

METODOLOGÍAS DE LOS ESTUDIOS DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL PRESENTADOS EN LA ABC: RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS

METHODOLOGIES OF THE ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT STUDIES PRESENTED IN THE ABC: COLLECTION AND ANALYSIS

Daniel Alberto Trigo Orsini¹

¹ Doctorando. Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, Doctorado en Ciencias. Tarija, Bolivia.

Correo electrónico: dtrigoo@gmail.com

RESUMEN

El presente trabajo recopila y analiza la metodología de evaluación de impactos ambientales empleada en los diferentes estudios presentados y aprobados bajo licencia ambiental dentro de este sector, por la Administradora Boliviana de Carreteras, en adelante ABC.

Los estudios bajo análisis corresponden a un periodo entre el 2013 y 2018 obteniendo una muestra de 15 estudios de evaluación de impacto ambiental de diferentes tramos carreteros de la red fundamental de todo el territorio nacional proporcionados por la Gerencia Ambiental de la Administradora Boliviana de Carreteras a través de una solicitud de la Dirección de Postgrado de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

La investigación analiza la documentación recopilada buscando elementos de análisis como las metodologías de evaluación de impactos ambientales más utilizadas en el tiempo.

El proceso investigativo identifica como metodología de mayor aplicación en Bolivia para la identificación de impactos el método de lista de Chequeo y Matriz causa y efecto y para la valoración de impactos, los métodos matriciales derivados de la matriz de Leopold, con distintas pero similares ecuaciones de valoración en la matriz de calificación de impactos, destacando en su aplicación la ecuación propuesta por Buroz 1994, Arboleda 1994, Canter 1998 e Índice de Evaluación Ambiental IEA, entre otros, denotando por tanto, debilidades en la valoración por territorio pues la aplicación de los métodos no interpreta la fragmentación del paisaje y tampoco el piso ecológico.

Esto finalmente permite incluir recomendaciones específicas con el objeto de mejorar la valoración de impactos en proyectos viales para el País.

PALABRAS CLAVE

Metodología de evaluación de impactos ambientales, obras viales, Administradora Boliviana de Carreteras, mayor aplicación.

ABSTRACT

This paper compiles and analyzes the environmental impact assessment methodology used in the different studies presented and approved under environmental license within this sector.

The studies under analysis correspond to a period between 2013 and 2018, obtaining a sample of 15 environmental impact assessment studies of different road sections of the fundamental network of the entire national territory provided by the Environmental Management of the Bolivian Highway Administrator through of a request from the Postgraduate Directorate of the Juan Misael Saracho Autonomous University.

The research analyzes the collected documentation looking for elements of analysis such as the most used environmental impact assessment methodologies and the change of these methodologies over time.

The investigative process identifies as the most widely applied methodology in Bolivia for the identification of impacts, the method of the Checklist and Cause and Effect Matrix, and for the assessment of impacts, the matrix methods derived from the Leopold matrix, with different but similar equations of assessment in the impact rating matrix, highlighting in its application the equation proposed by Buroz 1994, Arboleda 1994, Canter 1998 and the EAI Environmental Assessment Index, among others, thus denoting weaknesses in the assessment by territory since the application of the methods does not interpret the fragmentation of the landscape nor the ecological floor.

This finally allows the inclusion of specific recommendations in order to improve the assessment of impacts in road projects for the Country.

KEYWORDS

Environmental impact assessment methodology, road works, Bolivian Highway Administration, greater application.

INTRODUCCIÓN

Según la definición establecida en el Reglamento de prevención y Control Ambiental RPCA (Art. 7), de la Ley 1333 de Medio Ambiente en Bolivia, el EEIA es un estudio destinado a identificar y evaluar los potenciales impactos positivos y negativos que pueda causar la implementación de un Proyecto, Obra o Actividad, con el fin de establecer las medidas para evitar, mitigar o controlar aquellos que sean negativos. (RPCA, Ley 1333, 1992), Bajo esta definición, el objetivo general de un EEIA en general y también en el sector vial, es contar con una herramienta de prevención ambiental en cumplimiento de la regulación ambiental vigente en Bolivia, que permita identificar, prevenir, mitigar y monitorear los posibles impactos ambientales negativos y positivos que podrán generarse durante las diferentes etapas de un proyecto vial. Este objeto, nos lleva a la revisión de las diferentes metodologías de identificación y valoración de impactos ambientales en un EEIA llevando el análisis a la revisión de 15 EEIAs de proyectos viales correspondientes a la red fundamental de carreteras de Bolivia que cuentan con Licencia Ambiental.

Los EEIA, se reconocen en tratados internacionales como un mecanismo muy eficaz de prevención de los daños ambientales y de promoción del desarrollo sustentable (Ferrer R., 2016).

Sin embargo, su utilidad depende de cómo se implementen y de si los hallazgos se usan en la toma de decisiones públicas (Williams & Dupuy, 2017).

Dentro de la elaboración de un EEIA se adoptan metodologías de identificación y de valoración de impactos, estas metodologías son variadas y van desde reuniones de expertos y listas de chequeo hasta sistemas de matrices, grafos y diagramas de flujo, superposición de mapas, redes, sistemas de información geográfica y otros.

La construcción de carreteras es una de las formas más extendidas de modificación del paisaje natural, por lo tanto, es importante encontrar formas para su evaluación e incorporación apropiada en el proceso de EIA (Pavlickova & Vyskupova, 2015).

Las metodologías de identificación y valoración de impactos en proyectos de carreteras son variables, pero de manera particular deben ser las capaces de manejar importantes cantidades de información, aspecto que de

manera general no permite total objetividad ya que tiene siempre connotaciones subjetivas debido a que la referencia es la calidad ambiental, un concepto subjetivo (Anticos, Los, Para, & Aprendizaje, n.d.)

Las metodologías de EIA pueden, igualmente, no tener aplicabilidad uniforme en todos los países debido a las diferencias en sus legislaturas, estándares ambientales y programas de administración ambiental (Ferrer, 2015) (pág. 260).

Una de las primeras leyes que se han escrito acerca de la EIA en el marco internacional, corresponde a la Ley Nacional de Política Ambiental (NEPA), a partir de entonces, en Estados Unidos anualmente se expide el Código de Regulaciones Federales (CFR), que codifica reglas generales entre las cuales se encuentra toda la regulación existente en cuanto a estudio de impacto y declaración ambiental.

Durante muchos años se han formulado una serie de metodologías de EIA por expertos de diferentes países del mundo, la explosión de métodos de medición surge a fines de los años 60 (Espinoza, 2007). La metodología Mc Harg es uno de los métodos precursores de la EIA, se utilizó por primera vez en el año 1968 para seleccionar el área de menor impacto en el trazado de una autopista, se basa en la utilización de mapas de capacidad de acogida del territorio para los diversos usos que se pueda dar al suelo. Estos mapas permiten ver las áreas más aptas o impactantes para una determinada actividad (Garmendia et al. 2005).

En 1971 por encargo del US Geological Survey, Luna Leopold y sus colaboradores, desarrollaron una de las primeras metodologías para evaluar los posibles impactos, dos años después de la aparición de la NEPA (Leopold et.al. 1973); conocida como metodología de Leopold, la cual sigue siendo utilizada en la actualidad con algunas modificaciones

Las metodologías de evaluación de impactos ambientales son variadas y pueden seleccionarse en función a las características del proyecto que se somete a evaluación, sin embargo, debido a la complejidad que implica un estudio de impactos no es posible que un solo método satisfaga todas las actividades de un proyecto, por lo que la selección de los métodos más apropiados es fundamental para cada estudio.

Una de las primeras clasificaciones hecha por Warner y Bromley en 1974 relaciona los métodos en cinco grupos:

- Métodos "Ad hoc"
- Técnicas graficas mediante mapas y superposiciones.
- Listas de chequeo.

- Matrices.
- Diagramas.

Por otra parte, Canter y Sadler clasificaron en 1997 los métodos de evaluación de impacto ambiental de la siguiente manera: es de anotar que los grupos están listados alfabéticamente y no en orden de importancia o uso.

- Analógicos
- Listas de Chequeo
- Listas de chequeo enfocadas a decisiones: Análisis ambiental costo - beneficio (Environmental Cost-Benefit Analysis ECBA)
- Opinión de expertos
- Sistemas expertos
- Índices o indicadores
- Pruebas de laboratorio y modelos de escala
- Evaluación de paisajes
- Revisión bibliográfica
- Cálculos de balance de materia
- Matrices de interacción
- Monitorización
- Estudios de campo
- Redes
- Sobreposición de mapas
- Fotografías o fotomontajes
- Modelación cualitativa
- Modelación cuantitativa (matemática)
- Evaluación de riesgo
- Construcción de escenarios
- Extrapolación de tendencias

En relación con los métodos utilizados para la valoración de impactos ambientales, todos son usados de manera regular, sin embargo, las listas de chequeo, la opinión de expertos y las matrices de interacción como la metodología cualitativa, son preferidas por los equipos evaluadores por su facilidad de manejo, bajo costo y rapidez en la obtención de resultados (Canter & Sadler, 1997).

De igual manera en el documento Gestión y Fundamentos de Evaluación de Impacto Ambiental de Espinoza (2007), se reúnen los métodos de EIA que fueron considerados de mayor importancia por Leal (1997) y se describen a continuación:

Reuniones de expertos: Consiste en recoger el conocimiento profesional y el juicio de expertos en áreas temáticas específicas y de actualidad.

Las “check lists” (Listas de Chequeo): Se conocen también como listados de control o de verificación, las cuales en términos generales consisten en listados de preguntas o aspectos.

Las matrices simples de causa-efecto: Consiste en construir una red con las relaciones causa-efecto. Es esencialmente un método de identificación causa – efecto – impacto.

Grafos y diagramas de flujo: Permite seguir la ruta de las consecuencias de una determinada acción sobre un factor ambiental.

Cartografía ambiental o superposición de mapas (overlay): Físicamente o digitalmente se usa para describir condiciones existentes y desplegar cambios potenciales de una acción propuesta.

Redes: Grupo de métodos que definen las conexiones o relaciones entre acciones e impactos resultantes.

Sistemas de Información Geográficos (SIG). Matrices: Herramienta para el manejo de datos espaciales que aporta soluciones a problemas geográfico.

El trabajo realizado por Barrera, Soto, Pérez, (2018). en su artículo “Análisis Comparativo de los Métodos de Evaluación de Impacto Ambiental Aplicados en el Subsector Vial en Colombia”, que incluye la revisión de 20 EIAs pertenecientes al subsector vial a los que se les aprobó licencia ambiental, basa su investigación documental en la evolución de las metodologías usadas, logrando identificar las de mayor aplicación en Colombia en la vigencia 2014, siendo estas: el método de Leopold en la etapa de identificación, el método de Arboleda en la etapa de calificación y el método Ad-Hoc en la etapa de evaluación; así mismo, se definió que su aplicación adolece de un análisis de impactos articulado al territorio, desconociendo la fragmentación del paisaje o el sinergismo de algunos impactos.

Michel Vargas, et. al., en su artículo: Evaluación del uso de indicadores de biodiversidad en los estudios de evaluación de impacto ambiental (EEIAs) de los sectores más importantes de Bolivia, concluye con lo siguiente:

De acuerdo a los expertos los métodos que se aplican para los Estudios de Evaluación de Impacto Ambiental (EEIAs), son muy variados que no cumplen las expectativas de un EEIA, lo que se verificó en los EEIAs de 10 años (2005-2015) del Sistema Nacional de Información Ambiental (SNIA), donde además se observó muchas falencias de redacción, categorización, copias sobre otros documentos, haciendo de este instrumento no confiable para la función que debe cumplir.

En la verificación in situ, los EEIAs no son un instrumento de regulación particular que permite identificar, estimar ni minimizar los efectos que pueden causar las AOPs sobre el medio ambiente, mucho menos sobre la biodiversidad. Para los expertos, se

necesita una normativa específica para los EEIAs, además de la necesidad de contar con unidades de análisis, zonas sensibles, indicadores ambientales, entre ellos indicadores de biodiversidad, considerando la diversidad de ecorregiones de Bolivia. (Michel Vargas, et. al., 2019).

Finalmente, el trabajo de Tesis “Propuesta de metodología de identificación y evaluación de impacto ambiental para la construcción de carreteras a partir de análisis de las metodologías del EIA” realizado por Virreira, Gonzales (2019) indica que las metodologías más utilizadas en proyectos de carreteras dentro de la revisión realizada son las metodologías: Ad Hoc, matriz de Leopold, métodos cartográficos, listas de chequeo, método Conesa y método Arboleda. (Virreira P, Gonzales L., 2019).

En nuestro país se utilizan indistintamente diferentes metodologías de identificación y valoración de impactos ambientales sin que las mismas sean necesariamente las más adecuadas para proyectos viales, por lo que en base a la revisión documental de 15 EEIAs de carreteras correspondientes a red vial fundamental de Bolivia cuyos documentos de estudio fueron presentados a la ABC, mismos que cuentan con Licencia Ambiental se realiza un análisis comparativo de las diferentes metodologías en las etapas de identificación y de valoración de impactos.

MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología utilizada es la investigación documental, como se presenta a continuación:

1. Solicitud escrita a la Administradora Boliviana de Carreteras de los diferentes EEIAs recibidos y que cuenten con licencia ambiental para su análisis y redacción del presente trabajo: Con la colaboración de la oficina de Postgrado de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho se dirigió la respectiva solicitud documental a la Gerencia de Medio Ambiente de la Administradora Boliviana de Carreteras, recibiendo en respuesta un total de 15 Estudios de Evaluación de Impacto Ambiental (EEIAs) correspondientes a proyectos carreteros dentro de la red vial fundamental de Bolivia, mismos que cuentan con licencia ambiental.

El listado de proyectos considerando los tramos dentro de la red fundamental de carreteras de Bolivia se presenta en la Tabla No1 siguiente: Se aclara que la Tabla No1 presenta el tramo en estudio y no así el nombre completo del proyecto en cuestión.

Tabla 1. Tramo Red Fundamental Bolivia

Nº	Tramo
1	Caranavi - Guanay
2	Guanay - Chimate
3	Chimate - Mapiri
4	Caracollo - Colomi
5	El Espino – Charagua - Boyuibe
6	Escoma - Charazani
7	La Joya – Chuquichambi y Huyllamarca - Totora
8	Mineros – Villa Rosario
9	Puerto Suarez - Mutún
10	Río Seco - Desaguadero
11	Uyuni – Hito LX
12	San Buena Ventura - Xiamas
13	Acheral - Choere
14	Zofra - Extrema
15	Entre Ríos – Palos Blancos

Fuente: Elaboración propia

2. Realización de la revisión de la documentación recibida.
3. Análisis de las metodologías de evaluación de impacto ambiental en general y en Bolivia en carreteras.
4. Análisis de las metodologías de la muestra de 15 EEIAs durante las etapas de identificación y valoración de impactos.
5. Definición de los elementos comparativos de las metodologías.

Con el objeto de una mayor descripción de los materiales y métodos detallamos lo siguiente:

Revisión de la información: Una vez recibida la información o la muestra de los EEIAs, se realizó una revisión de las metodologías presentes en dicha muestra. Asimismo, se realizó una revisión bibliográfica general sobre las metodologías de evaluación de impacto ambiental identificando las más comunes y sus procedimientos de evaluación tanto a nivel mundial como a nivel Bolivia y tanto a nivel general como en el sector de carreteras.

Comparación y análisis crítico: Se realizó la revisión y análisis comparativo de los 15 EEIAs facilitados por la Administradora Boliviana de Carreteras, mismos que cuentan con licencia ambiental. Dicho análisis crítico

consistió en la comparación de las metodologías utilizadas en cada documento para su evaluación realizando la verificación del desarrollo de dichas metodologías y el contenido de las mismas analizando también la articulación con los diferentes pisos ecológicos y su valoración.

Muestra: Las metodologías identificadas en la revisión de la muestra para las etapas de identificación y valoración de impactos se presentan a continuación en la Tabla 2.

Tabla 2. Muestra y metodologías de las etapas de valoración

Nº	Metodología de Evaluación	
	Identificación	Valoración
1	Causa efecto Leopold	EMC y SIG Multicriterio y Mapas de sensibilidad ambiental
2	Lista de chequeo	Matriz RPCA
3	Lista de chequeo	CRI
4	Causa efecto Leopold	CRI
5	Causa efecto Leopold	CRI
6	Causa efecto Leopold	VIA
7	Causa efecto Leopold	GAIA
8	Causa efecto Leopold	IEA
9	Causa efecto Leopold	IEA
10	Causa efecto Leopold	CRI
11	Causa efecto Leopold	ICA
12	Causa efecto Leopold	CRI
13	Causa efecto Leopold	Conesa
14	Causa efecto Leopold	VIA
15	Causa efecto Leopold	Conesa

Con las siguientes denominaciones:

EMC y SIC	Multicriterio y mapas de sensibilidad
CRI	Criterios Relevantes Integrados (Matriz) Buroz, 1994
VIA	Valor de Impacto Ambiental
GAIA	Gestión Ambiental Integrada Aplicada (Matriz doble entrada).
IEA	Índice de Evaluación Ambiental (Matriz)
ICA	Índice de Calificación Ambiental (Matriz), Arboleda, 1994.
Conesa	Matriz de Impacto Ambiental

Fuente: Elaboración Propia.

Identificación:

Matrices Causa – Efecto, Leopold: son métodos cualitativos, preliminares y muy valiosos para valorar las

diversas alternativas de un mismo proyecto. El método consiste en un cuadro de doble entrada, matriz, en el que se disponen como filas los factores ambientales y como columnas las acciones que vayan a tener lugar y que serán causa de posibles impactos. Básicamente se trata de una matriz que presenta, en las columnas, las acciones del proyecto y, en las filas, los componentes del medio y sus características. Esta matriz es uno de los métodos más utilizados en la EIA, para casi todo tipo de proyecto (Leopold et.al., 1973).

Tiene la ventaja que permite la estimación subjetiva de los impactos, mediante la utilización de una escala numérica. En cuanto a las desventajas, además del grado de subjetividad que se emplea en la evaluación de los impactos, no considera los impactos indirectos de proyecto. La matriz consta de los siguientes componentes:

- Identificación de las acciones del proyecto que intervienen y de los componentes del medio ambiental afectado.
- Estimación subjetiva de la magnitud del impacto, siendo el signo (+) un impacto positivo y el signo (-) un impacto negativo, con la finalidad de reflejar la magnitud del impacto o alteración.
- Evaluación subjetiva de la importancia o intensidad del impacto. (Leopold et.al., 1973).

La matriz de Leopold, es un método que puede ser aplicado en forma expeditiva, es de bajo costo y permite identificar los posibles impactos a partir de una visión del conjunto de las interacciones posibles.

Además, estas matrices son de utilidad para la comunicación de los impactos detectados.

En contrapartida, la metodología no evita la subjetividad en referencia a la cuantificación de los impactos, no permite visualizar las interacciones ni los impactos de un factor afectado sobre otros factores. (Temas de ciencia y Tecnología, mayo 2013).

Listas de Chequeo: Este método consiste en una lista ordenada de factores ambientales que son potencialmente afectados por una acción humana. Su principal utilidad es identificar las posibles consecuencias ligadas a la acción propuesta, asegurando en una primera etapa de la EIA que ninguna alteración relevante sea omitida (Conesa, 2010).

Una lista de chequeo debe contener los siguientes rubros: agua, suelos, atmósfera, flora, fauna, recursos naturales, culturales, etc. Existen diversos tipos de listados, los más importantes son:

- Listados simples. Contienen sólo una lista de factores o variables ambientales con impacto, o una lista de características de la acción con impacto o ambos elementos. Permite asegurarse que un factor particular no sea omitido del análisis.
- Listados descriptivos. Estos listados dan orientaciones para una evaluación de los parámetros ambientales impactados (p.ej. posibles medidas de mitigación, datos sobre los grupos afectados, etc.).
- Cuestionarios. Se trata de un conjunto de preguntas sistemáticas sobre categorías genéricas de factores ambientales. Analizando las respuestas se puede tener una idea cualitativa de la importancia relativa de un cierto impacto, tanto negativo como positivo (Estevan, 1981).

Las ventajas de las listas de chequeo están dadas por su utilidad para: a) Estructurar las etapas iniciales de una EIA, b) Ser un instrumento que apoye la definición de los impactos significativos de un proyecto, c) Asegurar que ningún factor esencial sea omitido del análisis, y d) Comparar fácilmente diversas alternativas del proyecto (Espinoza, 2007). Sus deficiencias o limitaciones son: a) Ser rígidos, estáticos, unidimensionales, lineales y limitados para evaluar los impactos individuales, b) No identifican impactos indirectos, ni las probabilidades de ocurrencia, ni los riesgos asociados con los impactos, c) No ofrecen indicaciones sobre la localización espacial del impacto, y d) No permiten establecer un orden de prioridad relativa de los impactos. (Temas de ciencia y Tecnología, mayo 2013).

Valoración:

EMC y SIC	Multicriterio y mapas de sensibilidad
CRI	Criterios Relevantes Integrados
VIA	Valor de Impacto Ambiental
GAIA	Gestión Ambiental Integrada Aplicada
IEA	Índice de Evaluación Ambiental
ICA	Índice de Calificación Ambiental
Conesa	Matriz de Impacto Ambiental, Matriz RPCA

A excepción de la primera que consiste en una evaluación Multicriterio EMC, entre matrices y sistema basado en SIG. La totalidad de las metodologías identificadas en la muestra para la valoración de impactos consisten en métodos matriciales basados en una Matriz de importancia donde se mide el impacto en base al grado de manifestación cualitativa del efecto quedando reflejado en la Importancia del impacto (I). La

importancia del impacto está relacionada con una serie de atributos de tipo cualitativo (extensión, tipo de efecto, duración, persistencia, reversibilidad, recuperabilidad, sinergia, acumulación y periodicidad de aparición).

La Matriz RPCA, utilizada en el caso de un EEIA es la matriz correspondiente al RPCA de la Ley 1333 utilizada con el único objetivo de categorizar el proyecto, es decir, resulta sumamente básica para la valoración de impactos de un proyecto carretero. La metodología denominada Gestión Ambiental Integrada Aplicada (GAIA), es también básicamente el uso de la matriz del RPCA.

Esto implica que se trata de metodologías utilizadas prácticamente solo en Bolivia, pues utilizan la matriz de categorización del Reglamento de Prevención y Control Ambiental RPCA de la Ley 1333.

EMC Multicriterio: El método de las jerarquías analíticas, desarrollado por Thomas L. Saaty (1977) y extensamente estudiado y refinado desde entonces, proporciona un marco racional y comprensivo que permite estructurar un problema de decisión complejo mediante la construcción de un modelo jerárquico estructurado en tres niveles: en el superior el objetivo, en el intermedio los criterios y, finalmente, en el inferior, las alternativas. Cuando nos enfrentamos a un problema de decisión que resulta complejo, podemos usar una jerarquía para integrar grandes cantidades de información en nuestra comprensión de la situación. A medida que se construye esta estructura ordenada, se va formando una imagen del problema en su conjunto que nos ayuda a interpretarlo de forma más sencilla y más gráfica.

Una vez es establecida la jerarquía, se realizan comparaciones entre dichos elementos (criterios y alternativas) dos a dos formando matrices de comparación cuadradas cuyas entradas son valores numéricos que representan los juicios emitidos por los tomadores de decisiones según una escala de valores predefinida (Saaty 1980, 2001).

Mapas de Sensibilidad Ambiental: El uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) para la generación de mapas de sensibilidad como metodología de evaluación de impacto ambiental. El SIG se define como un sistema de hardware, software y procedimientos elaborados para facilitar la obtención, gestión, manipulación, análisis, modelado, representación y salida de datos espacialmente referenciados, para resolver problemas complejos de planificación y gestión. Esta definición contempla los elementos que lo componen, las funciones y el propósito del SIG. Las funciones empleadas son fundamentalmente de gestión y manipulación de datos geográficos, transformación y análisis espacial. Las dos primeras proveen el medio para el manejo de los datos en el soporte informático.

La última, transformación y análisis de datos, es donde radica todo el potencial operativo del SIG para el modelado espacial y análisis de problemas complejos mediante mapas de sensibilidad.

El uso combinado de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y las técnicas de Evaluación MultiCriterio (EMC) para la asignación óptima de usos del suelo, ha sido amplia y eficazmente empleada (Orán Cáceres, J.P., Gómez Delgado, M. y Bosque Sendra, J. (2010).

El método de los Criterios Relevantes Integrados CRI (Buroz, 1990) está basado en un análisis multicriterio, partiendo de la idea de que un impacto ambiental se puede estimar a partir de la discusión y análisis de criterios con valoración ambiental, los cuales se seleccionan dependiendo de la naturaleza del proyecto.

La importancia de un impacto es una medida cualitativa del mismo, que se obtiene a partir del grado de incidencia (Intensidad) de la alteración producida, y de una caracterización del efecto, obtenida a través de una serie de atributos.

La metodología se basa en la ecuación de "Criterios Relevantes Integrados" que calcula la importancia de los impactos siguiendo la siguiente expresión:

$$I_{ij} = N A_{ij} (3 I N_{ij} + 2 E X_{ij} + M O_{ij} + P E_{ij} + R V_{ij} + S l_{ij} + A C_{ij} + E F_{ij} + P R_{ij} + M C_{ij})$$

Estos valores se traducen en una matriz o tablas donde se identifica al impacto por etapa de proyecto y a través del modelo lineal aditivo de la metodología de criterios relevantes integrados, estableciendo su nivel de importancia (Buroz, 1990)

VIA: Los indicadores que conforman el índice VALOR DE IMPACTO AMBIENTAL (VIA) para cada impacto ambiental son: a) Riesgo (probabilidad de que el impacto se produzca durante la vida del proyecto); b) Intensidad (Cuantificación de la fuerza o vigor con que se manifiesta el impacto) c) Extensión (medida del ámbito espacial o superficie en que ocurre la afectación); d) Duración (Período de tiempo durante el cual se ejercen las acciones que generan el impacto); e) Reversibilidad (expresión de la capacidad del medio para retornar a una condición similar a la original).

$$VIA = M_{iwm} * P_{iwp} * R_{iwr}$$

dónde: VIA es el Valor del Impacto Ambiental.

Mi es la magnitud asignada.

Pi es la posibilidad de ocurrencia o riesgo.

Ri es la reversibilidad.

wm es el peso con que se pondera la magnitud.

wp es el peso con que se pondera la posibilidad de ocurrencia o riesgo.

wpr es el peso con que se pondera la reversibilidad.

La magnitud será:

$$M_i = (l_i * w_l + E_i * w_E + D_i * w_D)$$

dónde: l_i es la intensidad.

E_i es la extensión.

D_i es la duración.

w_l es el peso con que se pondera la intensidad.

w_E es el peso con que se pondera la extensión.

w_D es el peso con que se pondera la duración.

Por su mayor simplicidad, se generalizó el uso de la fórmula lineal, tal como se expresa a continuación:

$$VIA = (P_i \times w_p) + (l_i \times w_l) + (E_i \times w_E) + (D_i \times w_D) + (R_i \times w_R)$$

Los valores obtenidos se traducen en una matriz con el Valor del Impacto Ambiental. El valor de Impacto Ambiental (VIA) permite evaluar cada impacto y destacar aquellos impactos cuyo VIA sea menor a un valor establecido por los analistas. Se asume que los impactos descartados no son relevantes y por tal no ameritan medidas de control ambiental. (Neuberger-Cywiak, 2002)

GAIA: Gestión Ambiental Integral Aplicada (GAIA), que se desarrolla aplicando matrices de causa efecto, y consiste en la identificación de impactos ambientales y sociales que se realiza con una Matriz de Identificación de Impactos Ambientales (M1) que es aplicada en cada una de las fases (F) del proyecto. Esta metodología GAIA fue inicialmente diseñada y aplicada en los proyectos del Programa de Desarrollo Urbano y Saneamiento (PRODURSA) del FNDR en la década de los 90's y la parte de identificación y categorización ambiental, por su sencillez y versatilidad fue incorporada en 1995 en el RPCA de la LMA N° 1333 con carácter de cumplimiento obligatorio, puesto que con ello la Autoridad Ambiental Competente (AACN) otorga la Categoría Ambiental a un proyecto. (FNDR, 1991).

IEA: Índice de Evaluación Ambiental (IEA): El método es el matricial y la valoración es determinada mediante el Índice de Evaluación Ambiental. Este índice permitirá efectuar una comparación cuantitativa entre cada uno de los impactos. Para el cálculo de este índice se utiliza la siguiente fórmula:

$$IEA = +/- [(k_1 * P_r) + (k_2 * D_s) + (k_3 * D_u) + (k_4 * M_g)]$$

Donde:

(+/-)	: Carácter de impacto (positivo o negativo)
k1, k2, k3 y k4	: Factores de peso
Pr	: Presencia del impacto
Ds	: Desarrollo del impacto
Du	: Duración del impacto
Mg	: Magnitud del impacto

Al igual que los otros métodos, los resultados son vaciados en una matriz o tabla de valores que permite evaluar el valor de los impactos.

ICA, esta propuesta metodológica, desarrollada por Arboleda (1994), busca identificar y evaluar los impactos generados por la construcción y realización de obras de diferente magnitud, sobre las condiciones medioambientales que pueden resultar afectadas. Ha sido empleada por las Empresas Públicas en diversos proyectos, y aprobada por organismos tanto nacionales como internacionales, cuyas funciones se relacionan con el manejo y/o regulación del medio ambiente.

Cada impacto se evalúa individualmente considerando todas las actividades que la ocasionan, mediante una expresión denominada "Calificación Ambiental (Ca)", obtenida en base a cinco factores característicos de cada impacto incluido en ella. Con la valoración de estos atributos, se procede al cálculo del Índice de Calificación Ambiental, ICA, mediante la siguiente expresión:

$$Ca = C (P [a E M + b D])$$

Dónde:

Ca	=	Calificación ambiental (0.1 - 10.0)
C	=	Clase (+) ó (-)
P	=	Presencia (0.0 - 1.0)
E	=	Evolución (0.0 - 1.0)
M	=	Magnitud (0.0 - 1.0)
D	=	Duración (0.0 - 1.0)
a	=	7
b	=	3

Conesa: La Matriz Conesa-Simplificada se define como: La Matriz de Impacto Ambiental, es el método analítico, por el cual, se le puede asignar la importancia (I) a cada impacto ambiental posible de la ejecución de un Proyecto en todas y cada una de sus etapas, fue creado en el año 1997 y se basa en el método de las matrices causa – efecto, involucrando los métodos de matriz de Leopold y el método de Batelle Columbus.

Del análisis de la muestra obtenemos la frecuencia de uso de las metodologías, mismas que se presentan las tablas No3 y No4 siguientes con las metodologías en orden decreciente tanto en la etapa de identificación como en la de valoración:

Tabla 3. Frecuencia de uso de metodologías

Métodos de identificación	Frecuencia
Causa efecto	13
Lista de chequeo	2
Total	15

Fuente: Elaboración Propia

De los 15 EEIAs revisados, 13 utilizan las matrices causa – efecto como método de identificación de impactos y solo 2 utilizan las listas de chequeo.

Tabla 4. Métodos de valoración

Metodología	Frecuencia
CRI	5
VIA	2
IEA	2
CONESA	2
EMC SIG	1
GAIA	1
ICA	1
RPCA	1
Total	15

Fuente: Elaboración Propia

De los métodos de valoración, el método matricial es el principal, destacando el de Criterios Relevantes Integrados CRI como el más utilizado, seguido por VIA, IEA y Conesa, que al igual que el anterior son basados en matrices a través de distintas pero similares ecuaciones de valoración del impacto.

Los restantes, EMC SIG, GAIA, ICA y RPCA, son los menos frecuentes, de los cuales destacamos el EMC SIG (Evaluación Multicriterio combinado con Sistemas de Información Geográfica) utilizado en un solo EEIA de los 15 de la muestra y constituyéndose en el más completo y adecuado para proyectos de carreteras, debido a la inclusión del territorio en la valoración de impactos.

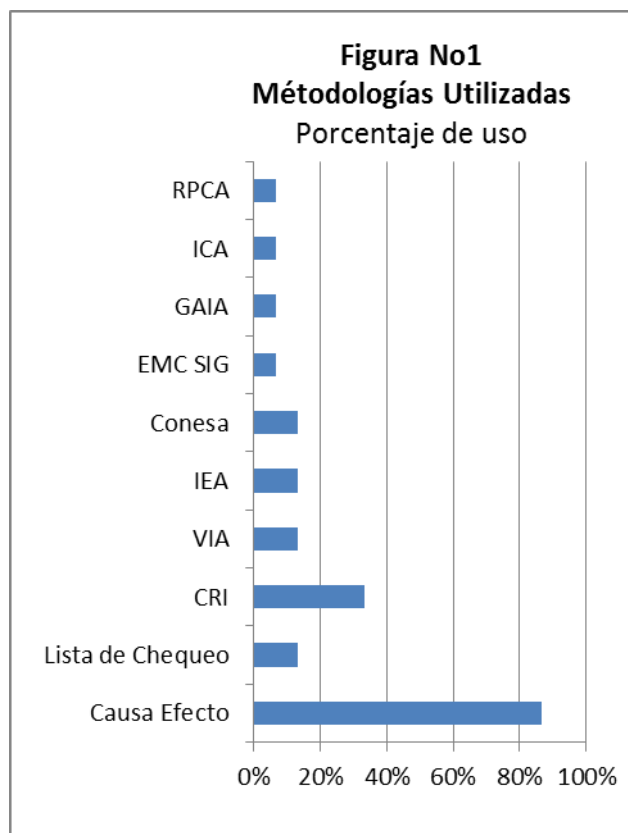
Los demás métodos son similares, aunque los denominados GAIA y RPCA, son más básicos e indicados solo para identificación, el ICA también es matricial y asigna de igual manera un valor o índice a través de una ecuación de valoración de impacto.

De los 15 EEIAs de la muestra, 14 se basan únicamente en matrices y no toman en cuenta el territorio ni los diferentes pisos ecológicos por los que atraviesa el tramo carretero, la única diferencia entre ellos es la

ecuación utilizada para la valoración, con más o menos o diferentes formatos de tabla o matriz, son muy similares.

A continuación, en la Figura No1 podemos apreciar el porcentaje de uso de los distintos métodos identificados en la Muestra durante las etapas de identificación y valoración de impactos utilizados por los diferentes consultores de los 15 estudios realizados para los diferentes tramos carreteros.

La etapa de identificación en la Figura No1 corresponde a las dos últimas metodologías (Lista de Chequeo y Causa Efecto) y la etapa de Valoración a las 8 primeras.



Fuente: Elaboración Propia

El empleo de Matrices Causa – Efecto en la etapa de identificación es del 87% y el de las listas de chequeo de 13%, mientras que, en la etapa de valoración de impactos, el 33% de los casos corresponden a la metodología de Criterios Relevantes Integrados, el 13% corresponden a cada una de estas tres metodologías: IEA, VIA y Conesa y finalmente el 7% a cada una de las siguientes: RPCA, ICA, GAIA y EMC SIG.

RESULTADOS

De los 15 EEIAs de la muestra, tan solo uno, correspondiente a la metodología combinada de Evaluación multicriterio y mapas de Sensibilidad

Ambiental basados en Sistemas de Información Geográfica (EMC SIG), presenta una metodología que incluya el territorio y los pisos ecológicos mediante mapas de sensibilidad ambiental ubicando y evaluando los sitios sensibles en el territorio.

Dos de los EEIAs de la muestra presentan metodologías muy particulares y locales no aptas para la valoración de impactos, considerándolas incluso limitadas para la identificación de impactos, pues el RPCA de la Ley 1333 vigente en nuestro país solo las utiliza para la Categorización ambiental de proyectos, quedando obsoleta a partir del Decreto Supremo DS 3549 del 2 de mayo de 2018, que en su Anexo A., incluye listados por sector de la categoría ambiental de los proyectos, dejando de lado la matriz electrónica del RPCA.

El 93% de las metodologías de valoración de impactos de la muestra son matriciales basadas en valoración cualitativa del impacto mediante una ecuación de calificación del impacto cuyo resultado se traduce en una matriz de valoraciones, donde no se toma en cuenta el piso ecológico o el territorio, considerando esto una falencia en proyectos de extensión territorial como son las carreteras.

En cuanto a identificación de impactos no cabe duda que el método Causa Efecto es el preferido por los consultores ambientales, posiblemente debido a su mayor difusión y facilidad de aplicación.

Resulta importante actualizar las metodologías de evaluación de impactos ambientales para proyectos carreteros incluyendo la relación con el territorio a través de plataforma SIG.

Las metodologías de valoración exclusivamente matriciales sin importar la ecuación de valoración resultan repetitivas y no incluyen un análisis profundo de los impactos que un proyecto carretero implica, presentando falencias de orden general.

DISCUSION

Las conclusiones del artículo “Evaluación del uso de indicadores de biodiversidad en los estudios de evaluación de impacto ambiental (EEIAs) de los sectores más importantes de Bolivia”, donde se analizan las metodologías de 76 EEIAs de los cuales 10 corresponden al sector transportes, mediante mesas de trabajo de expertos presenta las siguientes conclusiones:

De acuerdo a los expertos los métodos que se aplican para los Estudios de Evaluación de Impacto Ambiental (EEIAs), son muy variados que no cumplen las expectativas de un EEIA, lo que se verificó en los EEIAs

de 10 años (2005-2015) del Sistema Nacional de Información Ambiental (SNIA), donde además se observó muchas falencias de redacción, categorización, copias sobre otros documentos, haciendo de este instrumento no confiable para la función que debe cumplir.

En la verificación in situ, los EEIAs no son un instrumento de regulación particular que permite identificar, estimar ni minimizar los efectos que pueden causar las AOPs sobre el medio ambiente, mucho menos sobre la biodiversidad. Para los expertos, se necesita una normativa específica para los EEIAs, además de la necesidad de contar con unidades de análisis, zonas sensibles, indicadores ambientales, entre ellos indicadores de biodiversidad, considerando la diversidad de ecorregiones de Bolivia. (Michel Vargas, et. al., 2019).

Es menester la recomendación a la Autoridad Ambiental Competente Nacional, coordinar con las autoridades del sector vial para la actualización, normalización y recomendación de metodologías de evaluación de impactos ambientales acordes a la envergadura de este tipo de proyectos.

El trabajo de tesis de Virreira P, Gonzales L. (2019). "Propuesta de metodología de identificación y evaluación de impacto ambiental para la construcción de carreteras a partir de análisis de las metodologías del EIA" indica que la estrategia de intervención consistió en realizar entrevistas a expertos y revisión bibliográfica. Dentro de esta revisión se percató que las metodologías más utilizadas en infraestructuras viales son las metodologías Ad Hoc, matriz de Leopold, métodos cartográficos, listas de chequeo, método Conesa y método Arboleda. Dicho trabajo guarda cierta coincidencia con el presente a excepción de los métodos cartográficos, mismos que no encontramos en nuestra muestra, sin embargo, también podemos apreciar la falencia encontrada por la falta de integración del territorio en dichas metodologías.

Si revisamos el trabajo realizado en Colombia por Soto, V., Suárez, N., y Arrieta, S. (2018). "Análisis comparativo de los Métodos de evaluación de impacto ambiental aplicados en el subsector vial en Colombia", cuyo trabajo se basa en la investigación documental de la evolución de las metodologías usadas, logrando identificar las de mayor aplicación en Colombia en la vigencia 2014 como son: el método de Leopold en la etapa de identificación, el método de Arboleda en la etapa de calificación y el método Ad-Hoc en la etapa de evaluación; podemos indicar que las metodologías utilizadas en Colombia, guardan similitud con las presentes en Bolivia para el sector vial.

Así mismo, las conclusiones son similares en relación al territorio, indicando en Colombia que su aplicación

adolesce de un análisis de impactos articulado al territorio, desconociendo la fragmentación del paisaje o el sinergismo de algunos impactos.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Arboleda, J. (2008). Manual de evaluación de impacto ambiental de proyectos, obras o actividades. Manual de Evaluación de Impacto Ambiental de Proyectos, Obras o Actividades, 132. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

Anticos, Los, Para, & Aprendizaje, n.d. Anticos, M. S. E. M., Los, O. a L. a F. D. E., Para, R., & Aprendizaje, O. D. E. (n.d.). Departamento de Ciencias de la Computación.

Azqueta, D. (1994). Valoración económica de la calidad ambiental. Madrid: McGrawHill.

Barrera, Soto y Pérez. (2018). Análisis comparativo de los métodos de EsiA aplicados en POA del subsector vial en Colombia. Revista de Investigación Agraria y Ambiental, Vol. 9, Num, 2 (2018).

Buroz, (1990). "La gestión ambiental: Marco de referencia para las evaluaciones de impacto ambiental", Fundación Polar, Caracas, Venezuela.

Canter, L. & Sadler, B. (1997). A tool kit for effective EIA practice - Review of methods and perspectives on their application (A Supplementary Report of the International Study of the Effectiveness of Environmental Assessment). Oklahoma: International Association for Impact Assessment. Recuperado de <http://www.iaia.org/publicdocuments/EIA/SRPEASEIS01.pdf>

Conesa, (2010). Conesa Fernández - Vitora, V., Conesa

Decreto Supremo D.S. 3549., Publicado en la Gaceta Oficial de Bolivia, La Paz, 02 de mayo de 2018.

Espinoza, G. (2007). Gestión y Fundamentos de Evaluación de Impacto Ambiental. Banco Interamericano de Desarrollo (BID). Centro de Estudios para el Desarrollo (CED). Santiago de Chile.

Estevan, M.T. (1981). Las Evaluaciones de Impacto Ambiental. Criterios y metodologías. Boletín informativo del medio ambiente. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente.

Ferrer R. (2016). Seguimiento en el tiempo de la evaluación de impacto ambiental en proyectos mineros. Revista Luna Azul, 42, 256-269. Recuperado de Revista Luna Azul, 40, 224-239.

- Garmendia et al. (2005). Evaluación de Impacto Ambiental. Pearson Educación, S.A., Madrid, España. ISBN: 84-205-4398-5.
- Gómez, D. (1999). Evaluación del Impacto Ambiental. Madrid: Mundi-Prensa.
- Gómez, D. (2013). Evaluación del Impacto Ambiental. Madrid. Ediciones Mundi-Prensa.
- Leal, J. (1997). Guías para la evaluación del impacto Ambiental de proyectos de desarrollo local, ILPES.
- Leopold, L.B. et al. (1973). A procedure for Evaluating Environmental Impact. US Department of the Interior. USA: Gov. Print. Office.
- Ley 1333. Ley del medio ambiente promulgada el 27 de abril de 1992. Publicada en la Gaceta Oficial de Bolivia, La Paz, 15 de junio de 1992.
- Martínez, L. F. (2013). "Análisis de la Incertidumbre en los Estudios de Impacto Ambiental en Colombia desde el Enfoque de los Sistemas Complejos". Bogotá, Colombia.
- Michel A. et al. (2019.). Evaluación del uso de indicadores de biodiversidad en los estudios de evaluación de impacto ambiental (EEIAs) de los sectores más importantes de Bolivia.
- Neuberger-Cywiak, L. (2002). Diferentes Métodos utilizados en la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA).
- Orán Cáceres, P.; Gómez Delgado, M. y Bosque Sendra, J. (2010). "Una propuesta complementaria de análisis de sensibilidad de un modelo basado en técnicas SIG y evaluación multicriterio", en Ojeda, J.; Pita, M.F. y Vallejo, I. (Eds). Tecnologías de la Información Geográfica: la Información Geográfica al servicio de los ciudadanos. Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Sevilla. Sevilla, págs. 971-987.
- Pavlickova & Vyskupova. (2015). A method proposal for cumulative environmental impact assessment based on the landscape vulnerability evaluation. Environmental Impact Assessment Review, 50, 74–84. <https://doi.org/10.1016/j>
- Perevochtchikova, M. (2013). La evaluación del impacto ambiental y la importancia de los indicadores ambientales
- Ripoll, V., Conesa Ripoll, L. A., & Estevan Bolea, M. T. (2010). Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental: Conesa Fernandez - Vitoria, Vicente (4a. ed.). Madrid: Mundi-Prensa.
- Saaty (1980). The Analytic Hierarchy Process. McGraw-Hill, New York.
- Soto, V., Suárez, N., y Arrieta, S. (2018). Análisis comparativo de los Métodos de evaluación de impacto ambiental aplicados en el subsector vial en Colombia. Revista de Investigación Agraria y Ambiental, 9(2), 291-292.
- Temas de Ciencia y Tecnología (2013). Metodologías para la identificación y valoración de impactos ambientales. Temas de Ciencia y Tecnología vol. 17 número 50, mayo - agosto 2013.
- Thomas L. Saaty, (1977), A scaling method for priorities in herarchical structures. Journal of Mathematical Psychology, 15, 234-281.
- Virreira P. y Gonzales L. (2019). Propuesta de metodología de identificación y evaluación de impacto ambiental para la construcción de carreteras a partir de análisis de las metodologías del EIA
- Toro, J., Martínez, R., y Arrieta, G., (2013). Métodos de Evaluación de Impacto Ambiental en Colombia.
- Warner & Bromley. (1974). Creadores relación métodos. www.notinet.com.co/pedidos/NORMAAMBIEN.doc
- Williams, Dupuy, K. (2017). Deciding over nature: Corruption and environmental impact assessments. Environmental Impact Assessment Review, 65(2016), 118–124. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2017.05.002>

Artículo

Recibido: 14 de octubre de 2022

Aceptado: 8 de diciembre de 2022

Cita sugerida:

Trigo, D.A. (2022). Metodologías de los estudios de evaluación de impacto ambiental presentados en la ABC: recopilación y análisis. *Revista SEC CIENCIA*. 3(6), 29-39. <http://repo.uajms.edu.bo/index.php/secciencia/issue/view/4>