

## Indicadores para la gestión de impactos ambientales en la etapa de explotación de las presas

Dra.C. Sara Fernández Cruz e-mail: [sarafc@uho.edu.cu](mailto:sarafc@uho.edu.cu); [capumafc@nauta.cu](mailto:capumafc@nauta.cu)  
Universidad de Holguín, Cuba

MSc. Sucel González Rivero e-mail: [jtema@holguin.geocuba.cu](mailto:jtema@holguin.geocuba.cu)  
Especialista Principal. Geocuba Holguín.

### RESUMEN

Se proponen nueve indicadores, cuya selección se llevó a cabo en tres etapas: una primera dirigida a identificar impactos y variables ambientales afectadas, en la segunda se evaluó la representatividad de las variables a través de valoraciones estadísticas; y en la tercera se confirman los indicadores seleccionados a partir de la aplicación del Proceso de Análisis Jerárquico (AHP), diseñado para resolver situaciones complejas con criterios múltiples; donde el radio de consistencia CR resultó válido, menor del 10%. Los indicadores resultantes fueron: composición química del agua, características físicas del agua, servicios ambientales y funciones ecológicas del agua, formación de depósitos aluviales, modificaciones en sección natural del río, presencia-ausencia de especies de peces, presencia y tipo de vegetación en el valle, presencia-ausencia de especies de moluscos y usos del terreno del valle.

**Palabras clave:** evaluación de impactos ambientales, indicadores ambientales, vigilancia ambiental.

## Indicators for the administration of environmental impacts in the stage of exploitation of the dams

### ABSTRACT

In this article they intend nine indicators whose selection was carried out in three stages, an exploratory stage directed to identify the impacts and affected environmental variables, a second stage where it was evaluated the representativeness of the variables about the statistical valuations; and the third stage confirmation the indicators selected starting from the application of the Process of Hierarchical Analysis (AHP), designed to solve complex situations where multiple approaches intervene; in all the cases the radius of consistency CR was valid, smaller than 10%. The resulting indicators are: chemical composition of the water, physical characteristics of the water, environmental services and ecological functions of the water, formation of alluvial deposits, modifications in natural section of the river, existence of species fish, existence and type of vegetation in the valley, existence of species of mollusks and uses of the land of the valley.

**Keywords:** evaluation of environmental impacts. environmental indicators, environmental monitoring

## INTRODUCCIÓN

El desarrollo económico y social de cualquier territorio, impone como necesidad objetiva para su desarrollo el uso sostenible de sus recursos naturales. En este proceso de evolución y crecimiento acelerado que se ha experimentado a nivel mundial, el medio ambiente se ha ido alterando en correspondencia con los niveles de desarrollo alcanzado en el transcurso del tiempo. De manera tal que se ha convertido en una preocupación mundial desde que la humanidad se ha percatado y ganado en conciencia de las graves consecuencias de sus propias acciones.

La gestión ambiental, actualmente constituye una temática abordada por numerosos autores con diferente formación profesional y objetivos investigativos, que han hecho su contribución a la definición conceptual de la misma, según refiere Fernández (2014) estos autores reseñan puntos comunes al tratar el tema, haciendo énfasis en “prevenir o minimizar los efectos no deseados de las actividades del hombre sobre el medio ambiente”.

En este sentido destaca la ley 81 del medio ambiente, en la cual se define a la gestión ambiental como “*un conjunto de actividades, mecanismos, acciones e instrumentos, dirigidos a garantizar la administración y uso racional de los recursos naturales mediante la conservación, mejoramiento, rehabilitación y monitoreo del medio ambiente y el control de la actividad del hombre en esta esfera*” (GORC 1997).

Cabe señalar, que los Estudios de Impactos Ambientales (EIA) constituyen un importante instrumento para la prevención de efectos ambientales adversos, pues se aplica a proyectos de obras, previo a su aprobación y ejecución. En tanto en la etapa de explotación de las obras se realiza un seguimiento y control a los impactos resultantes de los EIA, mediante un sistema de vigilancia que comprende la medición sistemática de indicadores ambientales seleccionados.

Sin lugar a dudas, estos indicadores ambientales juegan un papel importante, pues a través de ellos se puede determinar la precisión alcanzada por los estudios ambientales precedentes, también se puede verificar si las predicciones de impactos realizadas fueron acertadas y además, si las medidas propuestas son pertinentes o no. De hecho, el hacer la selección correcta de los indicadores constituye la garantía de los EIA y la mitigación de los impactos ambientales.

Según el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medioambiente de Cuba (CITMA) en la Resolución N°.111, del año 2002, referida al Sistema Nacional de Monitoreo Ambiental (SNMA), define al monitoreo ambiental como: “*la recolección sistemática de datos mediante mediciones u observaciones en series de espacio y tiempo de variables previamente identificadas o indicadores*”. Y señala además, que los resultados de éstas mediciones proporcionan un cuadro sinóptico representativo del medio ambiente nacional o territorial, facilitando no solo evaluar el estado actual del medio ambiente, sino predecir sus tendencias futuras.

Es importante resaltar que, a pesar de la importancia y el significado de la temática, aún persisten insuficiencias en la gestión de los impactos ambientales, motivadas fundamentalmente por las limitaciones existentes a la hora de llevar a cabo la vigilancia ambiental, específicamente en lo concerniente a la selección de los indicadores ambientales a observar en las áreas situadas aguas abajo de las presas en explotación.

Esta situación es referenciada por Fernández (2014), donde evidencia que la vigilancia ambiental que se realiza actualmente aguas abajo del dique de las presas en explotación del territorio holguinero, se limita solamente al muestreo de la calidad del agua de forma esporádica, sin considerar otras variables ambientales que son de gran importancia y que también son impactadas, como son la biodiversidad, la vegetación, la morfología del cauce u otras. Lo cual conlleva a una insuficiente gestión de los impactos ambientales y consecuentemente esta situación podría desencadenar un conjunto de problemas directos o indirectos de índole ambiental, social o económico.

Sobre la base de los argumentos anteriormente planteados y dada la necesidad de contar con indicadores para la vigilancia ambiental aguas abajo en las presas en explotación, que cuente con un reconocimiento mayoritario y que marque las pautas para la instrumentación práctica de dicha vigilancia, se procedió a llevar a cabo una investigación, cuyos resultados se muestran a continuación.

### SECUENCIA DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación contó con tres etapas para su ejecución, como se muestra en la figura 1.

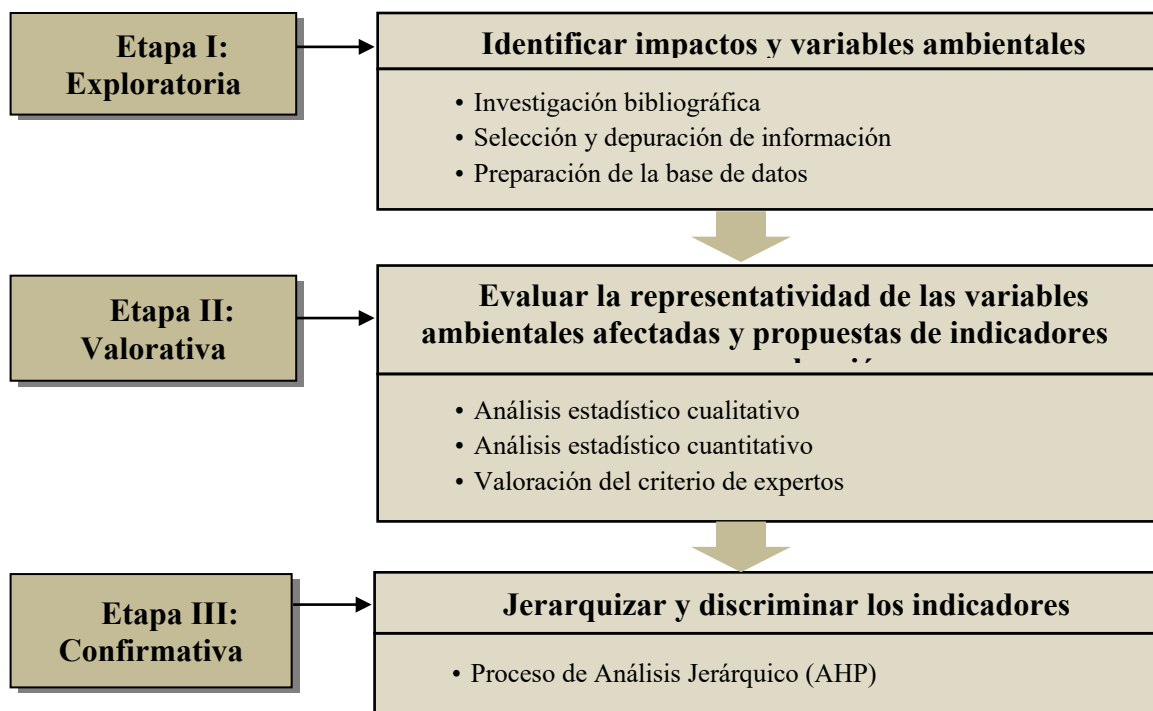


Figura 1. Esquema de la secuencia de la investigación

#### Etapa I: exploratoria

En la primera etapa considerada la etapa exploratoria, se realizó una investigación bibliográfica en la que se consultaron diversas fuentes y bases de datos procedentes del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH) y del Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente de Cuba (CITMA), así como diferentes casos de otros contextos geográficos como son España, México, Brasil, Argentina y Colombia. Esta información sirvió para identificar los impactos ambientales asociados a las presas en la etapa de explotación que mayor

transformación ocasionan al medio en zonas aguas abajo del dique, facilitó además seleccionar los más representativos y posteriormente poder conformar una base de datos, que abarcó como campos principales las alteraciones: en el régimen hidrológico, la geomorfología, la biota y aspectos socioeconómicos.

Es de destacar, que en la literatura consultada sobre la temática referente a “indicadores para la vigilancia ambiental en áreas aguas abajo de las presas en la etapa de explotación”, se pudo apreciar que son insuficientes las especificidades universalmente aceptadas que tratan sobre los indicadores a observar en esta etapa. Solo se referencian criterios consensuados para explicar el fenómeno o situación existente y cuya acepción, está en correspondencia con la complejidad, tipología y condiciones del contexto físico-geográfico y social imperante en dichas áreas sometidas a presiones ambientales.

Evidentemente, la construcción de presas aporta diversos y grandes beneficios económicos y sociales a la humanidad, los cuales se vinculan a la producción de energía hidroeléctrica, a la prevención de inundaciones, al riego de cultivos en la agricultura, entre otros beneficios, sin embargo las presas son reconocidas como una de las obras hidráulicas que más impactos producen al medio, lo cual hace que este tipo de obras sean obligatoriamente sometidas al proceso de evaluación de impacto ambiental, según referencia el Centro de Inspección y Control Ambiental acotado en la Resolución 33 del 2015 (CITMA 2015).

Es notable que muchos de estos impactos se manifiestan a largo plazo provocando grandes desequilibrios en los ecosistemas aguas abajo del cierre, de ahí la importancia de evaluar los efectos en forma oportuna no sólo para no causar impactos no deseados (negativos) sino también para al menos mitigar o atenuar aquellos que sean inevitables (De la Maza 2007).

Lo cierto es que, la construcción de una presa en el cauce de una corriente fluvial constituye una barrera física para el agua, los arrastres y sedimentos, así como la biocenosis fluvial (Hernández, 2002). Es decir, que modifica el régimen natural de escorrentía del río, lo que trae consigo un cambio sustancial en el ecosistema aguas abajo del dique y consecuentemente efectos negativos al medio ambiente.

En este sentido, como resultado de la investigación bibliográfica llevada a cabo en la etapa exploratoria, se identificaron como más representativos 32 impactos ambientales producidos aguas abajo de las presas, los cuales a *priori* se relacionan con las variables ambientales afectadas: agua, suelo, biodiversidad y la actividad socioeconómica (antrópica).

Entre los impactos ambientales de mayor relevancia referidos a la variable biodiversidad, están los relacionados con las alteraciones del hábitat natural de especies de flora y fauna asociada, como son: fragmentación del hábitat, poca conectividad ecológica en la zona y la pérdida de biodiversidad acuática.

En cuanto a la variable ambiental suelo, los impactos se asocian al proceso de retención de sedimentos y acarreo de materiales terrígenos que impone el dique, lo cual produce aguas abajo un desequilibrio en la morfología del lecho, en la composición granulométrica de los sedimentos, así como en la erosión del cauce y formación de depósitos aluviales.

Las alteraciones que se producen en el régimen natural del río por la construcción de una presa, así como las formas en que se realizan las descargas de caudales del embalse, las características del agua y los niveles de eutrofización y estratificación de los mismos, son condicionantes de impactos que recibe el agua en el tramo aguas abajo del dique, los cuales se manifiestan en cambios en la cantidad y calidad de la misma.

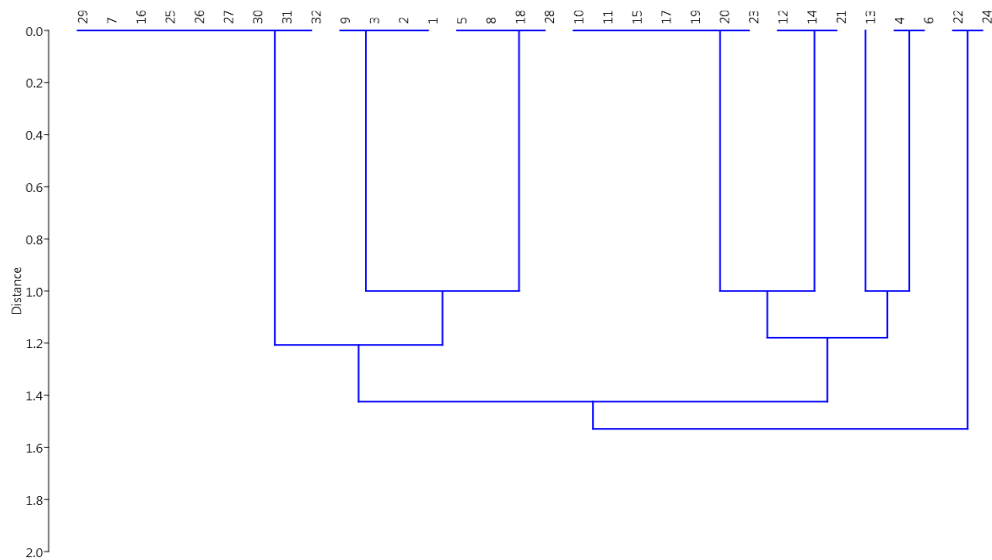
Los efectos de un embalse en los tramos aguas abajo dependerán por un lado de las características de fragilidad, estabilidad y nivel de complejidad del ecosistema fluvial afectado, y por otro de la intensidad del impacto a que esté afectado, que a su vez será función del tipo de presa, de las características del embalse y del tipo de aprovechamiento a que se ve sometido. (García de Jalón 2008).

## **Etapa II: valorativa**

La etapa valorativa centró como objetivo principal evaluar la representatividad de las variables ambientales afectadas y la propuesta de indicadores para la vigilancia de dichas variables. Para dar respuesta a este objetivo, fue necesario primeramente hacer un análisis estadístico cualitativo a partir del análisis de clúster o conglomerados dirigido a identificar la relación o aspectos comunes (similitud) existentes entre los impactos identificados aguas abajo de las presas en la etapa de explotación y las variables ambientales afectadas.

Para ello se procedió a construir una matriz binaria considerando la presencia-ausencia de las variables ambientales afectadas en los impactos identificados, luego se realizó un análisis de conglomerados o clúster, a través de la aplicación del programa PAST versión 3.25 (Hammer, 2019), del cual se obtuvieron las matrices de similitud directa y la clasificación numérica (dendograma de convergencia), y como opción del propio programa, se tomó como método de agregación el método de Ward (método jerárquico o aglomerativo) usando el promedio simple entre los grupos y como medida de la proximidad entre las variables una escala combinada de distancias (ligamiento completo).

El resultado de este análisis mostró la existencia de convergencias entre los impactos identificados con respecto a las variables ambientales afectadas, al formarse cuatro grupos (distance 1.2) en correspondencia al grado de similitud, según se muestra en el dendograma de convergencia en la figura 2.



**Figura 2.** Dendrograma de convergencia

La diferencia numérica observada entre los grupos de impactos, señala que algunas de las cuatro variables ambientales afectadas están más representadas en un grupo de impactos que en otro. Según se muestra en la tabla 1:

**Tabla 1. Composición de los grupos según el planteamiento abordado.**

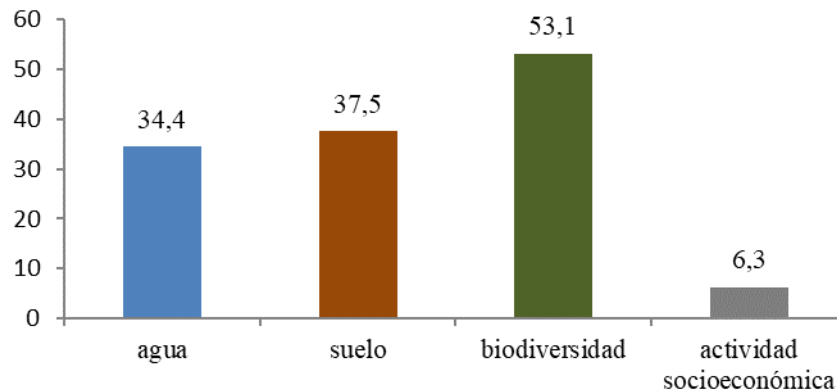
Grupos	N° del impacto identificado	VARIABLES ambientales
<b>G- 1</b>	29, 7, 16, 25, 26, 27, 30, 31 y 32	3
<b>G- 2</b>	9, 3, 2, 1, 5, 8, 18 y 28	1, 2, 3
<b>G- 3</b>	10, 11, 15, 17, 19, 20, 23, 12, 14, 21, 13, 4 y 6.	1, 2, 3
<b>G- 4</b>	22 y 24	4

Como se observa en la tabla anterior, la variable ambiental 3 correspondiente a la biodiversidad está representada en tres grupos impactos, en tanto la variable 1 correspondiente al agua y la 2 correspondiente al suelo están presentes en dos grupos, mientras que la 4 que representa a las actividades socioeconómicas sólo se visualiza en un solo grupo. Los grupos 2 y 3 son los que aglutinan el mayor número de variables ambientales, con 3 cada uno.

Luego se procedió a evaluar el peso (nivel de representatividad y énfasis) de las variables ambientales afectadas dentro de los grupos impactos a partir de un análisis cuantitativo consistente en un procesamiento estadístico simple, según se muestra en la tabla 2 y la figura 3.

**Tabla 2. Representación de las variables en los grupos**

VARIABLES AMBIENTALES	V-1	V-2	V-3	V-4
Veces que la variable ambiental se representa	11	12	17	2
Cantidad de impactos	32	32	32	32
<b>Porcentaje de representatividad</b>	<b>34,4</b>	<b>37,5</b>	<b>53,1</b>	<b>6,3</b>

**Figura 3. Representatividad de las variables ambientales**

En este caso se observa que la variable ambiental con mayor representatividad en los impactos es la variable 3 correspondiente a la biodiversidad con un valor de 53,1 %; seguida en orden descendente por las variables 2 y 1 correspondientes a suelo y agua con un 37,5% y 34,4% de representatividad respectivamente y por último la menos representada es la variable 4 correspondiente a la actividad socioeconómica (antrópica) con 6,3 %.

En sentido general, los resultados aportados por ambos análisis indican que:

Los impactos ambientales que afectan al medio aguas abajo de las presas se concentran fundamentalmente en cuatro grupos, que en orden de importancia están relacionados con:

- Alteraciones a la biota
- Alteraciones en el régimen hidrológico
- Alteraciones en la geomorfología
- Alteraciones socioeconómicas

La biodiversidad es la variable ambiental más representada en los impactos

El suelo y el agua son variables ambientales de gran importancia y representatividad en los impactos ambientales, en tanto las variables ambientales relacionadas con la actividad antrópica es la menos influyente en los impactos.

Como puede apreciarse en los resultados anteriores, existe compatibilidad a la hora de considerar las variables ambientales a vigilar. Este es un aspecto de gran importancia, en el que claramente se manifiestan las particularidades de los impactos ambientales producidos aguas

abajo de las presas en explotación y las variables ambientales asociadas a los mismos. Por tanto, permiten definir los indicadores ambientales a aplicar en estos casos para dar el seguimiento a los impactos y gestionarlos.

Los indicadores ambientales son reconocidos como instrumentos indispensables a la hora de conocer con mayor profundidad el comportamiento y la dinámica de un fenómeno, a la vez que facilitan la gestión de las soluciones a los problemas que puedan existir. En los últimos años el estudio de los indicadores ambientales ha adquirido relevancia; en gran medida se debe al importante papel que juegan en la toma de decisiones y la mitigación de impactos ambientales. Según refieren Miranda et al. (2019, p.73) los indicadores ambientales como medida cuantitativa o cualitativa que expresa el cumplimiento de requisitos legales, objetivos ambientales y compromisos internacionales orientan la toma de decisiones.

En este sentido los indicadores juegan un papel fundamental para dar seguimiento a estos impactos y en ello radica la necesidad de elaborar un sistema común de indicadores medioambientales, que caractericen y evalúen la respuesta ambiental del entorno observado. Es de significar que los indicadores son instrumentos que continuamente se calibran y optimizan en correspondencia a la situación y contexto a observar

Dada la complejidad que implica un escenario a vigilar ambientalmente como es el de las áreas aguas abajo de una presa en explotación, se hace muy difícil identificar cada uno de los indicadores representativos a considerar en la vigilancia ambiental, así como los atributos que los caracterizan. Por lo que ha sido necesario identificar y valorar aquellos que por su influencia resultan ser esenciales para llevar a cabo dicha vigilancia ambiental y además cumplir con funciones elementales tales como:

- Evaluar el estado ambiental inicial en áreas de influencia aguas abajo de las presas en explotación y la evolución en el tiempo de este estado.
- Predecir el comportamiento o tendencias futuras de las variables ambientales afectadas en dichas áreas.
- Servir de patrón de comparación de los resultados a corto, mediano y largo plazos.
- Precisar la influencia o impactos de las actividades antrópicas en áreas aguas abajo de las presas en explotación.
- Facilitar la adopción de medidas y planes de acciones dirigidos a minimizar los efectos negativos y potenciar aquellos que resulten positivos.
- Rectificar o rediseñar planes de acción que resulten ineficientes.

Por último en esta etapa para la identificación de los indicadores, se contó con la valoración del criterio de 15 expertos previamente seleccionados. Para ello, se le aplicó una encuesta inicial con el objetivo de determinar su coeficiente de competencia (K) en esta temática, a los efectos de reforzar la validez del resultado de la consulta. El cálculo se determinó como:

$K = \frac{1}{2} (K_c + K_a)$ , donde:

$K_c$ : coeficiente del conocimiento sobre el tema. Este coeficiente se auto valora acorde al valor de una escala de 0 a 10.



*Ka*: Coeficiente de argumentación. Este coeficiente se autoevalúa en alto, medio o bajo con el grado de influencia de las siguientes fuentes: análisis teóricos realizados por el posible experto, su experiencia obtenida, trabajo de autores nacionales, trabajo de autores extranjero, su propio conocimiento sobre el problema en el extranjero y su intención.

Los expertos seleccionados resultaron tener un coeficiente de competencia alto comprendido entre ( $0.8 \leq K \leq 1.0$ ), todos proceden de diferentes instituciones y son especialistas relacionados con la temática en cuestión, cuentan con un promedio de 31 años de experiencia y alta calificación: 8 Doctores en Ciencias, 5 Másteres en Ciencia y 2 Ingenieros.

Luego en un segundo momento, los expertos seleccionados identificaron y propusieron inicialmente 13 indicadores a observar asociados a cada variable ambiental, teniendo en consideración para su propuesta la:

- **Aplicabilidad**, en el sentido que se manifiestan los efectos ambientales en las condiciones fisico-naturales para que se puedan aplicar.
- **Eficiencia**, en el sentido que se reconozca que con su utilización se logra una significativa gestión de los impactos ambientales.
- **Pertinencia**, en el sentido que se reconozcan como buenos instrumentos teórico-prácticos para lograr las metas deseadas.

Los indicadores identificados que responden a las diferentes variables ambientales se muestran a continuación, en la tabla 3.

**Tabla 3. Variables e indicadores identificados**

Variables ambientales	Indicadores identificados
Agua	Composición química del agua
	Características físicas del agua
	Servicios ambientales y funciones ecológicas del agua
	Caudal del río
Suelo	Formación de depósitos aluviales
	Modificaciones en sección natural del río
	Composición granulométrica de los sedimentos
Biodiversidad	Presencia ausencia de especies de peces
	Presencia y tipo de vegetación en el valle
	Presencia ausencia de especies de aves acuáticas
	Presencia ausencia de especies de moluscos
Actividad socioeconómica	Usos del terreno del valle
	Viabilidad y tránsito

### Etapa III: confirmativa

En tanto la etapa confirmativa, se llevó a cabo con el objetivo de jerarquizar y discriminar los indicadores resultantes del criterio de expertos, mediante el Proceso de Análisis Jerárquico (AHP, por sus siglas en inglés *Analytic Hierarchy Process*), (Saaty 1980), el cual está diseñado para resolver situaciones complejas donde intervienen criterios múltiples.

El AHP se estructura en cuatro pasos fundamentalmente, (Balaji and Senthil Kumar 2014), que consisten en la desintegración jerárquica del problema, la comparación de criterios y alternativas en pares con respecto a la importancia del objetivo de partida señalado, cálculo del peso de la prioridad de la matriz de comparación, y evaluación de la consistencia de la matriz a partir del cálculo del radio de consistencia RC, cuyo resultado debe ser menor que el 10%.

El procedimiento del AHP se aplicó para definir los indicadores ambientales a observar en correspondencia con cada una de las variables ambientales, los resultados obtenidos se muestran en la tabla 4.

**Tabla 4. Resultados del proceso de análisis jerárquico**

<b>Variable ambiental agua</b>			
<b>Criterio</b>	<b>Indicador</b>	<b>Peso</b>	<b>RC (%)</b>
Crit-1	Composición química del agua	30,0%	0,0
Crit-2	Características físicas del agua	30,0%	
Crit-3	Servicios ambientales y funciones ecológicas del agua	30,0%	
Crit-4	Caudal del río	10,0%	

<b>Variable ambiental suelo</b>			
<b>Criterio</b>	<b>Indicador</b>	<b>Peso</b>	<b>RC (%)</b>
Crit-1	Formación de depósitos aluviales	40,5%	3,0
Crit-2	Modificaciones en sección natural del río	48,1%	
Crit-3	Composición granulométrica de los sedimentos	11,4%	

<b>Variable ambiental biodiversidad</b>			
<b>Criterio</b>	<b>Indicador</b>	<b>Peso</b>	<b>RC (%)</b>
Crit-1	Presencia-ausencia de especies de peces	20,8%	5,7
Crit-2	Presencia y tipo de vegetación en el valle	48,7%	
Crit-3	Presencia-ausencia de especies de aves acuáticas	9,6%	
Crit-4	Presencia-ausencia de especies de moluscos	20,8%	

<b>Variable ambiental actividad socioeconómica</b>			
<b>Criterio</b>	<b>Indicador</b>	<b>Peso</b>	<b>RC (%)</b>
Crit-1	Usos del terreno del valle	87,5%	0,0
Crit-2	Viabilidad y tránsito	12,5%	

Los resultados anteriores muestran una alta consistencia, ya que todos los CR están por debajo del 10%.

Se consideró como criterio para la selección de los indicadores, el peso de la prioridad de la matriz de comparación mayor del 15%.

En correspondencia con los resultados obtenidos, se tomaron como definitivos nueve indicadores:

1. Composición química del agua
2. Características físicas del agua
3. Servicios ambientales y funciones ecológicas del agua
4. Formación de depósitos aluviales
5. Modificaciones en sección natural del río
6. Presencia-ausencia de especies de peces
7. Presencia y tipo de vegetación en el valle
8. Presencia-ausencia de especies de moluscos
9. Usos del terreno del valle

Los parámetros básicos y criterios de evaluación recomendados (CITMA 2002) a considerar son:

- Composición química del agua: sales solubles totales, sólidos en suspensión, pH, DQO (demanda química de oxígeno), DBO (demanda bioquímica de oxígeno)
- Características físicas del agua: turbiedad, color, temperatura
- Servicios ambientales y funciones ecológicas del agua: caudal ecológico e índice de biodiversidad y endemismos (bioindicadores acuáticos)
- Formación de depósitos aluviales: cantidad de material depositado
- Modificaciones en sección natural del río: cambios en perfiles topográficos
- Presencia-ausencia de especies peces: número de especies de peces endémicas
- Presencia y tipo de vegetación en el valle: número de especies de flora y vegetación endémicas
- Presencia-ausencia de moluscos: número de especies de moluscos endémicos
- Usos del terreno del valle: cantidad de áreas destinadas a la agricultura u otros fines.

Para la caracterización de los indicadores es recomendable considerar los criterios emitidos por Pérez (2005), donde se tratan los siguientes aspectos: nombre del indicador, unidad de medida, objetivo, expresión (glosario), frecuencia (periodicidad), estado deseado, sistema de recolección (punto de lectura e instrumentos), procesamiento (forma de cálculo) y responsable de la ejecución. En este caso se abarcan los aspectos esenciales para su caracterización, y su adaptación depende en gran medida a las condiciones y contexto a observar. El indicador debe ser documentado mediante la construcción de meta datos donde se especifiquen las características de la variable, su disponibilidad, las fuentes responsables de calcularla, el tipo de variable, las unidades de medida con que es expresada, según refieren Schuschny y Soto (2009).

## CONCLUSIONES

Se evidenció la existencia de impactos y variables ambientales afectadas aguas abajo de las presas en explotación que no son vigilados ambientalmente; y la necesidad de contar con indicadores capaces de suplir las insuficiencias existentes en la gestión ambiental.

El proceso de selección de los indicadores propuestos fue validado estadísticamente, lo cual constituye la validación de los mismos y la garantía de contar con herramientas eficientes y apropiadas, con un reconocimiento mayoritario marcando las pautas para la instrumentación práctica de dicho monitoreo, conducente a una buena gestión de los impactos ambientales manifestados aguas abajo de las presas en explotación.

## REFERENCIAS

- Balaji K. and Senthil Kumar V.** (2014). "Multicriteria Inventory ABC". Classification in an Automobile Rubber Components Manufacturing Industry. *Procedia CIRP*, 17, 463-468. <http://doi.org/10.1016/j.procir.2014.02.044>. ISSN: 2212-8271. Canadá.
- CITMA** (2002). SNMA. Sistema Nacional de Monitoreo Ambiental, Resolución 111 del 2002. GORC. Cuba.
- CITMA** (2015). ORASEN. Oficina de Regulación Ambiental y Seguridad Nuclear, Resolución 33 del 2015. GORC. Cuba.
- De la Maza C.** (2007). "Manejo y Conservación de recursos forestales. Evaluación de Impactos Ambientales". Editorial Universitaria pp. 579-609, ISBN 978-956-111-9697, Chile.
- Fernández S.** (2014). "Tecnología para la gestión ambiental de las aguas subterráneas. Caso de aplicación Holguín". Tesis presentada en opción al grado científico de doctor en Ciencias Técnicas. Instituto Superior de Tecnología y Ciencias Aplicadas. INSTEC. UHO. Cuba.
- García de Jalón D.** (2008). "Ríos y sostenibilidad. La regulación de los caudales y su efecto en la biodiversidad". Expo Zaragoza 2008. España, extraído de: <https://www.zaragoza.es/contenidos/medioambiente/cajaAzul/6B-S2-PIDiego%20G%20JalonACC.pdf> en junio 2020.
- GORC. Gaceta Oficial de la República de Cuba.** (1997). Ley 81 del Medio Ambiente. Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente. Edición Extraordinaria. N°7. La Habana. 47 pp.,Cuba.
- Hammer O.** (2019). PAST. Paleontological Statistics. Version 3.25. Reference Manual. Natural History Museum. University of Oslo. Norway.
- Hernández S.** (2002). "Interferencia de los embalses, y su régimen de explotación, con algunos procesos y especies relacionados con la fauna". Congreso Internacional de Conservación y Rehabilitación de presas. ISBN: 978-84-8014-791-0, Madrid, España.
- Miranda R., Reyes S., Gómez G. y Goicochea O.** (2019). "Metodología para la realización de un diagnóstico de la gestión de indicadores ambientales en la administración pública".

Ingeniería y Desarrollo. Universidad del Norte. Vol. 37 n.º 1: 71-87, 2019. <http://dx.doi.org/10.14482/inde.37.1.363>. ISSN: 0122-3461 (impreso), 2145-9371 (on line). Colombia.

**Pérez M.** (2005). “Contribución al control de gestión en elementos de la cadena de suministro. Modelo y procedimientos para organizaciones comercializadoras”. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas. Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas. Cuba.

**Saaty T.** (1980). Marketing Applications of the Analytic Hierarchy Process”. Management Science. vol. 26, no7, ISSN 1526-5501, New York, USA.

**Schuschny A. y Soto H.** (2009). “Guía metodológica para el diseño de indicadores compuestos de desarrollo sostenible”. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) 2009, publicación de las Naciones Unidas, extraído de: [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/3661/1/S2009230\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/3661/1/S2009230_es.pdf) en junio 2020.

### **Conflicto de intereses**

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses.

### **Contribución de los autores**

*Sara Fernández Cruz* <https://orcid.org/0000-0001-9246-5240>

Trabajó en el diseño de la investigación, en el procesamiento e interpretación de los datos. Análisis de los resultados y en la revisión y redacción del informe final.

*Sucel González Rivero* <https://orcid.org/0000-0003-4471-1261>

Participó en la búsqueda de información, haciendo contribuciones en su análisis e interpretación de los datos. Participó en la redacción final.