)	$> 0.11\text{ mg/L}$ (No apto consumo)
	Fósforo Total	Máximo 1.51 mg/L (PT-06)	$< 5\text{ mg/L}$ (NOM-001)
Iones y Metales	Hierro (Fe)	0.73 a 7.43 mg/L (PT-12)	0.1 - 0.8 mg/L (Normal neotropical)
	Aluminio (Al)	0.15 - 0.28 mg/L	0.1 - 10 mg/L (Rango natural)

Fuente: Elaborado por autor con datos de [10].

A.2 Evaluación de Plaguicidas Organoclorados y Riesgo Tóxico

La presencia de compuestos químicos sintéticos en el embalse constituye uno de los impactos ambientales más severos identificados en el estudio. Los resultados evidencian una contaminación generalizada por plaguicidas, destacando niveles alarmantes de Gamma-BHC (Lindano), especialmente en el punto PT-12 con $60.06\text{ }\mu\text{g/kg}$, valor que supera en más de 40 veces el límite de referencia de $1.38\text{ }\mu\text{g/kg}$. Esta acumulación, junto a la detección de Heptacloro y Endrino ($17.43\text{ }\mu\text{g/kg}$ en el río), indica un arrastre de agroquímicos desde las zonas de cultivo hacia el embalse. La persistencia de estos organoclorados no solo altera la calidad química del agua, sino que representa una amenaza de bioacumulación en la cadena trófica, validando técnicamente la preocupación de las comunidades locales sobre la seguridad de sus recursos pesqueros. Los valores detallados se presentan a continuación:

TABLA IV
CONCENTRACIÓN DE PLAGUICIDAS EN PUNTOS CRÍTICOS DEL EMBALSE

Plaguicida	Resultado Hallado ($\mu\text{g/kg}$)	Punto de Muestreo	Valor de Referencia ($\mu\text{g/kg}$)
Gamma-BHC	60.06	PT-12	1.38
Gamma-BHC	22.64	PT-07	1.38

Endrín	17.43	PT-01	(Sin referencia en tabla)
Clordano	8.67	PT-12	8.87
Heptacloro	4.40	PT-09/10	(Sin referencia en tabla)
Dieldrín	3.73	PT-09/10	6.67

Fuente: Elaborado por autor con datos de [10].

A.3 Biodiversidad Acuática e Índices de Calidad Biológica

El análisis de los macroinvertebrados como bioindicadores permite determinar la salud del hábitat a través de la sensibilidad de los organismos a la contaminación. Con un total de 81 individuos recolectados pertenecientes a 11 familias, el índice de Shannon-Wiener ($H' = 1.84$) y el puntaje BMWP-CR (36) clasifican la calidad del agua como 'Aguas muy contaminadas' (Clase IV). Esta calificación indica que el sistema ha superado su capacidad de autodepuración, comprometiendo la estabilidad de las redes tróficas locales.

La baja diversidad biológica reflejada en el índice de Simpson ($D = 0.81$) sugiere un ecosistema bajo estrés, dominado por familias altamente tolerantes como Veliidae y Physidae, las cuales poseen adaptaciones para sobrevivir en ambientes lénticos (aguas estancadas) con alta carga de materia orgánica. Aunque la presencia de la familia Baetidae indica sectores con menor impacto, la estructura comunitaria general muestra una simplificación biológica severa. Esta pérdida de familias sensibles, como la familia Leptophlebiidae (que presenta una abundancia mínima), confirma técnicamente el deterioro del recurso hídrico que las comunidades asocian con la reducción de la pesca y el cambio en el olor y color del agua. Asimismo, la predominancia de taxones resistentes señala una hipoxia prolongada en el sedimento, lo cual altera irreversiblemente los nichos ecológicos necesarios para la recuperación de la biodiversidad acuática.

TABLA V
INDICADORES DE BIODIVERSIDAD Y CALIDAD DEL AGUA
(BMWP-CR)

Índice / Categoría	Valor Obtenido	Interpretación
Individuos colectados	81	(11 familias identificadas)
Índice de Simpson (D)	0.81	Baja diversidad; pocas especies dominantes
Índice Shannon-Wiener	1.84	Calidad de agua moderadamente contaminada
Puntaje BMWP-CR	36	Calidad de agua moderadamente contaminada
Familia más abundante	Veliidae / Baetidae	Adaptación a ambientes con poca corriente
Familia más sensible	Leptophlebiidae	Puntaje alto (8); sensible a contaminación

Fuente: Elaborado por autor con datos de [10].

B. Análisis de datos sociales mediante encuesta de campo

El análisis de la información recolectada se estructuró a partir de una encuesta integral diseñada para capturar la multidimensionalidad del impacto de la Central Hidroeléctrica Patuca III. El instrumento se organizó en siete secciones estratégicas que abarcan desde el perfil sociodemográfico de los

participantes hasta la percepción técnica, ambiental y social del proyecto. Asimismo, se incluyeron apartados específicos para evaluar los mecanismos de participación ciudadana, las demandas de mitigación y las valoraciones cualitativas de la población. Esta segmentación permite contrastar los datos estadísticos con las experiencias vividas por las comunidades de Las Delicias y Las Mangas, facilitando una comprensión holística de las transformaciones socioambientales derivadas de la operación de la central. Los indicadores clave derivados de este proceso se sintetizan en la Tabla VI, proporcionando una visión cuantitativa de las dimensiones analizadas. Los resultados de la encuesta cuentan con un nivel de confianza del 95% y un margen de error calculado del 7.1% para la muestra efectiva de 134 participantes.

TABLA VI
SÍNTESIS DE RESULTADOS DE LA ENCUESTA DE PERCEPCIÓN
SOCIOAMBIENTAL (n=134)

Dimensión	Indicador Clave	Resultado Relevante
Sociodemográfica	Distribución por Comunidad	Las Delicias (56.7%), Las Mangas (43.3%)
	Distribución de Género	Mujeres (51.5%), Hombres (48.5%)
Percepción General	Conocimiento del Proyecto	96.3% conoce la existencia de Patuca III
	Percepción de Beneficios	46.3% afirma que no hay mejoras
Social	Calidad de Vida	50.4% afirma que ha empeorado
	Desplazamiento Forzado	34.8% reporta mudanzas por la obra
	Acceso a Recursos	44.0% reporta menor acceso a agua/tierra/pesca
Impacto Ambiental	Cambios en Flora y Fauna	78.4% ha notado cambios significativos
	Calidad del Agua	72.4% percibe deterioro (olor, color, algas)
	Afectación del Suelo	55.2% identifica impactos negativos
Gobernanza	Consulta Previa	90.3% afirma que nunca se le consultó
	Inclusión en Decisiones	92.4% siente que no tiene voz en el proyecto
Expectativas	Medida de Mitigación Top 1	Reforestación (60.4%)
	Demanda Principal	Generación de empleo (66.9%)

Fuente: Elaborado por autor con base en resultados de encuesta de campo.

El perfil sociodemográfico de la muestra reveló una población con un rango de edad extenso, oscilando entre los 20 y 83 años, lo cual garantizó la captura de percepciones generacionales diversas y una visión histórica profunda sobre las transformaciones del territorio. La distribución de género resultó equilibrada, con un 48.5 % de hombres y un 51.5 % de mujeres, permitiendo un análisis integral que considera los distintos roles comunitarios. En cuanto a la procedencia geográfica, la mayor proporción de participantes se concentró en Las Delicias (56.7 %), seguida de Las Mangas (43.3%), factor relevante dado que la proximidad diferenciada al embalse condiciona las experiencias socioambientales. Además, el tiempo de residencia evidenció la coexistencia de nuevos pobladores con residentes históricos de más de 50 años, quienes

poseen un conocimiento empírico del entorno previo a la intervención hidroeléctrica.

Respecto a la percepción general sobre la Central Hidroeléctrica Patuca III, si bien el 96.3 % de los encuestados manifestó conocer sus operaciones, el nivel de aceptación de beneficios es reducido; solo un 28.4 % percibió mejoras para la localidad, mientras que un 46.3 % sostuvo una opinión negativa. Este descontento se vincula estrechamente con el desplazamiento poblacional, fenómeno que afectó directamente al 34.8 % de la muestra. Asimismo, la seguridad hídrica y alimentaria se vio comprometida para el 44 % de los habitantes, quienes reportaron una disminución en el acceso a recursos esenciales como agua, tierras cultivables y pesca, evidenciando que los efectos del proyecto no han sido distribuidos de manera uniforme.

En el ámbito ambiental, se identificó una alta sensibilidad ante las alteraciones del ecosistema, con un 78.4 % de la población que notó cambios significativos en la flora y fauna local. El deterioro de la calidad del agua fue señalado por el 72.4 % de los encuestados, describiendo anomalías como coloración extraña (70.9 %), olores fétidos (52.2 %) y proliferación de algas (51.5 %). Estas condiciones no solo representan una degradación del recurso hídrico, sino también un riesgo para la salud pública, dado que el 38.8 % de los participantes asoció estos cambios con el incremento de enfermedades. Adicionalmente, la mayoría de la población manifestó preocupación por la calidad del suelo y la integridad de los ecosistemas acuáticos, registrando un nivel de inquietud ambiental que alcanza al 62.6 % de la muestra.

Los efectos sociales derivados de la infraestructura fueron percibidos como mayoritariamente adversos, con un 50.4 % de los encuestados afirmando que su calidad de vida ha empeorado. La pérdida de acceso a medios de subsistencia y los problemas de desplazamiento afectaron al 60.4 % de los participantes, subrayando una desconexión entre el desarrollo energético nacional y el bienestar local. Esta situación se agrava ante la debilidad de los procesos de gobernanza; el 90.3 % de los ciudadanos reportó no haber sido consultado sobre el proyecto y el 92.4 % siente que carece de voz en las decisiones relativas a la central, lo que refleja una exclusión sistemática de las comunidades en la gestión ambiental y operativa.

Ante este escenario, la población demandó estrategias de mitigación orientadas a la restauración ecológica y la transparencia. La reforestación (60.4 %) y la protección de la biodiversidad (70.1 %) emergieron como prioridades, junto con la necesidad de mejorar la calidad hídrica y generar oportunidades de empleo (66.9 %). Existe un interés manifiesto por recibir información técnica sobre el impacto ambiental y los proyectos de seguridad (72.2 %), lo que resalta la urgencia de establecer mecanismos de comunicación más efectivos por parte de las autoridades responsables.

Las valoraciones cualitativas recogidas evidenciaron un clima de desconfianza y un sentimiento de abandono institucional. La comunidad manifestó frustración ante el incumplimiento de promesas de desarrollo y la percepción de que la hidroeléctrica ha mermado la productividad de la tierra y la disponibilidad de especies animales. En conclusión, los

habitantes se perciben como actores marginados dentro de un proyecto que ha transformado su entorno cotidiano, exigiendo una mayor integración en los procesos de toma de decisiones y una atención inmediata a sus necesidades básicas de infraestructura y servicios.

C. Triangulación y análisis de datos

Existe una correlación directa entre los hallazgos del Estudio Limnológico (2021) y los datos de la encuesta de campo. Mientras el análisis técnico reportó niveles de nitratos (1.08 mg/L) y fósforo total (1.51 mg/L) que favorecen la eutrofización, el 72.4% de los encuestados percibe este deterioro a través de olores fétidos (52.2%) y proliferación de algas (51.5%). La estratificación térmica y la hipoxia en profundidad (3.1 mg/L de Oxígeno Disuelto) explican técnicamente la descomposición orgánica que la población asocia con la pérdida de calidad del agua para consumo y uso doméstico.

La detección de niveles críticos de Gamma-BHC (Lindano) de 60.06 µg/kg (superando 40 veces el límite de referencia) valida técnicamente la preocupación del 38.8% de la población que asocia el estado del embalse con el incremento de enfermedades. Esta contaminación generalizada por plaguicidas, sumada al exceso de hierro (7.43 mg/L), confirma que el ecosistema se ha convertido en un sumidero de contaminantes acumulados, comprometiendo la seguridad alimentaria de quienes dependen de la pesca local.

La simplificación biológica detectada mediante el puntaje BMWP-CR de 36 (calidad moderadamente contaminada) y la baja diversidad (Índice de Simpson 0.81) se traduce en la realidad económica de las comunidades. El 44.0% de los habitantes reporta un menor acceso a la pesca, lo cual coincide con un ecosistema dominado por familias tolerantes a la perturbación (Veliidae y Physidae).

La triangulación revela una desconexión entre la licencia ambiental y la realidad territorial. El proyecto propuso un caudal ecológico de apenas 3 m³/s, cifra insuficiente frente a los 15 m³/s que la población exige para navegación y riego. Esta brecha técnica explica por qué el 92.4% de la muestra siente que no tiene voz en las decisiones del proyecto y por qué el 50.4% afirma que su calidad de vida ha empeorado: el diseño operativo de la central prioriza la generación energética sobre las necesidades hídricas básicas de las comunidades aguas abajo. La correlación de los resultados cualitativos y cuantitativos se presentan a continuación.

TABLA VII
MATRIZ DE TRIANGULACIÓN SOCIO-TÉCNICA Y OPERATIVA

Parámetro / Hallazgo	Evidencia Técnica Cuantitativa	Ubicación Crítica	Impacto Social Relacionado
Toxicidad por Organoclorados	60.06 µg/kg de Gamma-BHC (Excede 43x el límite).	PT-12 (Final del embalse)	38.8% asocia el agua con enfermedades; temor por seguridad alimentaria.
Metales Pesados (Fe)	7.43 mg/L (Valor normal	PT-12 (Punto de mayor sedimentación)	70.9% reporta coloración extraña; 72.4%

	neotropical: 0.1-0.8 mg/L).		percibe deterioro general.
Estado de Oxigenación	Hipoxia en profundidad (3.1 mg/L); Estratificación térmica de 3.5°C.	Columna de agua en zona léntica	52.2% reporta olores fétidos (descomposición orgánica).
Nutrientes y Algas	1.51 mg/L de Fósforo Total; 1.08 mg/L de Nitratos.	PT-06 y PT-12	51.5% nota proliferación de algas; 46.3% niega beneficios locales.
Gestión Hídrica	Caudal ecológico: 3 m ³ /s (Licencia).	Aguas abajo de la presa	15 m ³ /s es la demanda mínima para riego y navegación de las comunidades.
Diversidad Biológica	Índice de Shannon-Wiener de 1.84 y Simpson de 0.81.	Puntos de muestreo PT-01 a PT-12	El 44.0% reporta menor acceso a la pesca; pérdida de seguridad alimentaria por ecosistema simplificado

Fuente: Elaborado por autor con base en la triangulación de datos obtenidos.

La investigación sobre la Central Hidroeléctrica Patuca III ha revelado que los impactos socioambientales son significativos y complejos, afectando tanto a la biodiversidad como a la calidad de vida de las comunidades locales. Esto subraya la necesidad de realizar evaluaciones integrales y continuas que consideren la interacción de factores ambientales, sociales y económicos en el contexto de la infraestructura hidroeléctrica.

En cuanto a la validación de la Hipótesis de Degradación Ecosistémica, se confirma la existencia de una degradación ecosistémica acumulada en el área de influencia de Patuca III. Esta validación se sustenta en la convergencia de la toxicidad química (Gamma-BHC excediendo 43 veces el límite), la simplificación biológica (Índice de Shannon de 1.84) y la percepción social (72.4% de deterioro hídrico). La transición de un sistema lótico a uno léntico ha convertido al embalse en un sumidero de contaminantes, alterando irreversiblemente la integridad ecológica del sitio.

La insuficiencia en la Evaluación de Impactos Acumulativos deja en evidencia que los instrumentos de gestión ambiental actuales han fallado en capturar el efecto sinérgico de la operación hidroeléctrica en la cuenca del río Patuca. La brecha entre el caudal ecológico asignado (3 m³/s) y la demanda real de las comunidades (15 m³/s) demuestra que el diseño operativo prioriza la generación energética sobre la seguridad hídrica, provocando una pérdida de servicios ecosistémicos que no fue compensada adecuadamente.

El impacto Social y desplazamiento forzado es confirmado en la investigación ya que se demuestra que el desplazamiento afectó al 34.8% de la muestra, traduciéndose en un empeoramiento de la calidad de vida para el 50.4% de los habitantes. La pérdida de acceso a la pesca (44%) no es solo

una percepción social, sino que está técnicamente ligada a la dominancia de familias de macroinvertebrados tolerantes a la contaminación (Veliidae y Physidae) sobre especies de interés comercial o nutricional.

Existe una exclusión sistemática de las comunidades en la gestión del proyecto, donde el 90.3% de la población afirma no haber sido consultada. Esta falta de gobernanza ambiental debilita la implementación de medidas de mitigación y genera un clima de desconfianza institucional que dificulta cualquier estrategia de desarrollo sostenible en la región.

Si bien la central contribuye al ODS 7 (Energía asequible y no contaminante), entra en conflicto directo con el ODS 6 (Agua limpia y saneamiento) y el ODS 15 (Vida de ecosistemas terrestres). La presencia de organoclorados y la hipoxia en profundidad (3.1 mg/L de OD) son indicadores claros de que el desarrollo energético actual se está logrando a expensas de la salud ambiental local.

Se identifica la Evaluación Ambiental Estratégica (EAE) como la herramienta técnica y legal necesaria para superar las limitaciones de los estudios de impacto tradicionales, los cuales suelen ser fragmentados y reactivos. La ausencia de una estructura legal para la EAE en Honduras ha impedido una planificación territorial que integre las realidades sociales y las capacidades de carga de las cuencas, perpetuando un modelo de desarrollo extractivo. Esta investigación subraya que, sin una visión estratégica y sistémica, el impacto socioambiental de las grandes infraestructuras seguirá siendo una deuda pendiente con las comunidades y el entorno natural. Bajo esta premisa, la institucionalización de la EAE permitiría transitar de una gestión de crisis a una gobernanza preventiva, asegurando que la viabilidad de los proyectos hidroeléctricos se fundamente en el equilibrio ecológico y la justicia distributiva del recurso hídrico.

IV CONCLUSIONES

La investigación sobre la Central Hidroeléctrica Patuca III ha revelado que los impactos socioambientales son significativos y complejos, afectando tanto a la biodiversidad como a la calidad de vida de las comunidades locales. Esto subraya la necesidad de realizar evaluaciones integrales y continuas que consideren la interacción de factores ambientales, sociales y económicos en el contexto de la infraestructura hidroeléctrica.

Respecto a la validación de la Hipótesis de Degradación Ecosistémica, se confirma la existencia de una degradación ecosistémica acumulada en el área de influencia de Patuca III. Esta validación se sustenta en la convergencia de la toxicidad química (Gamma-BHC excediendo 43 veces el límite), la simplificación biológica (Índice de Shannon de 1.84) y la percepción social (72.4% de deterioro hídrico). La transición de un sistema lótico a uno léntico ha convertido al embalse en un sumidero de contaminantes, alterando irreversiblemente la integridad ecológica del sitio.

La insuficiencia en la Evaluación de Impactos Acumulativos deja en evidencia que los instrumentos de gestión ambiental actuales han fallado en capturar el efecto sinérgico de la operación hidroeléctrica en la cuenca del río Patuca. La

brecha entre el caudal ecológico asignado ($3 \text{ m}^3/\text{s}$) y la demanda real de las comunidades ($15 \text{ m}^3/\text{s}$) demuestra que el diseño operativo prioriza la generación energética sobre la seguridad hídrica, provocando una pérdida de servicios ecosistémicos que no fue compensada adecuadamente.

El impacto Social y desplazamiento forzado es confirmado en la investigación ya que se demuestra que el desplazamiento afectó al 34.8% de la muestra, traducándose en un empeoramiento de la calidad de vida para el 50.4% de los habitantes. La pérdida de acceso a la pesca (44%) no es solo una percepción social, sino que está técnicamente ligada a la dominancia de familias de macroinvertebrados tolerantes a la contaminación (Veliidae y Physidae) sobre especies de interés comercial o nutricional.

Existe una exclusión sistemática de las comunidades en la gestión del proyecto, donde el 90.3% de la población afirma no haber sido consultada. Esta falta de gobernanza ambiental debilita la implementación de medidas de mitigación y genera un clima de desconfianza institucional que dificulta cualquier estrategia de desarrollo sostenible en la región.

Si bien la central contribuye al ODS 7 (Energía asequible y no contaminante), entra en conflicto directo con el ODS 6 (Agua limpia y saneamiento) y el ODS 15 (Vida de ecosistemas terrestres). La presencia de organoclorados y la hipoxia en profundidad (3.1 mg/L de OD) son indicadores claros de que el desarrollo energético actual se está logrando a expensas de la salud ambiental local.

Se identifica la Evaluación Ambiental Estratégica (EAE) como la herramienta técnica y legal necesaria para superar las limitaciones de los estudios de impacto tradicionales, los cuales suelen ser fragmentados y reactivos. La ausencia de una estructura legal para la EAE en Honduras ha impedido una planificación territorial que integre las realidades sociales y las capacidades de carga de las cuencas, perpetuando un modelo de desarrollo extractivo. Esta investigación subraya que, sin una visión estratégica y sistémica, el impacto socioambiental de las grandes infraestructuras seguirá siendo una deuda pendiente con las comunidades y el entorno natural. Bajo esta premisa, la institucionalización de la EAE permitiría transitar de una gestión de crisis a una gobernanza preventiva, asegurando que la viabilidad de los proyectos hidroeléctricos se fundamente en el equilibrio ecológico y la justicia distributiva del recurso hídrico.

V. RECOMENDACIONES

La evidencia de degradación ecosistémica acumulada y la fragilidad social detectada en el área de influencia de la Central Hidroeléctrica Patuca III exigen una transición inmediata hacia un Modelo de Gestión Adaptativa. Se recomienda la implementación de un plan de acción jerarquizado que priorice la restauración del equilibrio hídrico y la institucionalización de la gobernanza participativa.

La acción prioritaria debe centrarse en la redefinición técnica del caudal ecológico, transitando de los $3 \text{ m}^3/\text{s}$ actuales hacia un flujo de $15 \text{ m}^3/\text{s}$, garantizando así la resiliencia biológica y las necesidades de navegación y riego de las comunidades. Esta medida debe ser supervisada por un Comité

de Gestión Integral institucionalizado como un organismo de gobernanza multinivel. Dicho comité debe estar integrado equitativamente por líderes comunitarios de Las Delicias y Las Mangas, delegados de entes reguladores (SERNA y SEN), la administración técnica de la ENEE y el acompañamiento de la academia local, donde instituciones como UNITEC y USAP actúen como referentes en la definición de lineamientos de sostenibilidad y gestión estratégica. No obstante, para cerrar la brecha entre la normativa de la SERNA y su implementación operativa, es imperativa la participación de todo el sistema universitario; esto incluye a la Universidad Nacional Autónoma de Honduras (UNAH) en su rol de ente rector y generador de políticas públicas, así como a centros de especialización técnica como la Universidad Nacional de Agricultura (UNAG). Esta integración interinstitucional garantiza que el análisis de impacto ambiental y la gestión de recursos hídricos cuenten con un respaldo científico transdisciplinario, asegurando que la infraestructura energética no solo cumpla con formalismos administrativos, sino que responda a una planificación territorial técnicamente rigurosa y socialmente equitativa. Esta estructura reducirá la asimetría de información que actualmente mantiene al 90.3% de la población excluida de las decisiones operativas.

Para asegurar la eficacia de estas intervenciones, la gestión debe regirse por indicadores de desempeño (KPI) específicos y auditarles. En la dimensión ambiental, se propone como meta la reducción de la carga de Gamma-BHC al límite de referencia de $1.38 \text{ } \mu\text{g/kg}$ y la recuperación del puntaje BMWP-CR a niveles superiores a 61 unidades (Clase II), lo que indicaría una restauración de la calidad hídrica de "muy contaminada" a "buena". En la dimensión operativa y social, el éxito se medirá a través del cumplimiento del 100% del caudal social-ecológico en época de estiaje y una tasa de ejecución de acuerdos comunitarios superior al 90%, buscando revertir el clima de desconfianza institucional identificado.

Finalmente, la implicación práctica más relevante es la necesidad de elevar el estándar de planificación nacional hacia una Evaluación Ambiental Estratégica (EAE). Ante la ausencia de un marco legal formal en Honduras, esta investigación posiciona a la EAE como la herramienta científica idónea para integrar impactos acumulativos y variables socioeconómicas desde las fases de diseño. La transición hacia este enfoque permitirá que la seguridad energética nacional no comprometa la integridad ecológica ni la soberanía alimentaria de la cuenca, estableciendo un precedente metodológico para la gestión de infraestructuras críticas en ecosistemas neotropicales.

REFERENCIAS

- [1] Secretaría de Energía de Honduras, "Informe Estadístico Anual del Subsector Eléctrico Nacional (IEASEN) 2023," Tegucigalpa, Honduras, 2024. [En línea]. Disponible en: https://sen.hn/wp-content/uploads/2024/08/IEASEN-2023_7.8.2024.pdf
- [2] R. J. Hernández Cruz, "Valoración de las Áreas Protegidas en Honduras en función de la generación de energía renovable," Tesis de maestría, Maestría en Administración de Proyectos, Universidad Tecnológica Centroamericana, Tegucigalpa, Honduras, 2024. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.unitec.edu/xmlui/handle/123456789/13092>
- [3] Secretaría de Energía (SEN), "Guía de relacionamiento comunitario para proyectos de energía en Honduras," Tegucigalpa, Honduras, 2023. [En

- línea]. Disponible: <https://sen.hn/wp-content/uploads/2025/07/Guia-de-relacionamiento-comunitario-1.pdf>
- [4] Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente (SERNA), “Guía metodológica para el abordaje social de los proyectos de generación de energía con fuentes hídricas,” Tegucigalpa, Honduras, 2012. [En línea]. Disponible: https://drive.google.com/drive/folders/1bSg4FXcda2p8USmPv_ta0e5LGcKvstjG?usp=drive_link
- [5] Boateng, D., Bloomer, J. y Morrissey, J “Dónde reside el poder: Desarrollo de un marco de ecología política para una transición energética justa,” *Geography Compass*, vol. 17, no. 6, p. e12689, Jun. 2023. [En línea]. Disponible doi: [10.1111/gec3.12689](https://doi.org/10.1111/gec3.12689).
- [6] Secretaría de Energía (SEN), “II Informe Nacional Voluntario de la Agenda 2030,” Tegucigalpa, Honduras, Jun. 2020. [En línea]. Disponible: https://www.se.gob.hn/media/files/aprode/II_Informe_Nacional_Voluntario_de_la_Agenda_2030_12Junio2020_002_marcado.pdf
- [7] C. E. Tinoco Coleman, “Estimación de la compensación económica a los indígenas Miskitos y Tawahkas por los daños medioambientales originados por el proyecto hidroeléctrico Patuca III en Honduras C.A.”, Tesis de maestría, Ingeniería Agrícola y Forestal, Universidad de Valladolid, Valladolid, España, 2012. Disponible en: <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/1040>
- [8] K. O. Winemiller *et al.*, “Balancing hydropower and biodiversity in the Amazon, Congo, and Mekong,” *Science*, vol. 351, no. 6269, pp. 128-129, Jan. 2016. doi: [10.1126/science.aac7082](https://doi.org/10.1126/science.aac7082)
- [9] J. A. Mejía Guerra, “¿Energía limpia Sí, etnocidio NO!: El caso de la Central Hidroeléctrica Patuca III,” *Corte Interamericana de Derechos Humanos*, San José, Costa Rica, sep. 2011. [En línea]. Disponible en: <https://www.corteidh.or.cr/tablas/r28046.pdf>
- [10] Asociación de Consultores en Ingeniería (ACI) & GeoConsult, “Estudio limnológico e ictiológico en el embalse hidroeléctrico Patuca III,” Informe técnico no publicado, Tegucigalpa, Honduras, nov. 2021. [En línea]. Disponible: https://drive.google.com/drive/folders/1cnaJEdS0Kn365DIK9B7Jm9F_KNyKrvnl?usp=drive_link