

DOI: <https://doi.org/10.56712/latam.v3i2.129>

## **Jerarquización de Impactos Ambientales en Proyectos Hidroeléctricos Establecidos en Ecosistemas de Montaña**

Hierarchy of Environmental Impacts in Hydroelectric Projects  
Established in Mountain Ecosystems

**Luz Sucy Fernández Ríos**

Centro de Estudios Superiores Universitarios – Universidad Mayor de San Simón

luz.fernandez@umss.edu

<https://orcid.org/0000-0003-3005-837X>

Cochabamba – Bolivia

Artículo recibido: 30 de septiembre de 2022. Aceptado para publicación: 22 de octubre de 2022.  
Conflictos de Interés: Ninguno que declarar.

### **Resumen**

En Bolivia, los proyectos hidroeléctricos van tomando relevancia como fuente de energía renovable, motivo por el cual, existe un escaso registro de experiencias concretas sobre la implementación de proyectos hidroeléctricos en zonas de montaña que incluyan un análisis del medio ambiente en el marco de la sustentabilidad energética. El presente estudio toma como unidad de análisis un proyecto hidroeléctrico de embalse establecido en ecosistema de montaña, para demostrar que una jerarquización de los impactos ambientales, responde con mayor precisión a la dimensión ambiental, conforme a sus características técnicas y ecosistémicas. El desarrollo del trabajo, parte del análisis de la información registrada en el Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental – EEIA y en base a esta información se realiza un procedimiento para jerarquizar los impactos ambientales con el uso de métodos matriciales, cualitativos y cuantitativos además de emplear software especializado. Finalmente, se concluye que no hay evaluaciones estándares, y se afirma que la EIA de todo proyecto hidro energético esté establecido o no, en un ecosistema de montaña, es un problema complejo y único, por lo que, una jerarquización de impactos ambientales de manera inicial y particular al área de emplazamiento del proyecto contribuye de manera real y efectiva a una Sustentabilidad ambiental del ecosistema intervenido, en el marco del Desarrollo Energético Sostenible.

*Palabras clave:* proyectos hidroeléctricos de embalse, ecosistemas de montaña, sustentabilidad energética, evaluación de impacto ambiental, jerarquización de impactos ambientales.

Todo el contenido de **LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades**, publicados en este sitio está disponibles bajo Licencia [Creative Commons](#) . 

Como citar: Fernández Ríos, L. S. (2022). Jerarquización de Impactos Ambientales en Proyectos Hidroeléctricos Establecidos en Ecosistemas de Montaña. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, 3(2), 677-690  
<https://doi.org/10.56712/latam.v3i2.129>

## Abstract

In Bolivia, hydroelectric projects are gaining relevance as a source of renewable energy, which is why there is little record of specific experiences on the implementation of hydroelectric projects in mountain areas that include an analysis of the environment within the framework of sustainability energetic. The present study takes as a unit of analysis a hydroelectric reservoir project established in a mountain ecosystem, to demonstrate that a hierarchy of environmental impacts responds more precisely to the environmental dimension, according to its technical and ecosystem characteristics. The development of the work, part of the analysis of the information recorded in the Environmental Impact Assessment Study - EEIA and based on this information a procedure is carried out to prioritize the environmental impacts with the use of matrix, qualitative and quantitative methods in addition to employing specialized software. Finally, it is concluded that there are no standard evaluations, and it is stated that the EIA of all hydro-energy projects, whether established or not, in a mountain ecosystem, is a complex and unique problem, therefore, a hierarchy of the environmental impacts of initial and particular way to the area where the project is located contributes in a real and effective way to an environmental sustainability of the intervened ecosystem.

*Keywords:* reservoir hydroelectric projects, mountain ecosystems, energy sustainability, Environmental Impact Assessment, hierarchy of environmental impacts.

## INTRODUCCIÓN

La Evaluación de Impacto Ambiental - EIA es un instrumento de política ambiental adoptado actualmente en numerosas jurisdicciones (países, regiones o gobiernos locales, así como por organizaciones internacionales como bancos de desarrollo y entidades privadas). Se reconoce en tratados internacionales como un mecanismo potencialmente muy eficaz de prevención de los daños ambientales y de promoción del desarrollo sustentable. Si bien el EIA no consigue el desarrollo sostenible "per se", ayuda tempranamente para guiar a los responsables de la toma de decisiones en esa dirección, motivo por el cual el desarrollo de trabajos de investigación devela alternativas creativas y eficientes, y compatibiliza las acciones con los requisitos y exigencias a nivel de la normativa ambiental imperante en el Estado Plurinacional de Bolivia.

Asimismo, la Constitución Política del Estado Plurinacional del Bolivia, establece que es deber del Estado y de la población conservar, proteger y aprovechar de manera sustentable los recursos naturales y la biodiversidad, así como mantener el equilibrio del medio ambiente. Además de determinar que quienes realicen actividades que generen impacto sobre el medio ambiente deben, en todas las etapas de su actividad, evitar, minimizar, mitigar, remediar, reparar y resarcir los daños al medio ambiente y a la salud de las personas. Asimismo, mediante la Ley 1333,- Ley del Medio Ambiente, establece la obligatoriedad de aplicar la EIA a toda actividad, obra o proyecto y que asegurar la compatibilidad ambiental de otras leyes, como Ley Marco de la Madre Tierra y Desarrollo Integral para Vivir Bien - Ley No 300, en las que el Estado Plurinacional de Bolivia establece como parte de la gestión ambiental, el principio precautorio y el de prioridad de la prevención, consagrando la evitación como una regla general.

Debido a la diversidad de las condiciones topográficas del territorio boliviano, los proyectos hidroeléctricos establecidos en ecosistemas de montaña, presentan una serie de particularidades, que definen el carácter multipropósito de las mismas en cuanto a provisión de agua, ya sea para consumo o para el desarrollo de prácticas agrícolas, en el marco de la seguridad alimentaria, aspecto que limita esta condición para el Proyecto Hidroeléctrico estudio de caso, pero se concibe como un proyecto que atenderá las necesidades de demanda de energía eléctrica de las poblaciones circundantes, a través de la línea de transmisión prevista por la ejecución del proyecto, para su conexión al Sistema Interconectado Nacional - SIN, por lo que, se considera que es un proyecto que "garantiza el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos"<sup>1</sup>.

En este contexto, el estudio cuestiona lo siguiente:

*¿Será que la Jerarquización de los impactos ambientales del Proyecto Hidroeléctrico objeto de estudio y que se establece en zona de montaña, contribuye a una Sustentabilidad ambiental del ecosistema intervenido, en el marco de un Desarrollo Energético Sostenible?*

---

<sup>1</sup> ENERLAC • Volumen I. Número 2. Diciembre, 2017. Organización Latinoamericana de Energía, OLADE.

## MÉTODO

La investigación tuvo un enfoque cualitativo y cuantitativo debido a que se trabaja con datos de la etapa de diagnóstico y predicción obtenidos del EEIA.

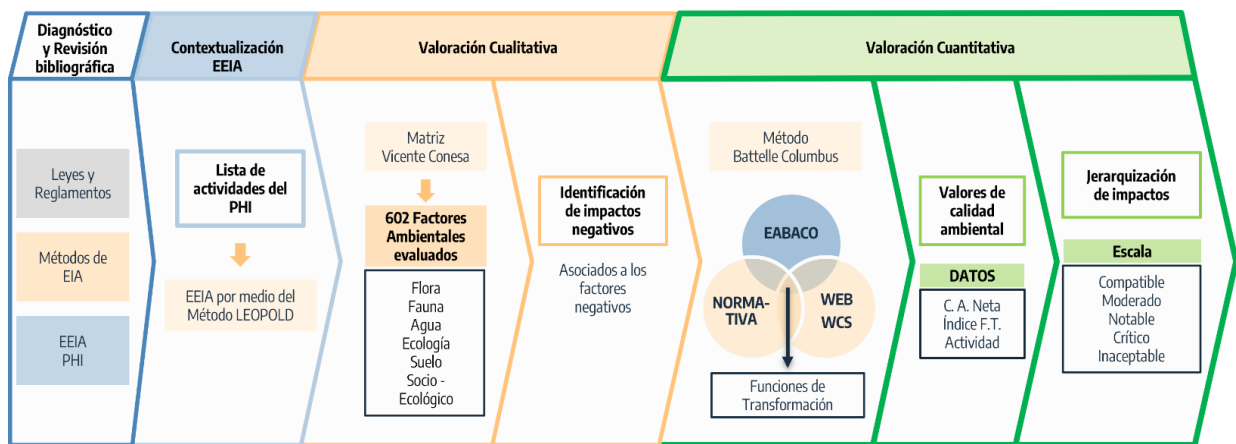
El tipo de investigación es correlacional – explicativo, debido a que se trabaja en base a un estudio existente, el cual se complementa y se definen diferencias, además que busca dar solución a determinados problemas.

Se recopiló datos del estudio existente y de fuentes de información secundaria como ser publicaciones, libros y plataformas digitales en base a SIG.

El marco metodológico, se desarrolla de acuerdo a la siguiente estructura:

**Figura 1**

Marco metodológico



### Diagnóstico y revisión bibliográfica

Se parte de una Revisión y análisis de resultados e información registrada en el Estudio de Evaluación del Impacto Ambiental -EEIA del Proyecto en estudio, que responde a lo determinado por la legislación ambiental en referencia a la EIA de proyectos hidroeléctricos, que además se emplazan sobre Áreas protegidas, para posteriormente determinar las actividades e impactos socio ambientales asociados al proyecto en estudio durante el ciclo de vida. Análisis que desarrolla según valoración cualitativa registrada en la Ficha Ambiental – FA del proyecto y que la categoriza como “Nivel de Categoría 1: Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental Analítico Integral”. Por el grado de incidencia de efectos en el ecosistema, se deberá incluir en sus estudios un análisis detallado y evaluación de todos los factores del sistema ambiental: físico, biológico, socioeconómico, cultural, jurídico-institucional y que da como resultado la identificación de actividades y los factores ambientales del medio susceptibles a degradar, en cumplimiento a normativa imperante.

### **Contextualización ambiental del proyecto estudio de caso**

Con base a la identificación de actividades del proyecto y factores ambientales, se procede a la conformación de la matriz de identificación CAUSA – EFECTO, por medio de la determinación de los impactos socio ambientales asociados a la actividades del proyecto, constituyéndose en parámetros que sirven como herramientas de información para la evaluación de las consecuencias ambientales derivadas de las actividades sociales y económicas, afirmando que un ecosistema es saludable si este es activo y mantiene su organización y autonomía en el tiempo y su capacidad de amortiguación (Bittermann & Haberl, 1998; Costanza 1992), por lo que el estudio identifica de manera inicial como bioindicadores potenciales de los impactos socioambientales, la valoración de los ecosistemas, expresados en Pérdida de cobertura vegetal, Fragmentación de comunidades vegetales Perturbación de especies particulares, entre otras, y que representan una afectación sobre las diferentes unidades biogeográficas que confluyen en la zona de estudio.

### **Valoración cualitativa de impactos ambientales**

Dado que la normativa boliviana explicita los atributos ambientales relacionados a los componentes físico abiótico y biótico y socioeconómico, se procede a una evaluación cualitativa de todos los impactos identificados en la matriz de Leopold y que representan la EIA del proyecto objeto de estudio, procediendo a evaluar su impacto socio ambiental, por medio de la aplicación del método matricial de Conesa V. (2009), mismo método utilizado en el EEIA del proyecto, que contrasta y determina la valoración de los impactos socio ambientales que se ven afectados de manera directa e indirecta por las actividades del proyecto.

### **Valoración cuantitativa de impactos ambientales identificados como relevantes**

Se desarrolla para los factores ambientales que fueron identificados en la valoración cualitativa como relevantes por que generan un impacto considerado como negativo para el medio ambiente. Para su determinación se aplica el método de Battelle – Columbus (1972), por medio del uso de Funciones de Transformación FT, para los factores ambientales que se identificaron como principalmente afectados y que se evalúa con base a índices determinados en las FT acorde a la legislación boliviana, por medio de criterios técnicos apropiados a estos parámetros y de resultados obtenidos de la plataforma de jerarquía de mitigación GIS WEB (2019), para aspectos de Biodiversidad.

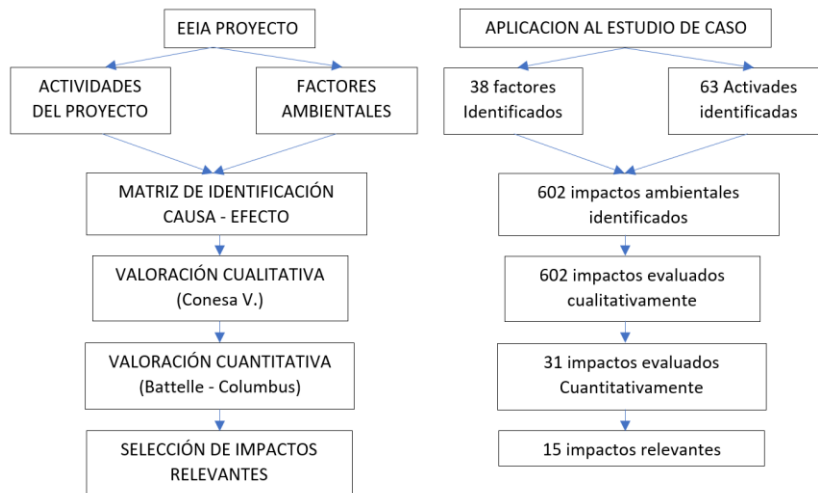
### **Uso del software EABACO**

Herramienta que aplica de forma eficiente el método de Battelle-Columbus y que evalúa los impactos socio ambientes generados por el proyecto, determinando su viabilidad ambiental global, para su interpretación en el marco de la sustentabilidad energética y que representan una condición real de interacción entre la naturaleza y la sociedad humana, con especial énfasis en los aspectos espaciales (locales) y en la inclusión de perspectivas a corto y largo plazo, que e constituyen en evidencias de producto y son el resultado de la metodología empleada.

Metodología que aplicada al estudio de caso presenta los siguientes resultados:

**Figura 2**

Resultados asociados al proceso metodológico



### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Resultado del diagnóstico realizado al EEIA del Proyecto objeto de estudio de caso, se determina que: **i)** Cumple en cuanto a su procedimiento teórico metodológico y con lo determinado en la Ley del medio ambiente N° 1333 y Reglamento de Áreas protegidas, según refrenda Ley No. 819, que declara de interés y prioridad nacional la ejecución del proyecto hidroeléctrico, **ii)** Se establece que las 63 actividades del proyecto tienen incidencia favorable y contraria sobre el medio receptor de las cuales cuarenta y nueve corresponden a la etapa de ejecución, cinco a la etapa de operación, cinco a la etapa de mantenimiento y cuatro a la etapa de futuro inducido, **iii)** El área de estudio comprende dos zonas geográficamente distintas, *la primera en el Parque Nacional Carrasco*, (Categoría II según la UICN<sup>2</sup>, cuya finalidad es la conservación y protección de los ecosistemas) clasificada como tierras de Producción Forestal Permanente, lugar donde se establecen las obras hidráulicas del proyecto e incluyen dos cuencas, cuyos caudales ecológicos mínimos determinados por el EEIA son de 1,39 m<sup>3</sup>/s para la presa y de 1,65 m<sup>3</sup>/s para la segunda toma; *y la segunda que se extiende a través de la línea de transmisión que se abastece de energía eléctrica*, y provee energía a las comunidades circundantes, en el marco de Desarrollo Endógeno Sostenible, **iv)** Biogeográficamente, la zona de intervención del proyecto incluye Desde Matorrales, pastizales, Bosques secos interandinos, Bosques montanos de Yungas y Bosques sub - andinos hiper húmedos que se extienden desde los 4000-1000 msnm.

<sup>2</sup> Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, conformada por organizaciones gubernamentales y sociedad civil.

La EIA del proyecto en estudio, se inicia con la validación del EEIA por medio de la aplicación de la matriz cualitativa de Leopold, que categoriza al proyecto con el nivel de categoría No.1 y que determina la realización de un EEIA Integral sobre los factores ambientales. Asimismo, según los resultados obtenidos en la implementación de esta matriz de causa y efecto, se concluye a “priori” que los factores relacionados a la biodiversidad, son los más susceptibles a degradar. Se pone de relevancia que, la metodología aplica métodos de valoración de impactos socio ambientales, pero debido a que no existe desplazamiento de poblaciones y a que el proyecto se emplaza en un área protegida, este no representa una afectación negativa sobre el factor socio económico, tal como refleja los resultados de valoración aplicados al estudio de caso y que como parte de un diagnóstico inicial identifica a 38 aspectos ambientales asociados a los factores del medio ambiente y los relaciona a las 63 actividades componentes del proyecto para todas sus etapas y que se evalúan cualitativamente.

En concordancia con la metodología propuesta y como resultado de la evaluación cualitativa se identifica las actividades del proyecto que producen mayores impactos ambientales los cuales se analizarán cualitativamente y a mayor detalle posteriormente. Esta etapa de valoración difiere con la presentada en el EEIA ya que se aplica dando mayor énfasis a las actividades generadoras de impacto, concluyendo que la presencia de la presa y las actividades relacionados a la consolidación de esta, son las fuentes que ocasionan impactos negativos, tal como se presenta en la Figura No.3.

**Figura 3**


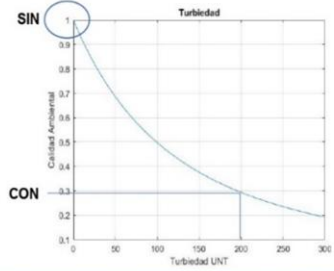
*Actividades del proyecto que inciden de manera prioritaria sobre el medio ambiente*

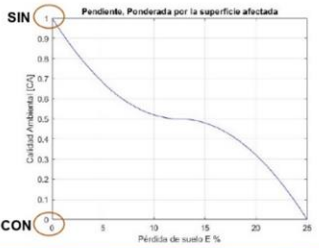


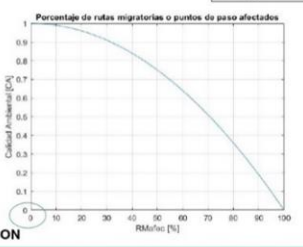

Asimismo, previo a la valoración cuantitativa, se procedió identificar las funciones de transformación que tienen correspondencia con las actividades generadoras de impacto del cuadro anterior, tal como el llenado de vaso y otros, aplicando resultados del reporte del GIS-WEB-WCS [PLATAFORMA JERARQUÍA DE MITIGACIÓN \(arcgis.com\)](https://arcgis.com) para aspectos de Biodiversidad y de reglamentación específica para los otros factores; resultados que se presentan de manera prioritaria para los factores relacionados con la biodiversidad, tal como se resume en Tabla 1.

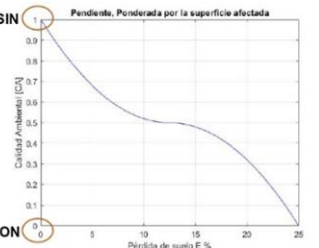
Tabla 1

Resumen de resultados funciones de transformación

<b>Medio afectado:</b> AGUA	<b>Código:</b> AG-EJ-18-01
<b>Factor ambiental:</b> Calidad del agua superficial	<b>CRÍTICO</b>
<b>Actividad del Proyecto:</b> Construcción y operación de plantas industriales	
<b>Descripción del Impacto:</b> El proyecto incluye las siguientes plantas industriales: Planta de agregados, planta de fabricación del hormigón, los cuales se ubican en una explanada junto al cauce natural del río, se considera que los residuos líquidos generados podrían contaminar el cuerpo de agua con sedimentos.	
	
<b>Valoración Cuantitativa del Impacto:</b> Turbiedad	
<b>Valoración SIN el proyecto</b> $T_{SIN} = 0.5$ (P3-Río Ivirizu) $CA_{SIN} = 0.99$	<b>Valoración CON el proyecto</b> $T_{CON} = 200$ (valor máximo esperado) $CA_{CON} = 0.29$
	
<b>Fuentes:</b> ENDE-VH, Diagnóstico del estado inicial del ambiente existente (pag.110), Google Earth 2022.	

<b>Medio afectado:</b> SUELO	<b>Código:</b> SU-EJ-19-12
<b>Factor ambiental:</b> Erosión	<b>INACEPTABLE</b>
<b>Actividad del Proyecto:</b> Construcción de la presa	
<b>Descripción del Impacto:</b> La operación de equipos en laderas de alta pendiente torna los suelos susceptibles a la erosión.	
<b>Valoración Cuantitativa del Impacto:</b> Pendiente ponderada por la superficie afectada.	
$E = i \cdot (S_a/S_t)$	
<b>E=Pendiente ponderada</b> $i$ =Pendiente del terreno en % $S_a$ = Superficie alterada por la actuación $S_t$ = Superficie total del entorno considerado	Se analizó en la ubicación de la represa debido a que es un punto crítico de movimiento de tierras y el suelo presenta altas pendientes y tiene características deleznable, suelo SSAND.
<b>Valoración SIN proyecto</b> (Calidad ambiental Alta) $E_{SIN} = 0$ $CA_{SIN} = 1$	<b>Valoración CON proyecto</b> $i = 70\%$ (Fuertemente ondulado y montañoso) $S_a = 5.71$ Ha (Área intervenida) $S_t = 6.34$ Ha (AID presa) $E_{CON} = 70 \cdot \frac{5.71}{6.34} = 63.04\%$ (mayor al máximo) $CA_{CON} = 0$
	
<b>Fuentes:</b> ENDE-VH, Diagnóstico del estado inicial del ambiente existente (Pag.89), Estimación según SIG.	

<b>Medio afectado:</b> FAUNA	<b>Código:</b> FA-OP-01-15
<b>Factor ambiental:</b> Fragmentación de hábitats	<b>INACEPTABLE</b>
<b>Actividad del Proyecto:</b> Apertura y adecuación de accesos	
<b>Descripción del Impacto:</b> La fragmentación ocurre cuando un hábitat grande y continuo se reduce y se subdivide en dos o más fragmentos a causa de la obra lineal que lo atraviesa, la fragmentación del hábitat tiene dos efectos principales que amenazan la persistencia de las especies denominados efecto barrera y efecto de borde.	
<b>Valoración Cuantitativa del Impacto:</b> Porcentaje de rutas migratorias o puntos de paso afectados	
$RM_{afect} = 100 \cdot \frac{RM_{afect}}{RM_{ex}}$	
<b>RM<sub>afec</sub></b> = Número de rutas migratorias o puntos de paso afectados por la actuación. <b>RM<sub>ex</sub></b> = Número de rutas migratorias o puntos de paso existentes.	
<b>Evaluación</b> El Parque Nacional Carrasco, es parte funcional del bio-corredor Ambró – Madidi con altos valores de diversidad y endemismo.	
<b>Valoración SIN proyecto</b> Se considera que los corredores en la región donde se construirán los caminos están en muy buen estado. $CA_{SIN} = 1$	<b>Valoración CON proyecto</b> 12 viales proyectados con una longitud total de 52.02 Km. $RM_{afec} = 2$ (UCO 6 – Tremarctos ornatus y Polígono 2 – Phantera onca). $RM_{afect} = 100 \cdot \frac{2}{2} = 100\%$ $CA_{SIN} = 0$
	
	
<b>Fuentes:</b> ENDE-VH, Diagnóstico del estado inicial del ambiente existente (Pag.27), Descripción del proyecto (Pág. 87); reporte GIS-WEB-WCS.	

<b>Medio afectado:</b> SUELO	<b>Código:</b> SU-EJ-19-12
<b>Factor ambiental:</b> Erosión	<b>INACEPTABLE</b>
<b>Actividad del Proyecto:</b> Construcción de la presa	
<b>Descripción del Impacto:</b> La operación de equipos en laderas de alta pendiente torna los suelos susceptibles a la erosión.	
<b>Valoración Cuantitativa del Impacto:</b> Pendiente ponderada por la superficie afectada.	
$E = i \cdot (S_a/S_t)$	
<b>E=Pendiente ponderada</b> $i$ =Pendiente del terreno en % $S_a$ = Superficie alterada por la actuación $S_t$ = Superficie total del entorno considerado	Se analizó en la ubicación de la represa debido a que es un punto crítico de movimiento de tierras y el suelo presenta altas pendientes y tiene características deleznable, suelo SSAND.
<b>Valoración SIN proyecto</b> (Calidad ambiental Alta) $E_{SIN} = 0$ $CA_{SIN} = 1$	<b>Valoración CON proyecto</b> $i = 70\%$ (Fuertemente ondulado y montañoso) $S_a = 5.71$ Ha (Área intervenida) $S_t = 6.34$ Ha (AID presa) $E_{CON} = 70 \cdot \frac{5.71}{6.34} = 63.04\%$ (mayor al máximo) $CA_{CON} = 0$
	
<b>Fuentes:</b> ENDE-VH, Diagnóstico del estado inicial del ambiente existente (Pag.89), Estimación según SIG.	



Para la valoración cuantitativa se emplea el método de Battelle – Columbus (1972), adaptado a la normativa boliviana y con base a los índices establecidos para las funciones de transformación, se procede al cálculo de la calidad Ambiental Neta – C.A. NETA, valores que permiten jerarquizar los impactos ambientales a través de la categorización de los valores obtenidos de acuerdo a la siguiente escala: Impacto compatible: No requiere de acciones para ser mitigado, Impacto Moderado: Requiere de acciones de prevención, Impacto Notable: Además de las medidas de prevención, requiere de otros niveles de mitigación como La minimización y la Restauración, Impacto crítico: Es muy posible que requiera de todos los niveles de mitigación (Evitación, Minimización, Restauración y Compensación) e Impacto Inaceptable: Representa un nivel que no se puede mitigar por completo, aún aplicando todos los niveles posibles de mitigación y por lo tanto implica pérdida inminente del recurso. Jerarquización que se realiza con base a las actividades identificadas como generadoras de impactos negativos y cuyos resultados se resumen en la tabla No.2.

Se remarca que, el análisis prioriza los impactos ambientales negativos y no así los impactos jerarquizados como compatibles o a los denominados como moderados que requieren de acciones de prevención y que forman parte del EEIA del proyecto estudio de caso, por medio de implementación de planes de rescate de flora y otros que se vienen reportando en los Informes de Monitoreo Ambiental - IMA, previstos por ley, para la etapa de ejecución del proyecto.

**Tabla 2**

*Jerarquización de Impactos ambientales susceptibles a degradar*

JERARQUIZACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES					
FACTORES AMBIENTALES E IMPACTOS ASOCIADOS		C.A. NETA	ÍNDICE	ESCALA DE JERARQUIZACIÓN	ACTIVIDAD
FLORA	Eliminación de especies arbóreas	-36.5	Porcentaje de superficie cubierta ponderado	Inaceptable	Deforestación del vaso
	Pérdida de cobertura vegetal	-32.41	Porcentaje de superficie cubierta ponderado	Inaceptable	Deforestación del vaso
	Perturbación de especies particulares (Flora)	-36.35	Variación del número relativo de especies protegidas ponderadas por su importancia	Inaceptable	Deforestación del vaso
	Fragmentación de comunidades vegetales	-38	Número relativo de especies de plantas afectadas	Inaceptable	Llenado del vaso
FAUNA	Herpetofauna	-29.8	Variación del número relativo de especies protegidas	Inaceptable	Deforestación del vaso
	Mastofauna	-24.65	Variación del número relativo de especies protegidas	Inaceptable	Deforestación del vaso
	Perturbación de especies particulares (Fauna)	-19.84	Variación del número relativo de especies protegidas	Inaceptable	Deforestación del vaso
	Avifauna	-24.66	Variación del número relativo de especies protegidas	Inaceptable	Llenado del vaso
	Mortandad de Fauna	-12.8	Número relativo de especies de animales afectadas	Crítico	Llenado del vaso

	Fragmentación de hábitats	-20	Porcentaje de rutas migratorias o puntos de paso afectados	Inaceptable	Apertura y adecuación de caminos
PAISAJE	Intrusión visual	-26.5	Calidad del paisaje	Crítico	Construcción de la presa
	Pérdida de elementos característicos del paisaje	-37.33	Calidad paisajística media ponderada por superficie	Inaceptable	Deforestación del vaso
AGUA	Variación del caudal	-33.22	Cantidad del recurso respecto del total	Inaceptable	Llenado del vaso
ECOLOGÍA	Afectación a ecosistemas	-32.28	Porcentaje de superficie afectada	Crítico	Llenado del vaso
SUELO	Erosión de los suelos	-23	Pendiente ponderada por superficie afectada	Inaceptable	Construcción de la presa

Fuente: Elaboración propia, agosto 2022.

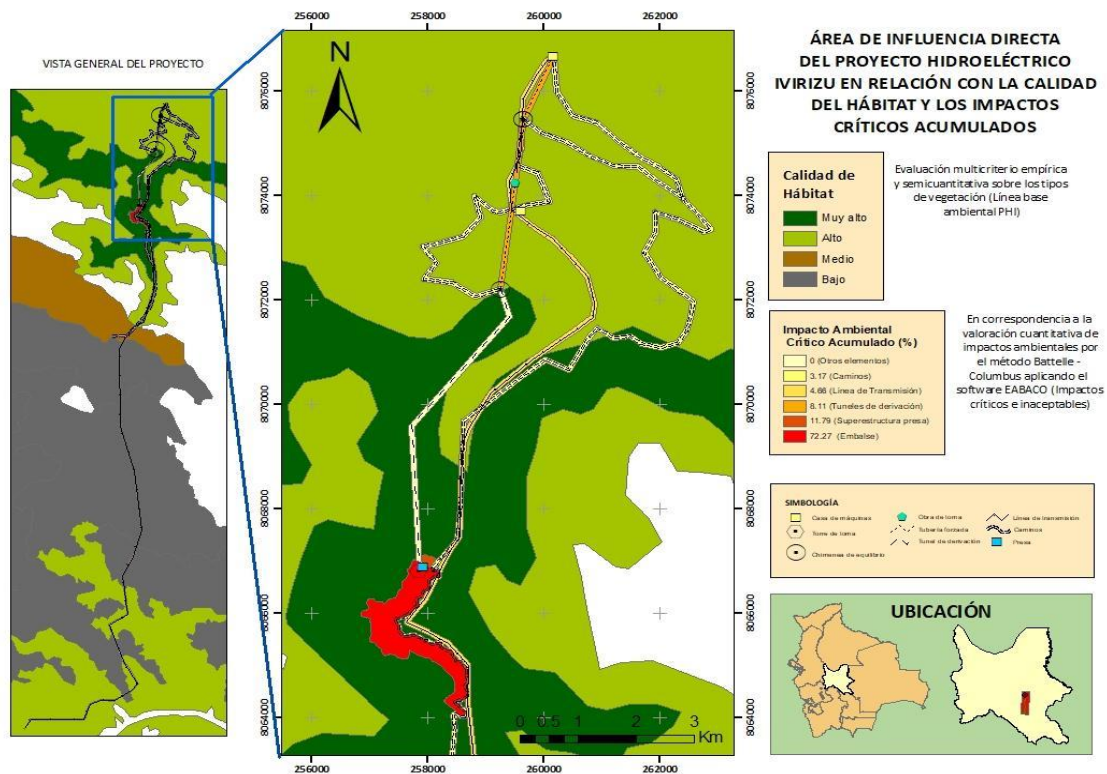
Resultados que jerarquizan los impactos evaluados y concluyen que los impactos críticos se dan sobre la Biodiversidad del ecosistema intervenido, por lo que el seguimiento y control se realiza con base a índices que determinen el porcentaje de superficie cubierta ponderado, variación del número relativo de especies protegidas, número relativo de especies de plantas y animales afectados, siendo imperante aplicar todos los niveles de mitigación. Asimismo, se determina que la mayoría de los factores bióticos y que afectan a la biodiversidad y al ecosistema de la zona intervenida, no se podrán mitigar por completo. En relación a los factores de agua y suelo los impactos ambientales se traducirán en variaciones de caudal en las cuencas hidrográficas y en la eutrofización del suelo, aspectos que la valoración cuantitativa los categoriza como críticos, aspectos que se relacionan con los efectos del cambio climático, por lo que, deben tener prioridad en cuanto a su seguimiento y monitoreo ambiental, durante las distintas etapas del proyecto.

En referencia a la implementación del software EABACO, este reporta que el nivel de impacto global del proyecto es de: *juicio significativo de viabilidad intermedia*, que de acuerdo a ponderación de la metodología este se encuentra próximo a una inviabilidad, [www.eabaco.org/](http://www.eabaco.org/) en términos ambientales y producto de la cantidad de impactos inaceptables y críticos obtenidos sobre los factores ambientales bióticos, hecho que refleja claramente la afectación sobre un área protegida con categoría de parque nacional - PNC, siendo esta condición una señal de alerta general que insta a promover la investigación en el Área de Influencia Directa **AID** del proyecto y así cuantificar de forma más exacta la afectación a los ecosistemas considerando las medidas de mitigación propuestas por el Proyecto y evaluar si son suficientes, para su inclusión en los Informes de Monitoreo Ambiental - IMAs, previstos por ley.

Los resultados obtenidos en EABACO, permiten elaborar un mapa de calidad del hábitat el cual se superpone la superficie del AID del proyecto con base a la valoración del impacto acumulado obtenido en porcentajes (solo para los impactos críticos e inaceptables) y por componente del proyecto, en contrastación con la valoración cuantitativa global del proyecto obtenida por el software EABACO y que genera una ponderación de -596.77 (Proyecto significativo de viabilidad ambiental intermedia) valor que representa el 100% de los impactos de este análisis, constatando que los mayores impactos ambientales se presentan en ecosistemas con mayor calidad y que están comprendidos en un rango altitudinal entre los 1000 a 1500 msnm, espacio que corresponde a la zona de embalse del proyecto. (Figura No.4).

**Figura 4**

*Calidad ambiental del área de influencia directa del proyecto*



Si bien la EIA es un instrumento del Desarrollo Sostenible que se aplica a proyectos hidroeléctricos de embalse, se constata que su implementación no consigue el desarrollo sostenible deseado, pero, a través de una jerarquización inicial de los impactos ocasionados por estos proyectos, se puede incidir en acciones concretas que mitiguen de forma adecuada los impactos asociados. Con esta premisa, el jerarquizar las condiciones iniciales del estado de conservación de los ecosistemas a intervenir, es determinante a la hora de garantizar la sustentabilidad ambiental de los proyectos hidroeléctricos de embalse, toda vez que, al identificar los impactos socio ambientales se cuantifica de manera particular los factores ambientales del medio que se verán especialmente afectados, Por lo general, los proyectos ubicados en zonas de montaña no generan desplazamiento de poblaciones humanas, tal como se destaca para este estudio, pero la presencia del embalse es un hecho que le da el carácter de criticidad, pese a las características geomorfológicas que presenta el ecosistema de montaña. Asimismo, debido a los diferentes gradientes altitudinales en los que se emplazan estos proyectos, se intervienen diferentes zonas biogeográficas, compuestas por una diversidad de flora y fauna que caracteriza estos espacios, debiendo incluir estudios específicos sobre corredores biológicos de especies y áreas de preservación ambiental que garanticen la calidad del hábitat intervenido, siendo esta una condición constante para la mayoría de los EIAs de proyectos hidroeléctricos, independientemente del ecosistema intervenido.

Otro aspecto a resaltar, es el hecho de que, si bien este no es un proyecto multipropósito, ha sido concebido a través del desarrollo endógeno, ya que en marco de la sustentabilidad energética se contribuye a una seguridad energética y acceso a la energía eléctrica equitativo en comunidades alto andinas.

## CONCLUSIONES

Como resultado del estudio se establece que es posible desarrollar una jerarquización de los impactos ambientales generados por proyectos hidroeléctricos establecidos en zonas de montaña, aplicando diferentes métodos de EIA, los que parten de procedimientos estipulados por la legislación ambiental y que permiten una evaluación integral de estos en el marco de la sustentabilidad ambiental y energética.

La aplicación de los distintos métodos de EIA se ven limitados cuando se trata evaluar los impactos ambientales en correspondencia con las particularidades del medio ambiente a intervenir, aplicando de manera no adecuada las metodologías de EIA, debido a que estos métodos se concentran en demostrar una viabilidad ambiental global del proyecto, siendo necesario particularizar estos efectos, por medio del desarrollo de funciones de transformación que se convierte en un elemento central de la jerarquización, ya que con base a información priorizada se procede a valorar cuantitativamente los impactos ambientales identificados como negativos y que efectivamente contribuyen a determinar la viabilidad ambiental integral del proyecto, en contraposición a una implementación deficiente de los métodos y prácticas aplicadas a la EIAs.

Otro aspecto, está relacionado con el desarrollo de estudios de líneas de base aislados por factor ambiental y no así a través de políticas de estado u otras directrices que para el estudio de caso se relacionan con la conservación de la biodiversidad y van ms allá del cumplimiento normativas que se contraponen a estos postulados, situación que genera mayor incertidumbre y permiten concluir que la biodiversidad no está correctamente representada en los EEIAs y por lo tanto, repercuten negativamente en las medidas de mitigación, restauración ecológica o adecuación ambiental propuestas, siendo prioritario generar herramientas de control y/o seguimiento para los programas de rescate de flora, fauna y otros, como parte de los IMAs.

El empleo de Sistemas de Información Geográfica SIG aplicadas en la etapa de diseño de los proyectos hidroeléctricos de embalse, es esencial para determinar la línea base de la biodiversidad de los ecosistemas intervenidos. En el presente estudio de caso se implementó a través de la plataforma de jerarquía de mitigación GIS-WEB-WCS y que se aplicó para las zonas AID (área de embalse, línea de transmisión, vías y accesos), por lo que se valoró de forma más exacta la afectación a los ecosistemas y a las especies señaladas como endémicas y/o amenazadas, mediante la búsqueda de la "cero pérdidas netas". Esto representa una correcta aplicación conceptual de la jerarquía de mitigación ambiental en el marco de la sustentabilidad ambiental, motivo por el cual, una jerarquización de los impactos ambientales de manera inicial y particular al área de emplazamiento del proyecto, contribuye de manera real y efectiva a una sustentabilidad ambiental del ecosistema intervenido, toda vez que desde la etapa de diseño de los proyectos hidroeléctricos surge la necesidad de jerarquizar los impactos socio ambientales como una medida que contribuya al acceso de una energía asequible, segura y sostenible acorde al Desarrollo Energético Sostenible del País.

**REFERENCIAS**

- Amilcar N., 2004. Metodologías matriciales de evaluación ambiental para países en desarrollo, Guatemala. 56-60.
- Arboleda J., 2005. Manual de Evaluación de Impacto Ambiental de Proyectos, Obras o Actividades, Medellín. 58-94.
- Arce R., 2014. La evaluación ambiental en la ingeniería civil, Mundi-Prensa, Madrid, 159-224.
- Badii, M. H., & Garza-Almanza, V., 2015. Ambiente. Cultura Científica Y Tecnológica, (7). Recuperado a partir de <https://erevistas.uacj.mx/ojs/index.php/culcyt/article/view/584>
- Bittermann W. & Haberl H. (1998) Landscape-relevant indicators for pressures on the Environment, Innovation: The European Journal of Social Science Research, 11:1, 87-106, DOI: 10.1080/13511610.1998.9968553
- Castro M., Meyén G. y Ospina J., 2019. Impactos Ambientales, Sociales y Culturales de Hidroeléctricas, KONRAD ADENAUER STIFTUNG e.V., Plural Editores, La Paz, 15.
- Conesa V., 2009. Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental, 4 Ed, Mundi – Prensa, Madrid, 420-787.
- Espinoza G., 2001. Fundamentos de evaluación de impacto ambiental, Centro de estudios para el desarrollo CED, Santiago, 93-113.
- Estado Plurinacional de Bolivia, 1992. Ley de Medio Ambiente 1333, La Paz.
- Estado Plurinacional de Bolivia, 2018. Decreto supremo N° 3549, La Paz.
- Estado Plurinacional de Bolivia, 2018. Decreto supremo N° 3856, La Paz.
- Franco B., 2000. Debilidades en las evaluaciones de impacto ambiental, UMSA, La Paz, 30-95.
- Garmendia A., Salvador A., Crespo C. y Garmendia L., 2005. Evaluación de impacto ambiental, PEARSON EDUCACIÓN S.A., Madrid, 226 – 279.
- Gómez D., 2002. Evaluación de impacto ambiental, 2ed, Mundi - Prensa, Madrid, 521-652.
- Larrea-Alcázar, Daniel., 2015. Hidroeléctricas y Presas - Atlas Socioambiental de las Tierras Bajas y Yungas de Bolivia, 2015.
- Liberman M., Salm H. y Paiva B., 2000. Manual Ambiental para la Construcción de Carreteras, SERVICIO NACIONAL DE CAMINOS, La Paz, 56-270.
- Linares J., 2000. Propuesta de Procedimientos y Contenido para Estudios de Evaluación de Impacto Ambiental de Carreteras en Bolivia, UMSA, La Paz, 20-62.
- López C., 1996. Metodologías Aplicadas para la Evaluación de Impacto Ambiental en Proyectos de Agua Potable en el altiplano, UMSA, La Paz, 55-64.
- López L., 2012. Estudio y Evaluación de Impacto Ambiental en Ingeniería Civil, Editorial Club Universitario, Alicante, 61-92.
- Salas E., Mendoza S., Sainz H., Teijeiro J. y Galarza Y., 2008. Manual ambiental para carreteras, ABC – PCA Ingenieros Consultores S.A., La Paz, 14-43,
- Sánchez L., 2008. Evaluación del Impacto Ambiental Conceptos y Métodos, ECOE EDICIONES, Sao Paulo, 155-195.
- Santos O., 2014. Metodologías Para la Clasificación de Cuerpos de Agua: Aplicación en el departamento de La Paz, UMSA, 46-90.

Toledo P., 2009. Propuesta de Actualización y Sistematización del Programa Computarizado de Evaluación de Impactos Ambientales (PCIA) Para los sectores de Hidrocarburos y Minería, UMSA, 68-125.

Villamizar, S., Soto-Verjel, J., Cordoba, A. M., & Bustos, C. A. P., 2022. Scoping acoplado a la metodología de Conesa para la evaluación ambiental de un sistema avanzado de descontaminación de lixiviado de relleno sanitario. *INGENIERÍA Y COMPETITIVIDAD*, 24(02), 25-25.