

# Aplicación de un método para evaluar el impacto ambiental de proyectos de construcción de edificaciones universitarias

## Application of a method for the environmental impact assessment of university construction projects

Jose Carlos Mora-Barrantes<sup>1</sup>, Oscar Mario Molina-León<sup>2</sup>,  
Jose Pablo Sibaja-Brenes<sup>3</sup>

---

*Fecha de recepción: 5 de noviembre de 2015*

*Fecha de aprobación: 3 de febrero de 2016*

Mora-Barrantes, J; Molina-León, O; Sibaja-Brenes, J. Aplicación de un método para evaluar el impacto ambiental de proyectos de construcción de edificaciones universitarias.

*Tecnología en Marcha*. Vol. 29, N° 3. Pág 132-145.

DOI: 10.18845/tm.v29i3.2893

1 Químico Industrial, Escuela de Química, Universidad Nacional. Costa Rica. Teléfono: (506)22 77 3403. Correo electrónico: jose.mora.barrantes@una.cr

2 Químico Industrial, Vicerrectoría Académica, Universidad Nacional. Costa Rica. Teléfono: (506)22 77 31 39. Correo electrónico: oscar.molina.leon@una.cr

3 Químico Industrial, Escuela de Química, Universidad Nacional. Costa Rica. Teléfono: (506)22 77 3102. Correo electrónico: josepablosibaja@gmail.com



## Palabras clave

Evaluación de impacto ambiental; aspectos e impacto ambiental; construcciones; universidad.

## Resumen

La evaluación de impacto ambiental consiste en la identificación y valoración de los impactos potenciales de proyectos respecto a los componentes físicos, químicos y biológicos, culturales, económicos y sociales, con el fin de que mediante la planificación y la correcta toma de decisiones se desarrollen aquellas actuaciones más compatibles con el medio ambiente. El objetivo principal es asegurar que las consideraciones ambientales sean explícitamente expresadas e incluidas en el proceso de toma de decisiones y anticipar y evitar, minimizar y compensar los efectos negativos sobre el medio ambiente. Al proceso de evaluación ambiental de un proyecto se le pueden aplicar diferentes técnicas metodológicas, algunas generales, otras de carácter más específico. En Costa Rica la metodología más común es la elaborada por la Secretaría Técnica Ambiental (SETENA, 2016A). Con el fin de valorar el impacto ambiental de los proyectos de construcción en una universidad, se aplicó el formulario ambiental del SETENA, identificándose la magnitud de los factores, componentes y subcomponentes ambientales significativos de cada uno de ellos (SETENA, 2016B). La investigación permitió obtener y analizar los valores de significancia del impacto ambiental de los proyectos en función de: la cantidad de aspectos ambientales, la aplicación de reglamentos específicos, la ubicación geográfica del proyecto y el uso guías ambientales. Se identificaron los proyectos con mayor o menor cantidad de subcomponentes ambientales significativos, metros cuadrados de construcción, y valores de impacto ambiental preeliminar, ponderado y final. Se analizó la relación existente entre la cantidad de aspectos ambientales significativos de cada proyecto y su influencia en el valor final de significancia ambiental.

## Keywords

Environmental impact assessment; environmental aspects and impacts; buildings; university.

## Abstract

Environmental impact assessment refers to the evaluation of the effects likely to arise from a major project (or other action) significantly affecting the natural and man-made environment. It is an analytical process that systematically examines the possible environmental consequences of the implementation of projects, programmes and policies, taking into account inter-related socioeconomic, cultural and human-health impacts, both beneficial and adverse. Numerous methodologies (tools) have been utilized to meet the various activities required in the conduction of an environmental impact study. The objectives of the various activities differ, as do the usable methods for the accomplishing the activities. There is no standardized methodology of environmental impact assessment. However, a framework of principles to guide strategies, methods and techniques has been more or less recognized by the scientific community and included in legislation and directives in various countries. In Costa Rica the most common environmental impact assessment correspond to the one developed by the SETENA (National Environmental Office). With the main objective to assess the environmental impact of the construction projects at the university, the SETENA methodology was applied. The magnitude of the environmental factors, aspects and components for each project was determined. This research also allowed to obtain and analyze the magnitude of the environmental impact for each project based on: number of environmental aspects, specific environmental policies, geographic

location and the application of environmental guides. Projects were identified according to their environmentally significant components, construction sizes and magnitude of the environmental impact. The relationship between the quantity of significant environmental aspects for each project and its final meaning of environmental impact, was analyzed.

## Introducción

El proceso de evaluación de impacto ambiental (EIA) es una valoración de los potenciales impactos generados sobre el medio ambiente producto de determinada actividad, obra o proyecto. Es un procedimiento necesario para la valoración de los impactos ambientales de las distintas alternativas de un proyecto determinado, con el fin de definir la mejor opción para su viabilidad del proyecto a desarrollar (Garmendia *et al.*, 2005). De una forma más amplia, la EIA se define como la identificación y valoración de los impactos potenciales de planes, proyectos, programas o acciones normativas respecto a los componentes físicos, químicos y biológicos, culturales, económicos y sociales, con el fin de que mediante la planificación y la correcta toma de decisiones se desarrollen aquellas actuaciones más compatibles con el medio ambiente (Canter, 1998). Entre otros objetivos de la EIA están; a) asegurar que las consideraciones ambientales sean explícitamente expresadas e incluidas en el proceso de toma de decisión, b) anticipar y evitar, minimizar y compensar los efectos negativos significativos biofísicos, sociales y otros relevantes de la propuesta de desarrollo, c) proteger la productividad y capacidad de los sistemas naturales y sus procesos ecológicos, y d) promover el desarrollo sostenible optimizando el uso de los recursos y la gestión de oportunidades (Johnson & Bell, 1975).

Diferentes técnicas metodológicas son aplicables al proceso de evaluación ambiental de un proyecto, siendo algunos métodos generales, otros de carácter más específico, no obstante sin importar el método, se pueden extraer técnicas, que con variaciones son muy útiles para el proceso de evaluación ambiental. Aunque algunos métodos o técnicas se diseñaron para proyectos concretos y su adaptación al proyecto de interés es difícil, pueden llegar a ser de gran utilidad (Garmendia *et al.*, 2005).

Garmendia *et al.* (2005) resalta los siguientes métodos: a) de identificación de alternativas, b) para ponderar factores, c) para identificar impactos y, d) de evaluación de impactos, como los métodos de mayor interés para la EIA de proyectos nuevos. El método de evaluación de alternativas se ha usado principalmente para localizar el sitio más adecuado para construir un proyecto puntual o lineal como el trazado de una carretera, incluye principalmente el uso de sistemas cartográficos (por ejemplo el Método de Superposición de Transparencias, el Método Mc Harg) y el de sistemas de información geográfica (SIG). Los métodos para ponderar factores, son muy útiles, una vez se haya confeccionado el inventario ambiental, para posteriormente valorar los factores ambientales de manera cuantitativa. Un ejemplo de esto es el método de Delphi, que se utiliza para calibrar las variables que se deben usar para definir cierto indicador ambiental (Garmendia *et al.*, 2005).

Los “métodos para identificar impactos” son muy variados y se usan cuando no se conocen los impactos que pueda producir un proyecto. Entre ellos están las listas de revisión, los cuestionarios del Banco Mundial, diagramas de redes, el Método Sorensen y la matriz de interacción entre factores (Garmendia *et al.*, 2005). El cuarto método recomendado por Garmendia *et al.* (2005) es el de evaluación de impactos, que se usa para asignar un valor a cada impacto y al impacto total de cada opción del proyecto, permitiendo la comparación de alternativas. Entre este tipo de métodos están: Matriz de Leopold, Método Batelle-Columbus, Método Galleta y Análisis Energético Mc Allister. La Matriz de Leopold es uno de los más antiguos y utilizados actualmente. Se basa en una matriz que relaciona acciones del proyecto con los factores ambientales del mismo, identificando la magnitud y la importancia de los potenciales efectos sobre un determinado factor ambiental y el generado para cierta acción del proyecto.

Canter (1998) clasifica las metodologías de evaluación de impacto ambiental en matrices de interacción (causa-efecto) y listas de control. Las matrices interactivas (causa efecto) fueron de las primeras metodologías de EIA que surgieron, un ejemplo es el método de matriz interactiva desarrollada por Leopold *et al.* (1971), denominada la Matriz de Leopold. Otro tipo de matriz interactiva, son las matrices por etapas, utilizada principalmente para analizar los impactos secundarios y terciarios que se originan de las acciones de un proyecto, permitiendo mostrar las consecuencias que sobre otros factores ambientales tienen los cambios primarios que se produzcan sobre los factores ambientales. Jonson y Bell (1975) desarrollaron una matriz de interacciones que era a la vez simple y por etapas, para la identificación de los impactos de la construcción y explotación de proyectos de embalses. Por su parte la metodología denominada “métodos de listas de control” incluye desde listas de factores ambientales hasta sistemas muy elaborados que contemplan la ponderación de importancia para cada factor ambiental y la aplicación de técnicas de escalas para los impactos de cada alternativa de cada factor (Canter, 1998).

Conesa (2013) indica que la mayoría de metodologías hace referencia a impactos ambientales determinados, siendo muy difícil generalizar alguna. Actualmente, la clasificación de los métodos más usuales actualmente para la EIA responde al esquema inicial de Estevan Bolea (1984), ampliado posteriormente por Canter y Sadler (1997). Estos métodos están sistematizados en las siguientes categorías: (Conesa, 2013): a) Matrices causa-efecto (por ej., Leopold, Clark, CNYRPAB, Moore, Bereano, Guías metodológicas del M.O.P.U), Banco Mundial, entre otras), b) Lista de chequeos (por ej., Listas simples, descriptivas, de escala simple y de escala ponderada), c) Sistemas de interacciones o redes (por ej., Sonrensen, redes ampliadas), d) Sistemas cartográficos (por ej., Superposición de transparentes, Mc Harg, Tricart, Falque), e) Análisis de sistemas, f) Métodos basados en indicadores, índices e integración de la evaluación (por ej., Holmes, Universidad de Gergia, Hill-Schechter, Fisher-Davies, Índice Global), g) Métodos cuantitativos (por ej., Batelle-Columbus) y, h) Métodos ad hoc. (por ej. María Teresa Estevan Bolea, Domingo Gómez Orea, Vicente Conesa Fernández –Vitora).

Respecto al uso de matrices causa-efecto, Conesa (2013) señala que son métodos cualitativos preliminares de gran valor para evaluar diferentes alternativas de un mismo proyecto, siendo la más relevante la “Matriz de Leopold” que agrupa los factores ambientales potencialmente afectados en los siguientes tipos: a) Características fisicoquímicas (Tierra, agua, atmósfera y procesos), b) Condiciones biológicas (Flora y Fauna), c) Factores culturales (Usos del territorio, recreativos, estéticos y de interés humano, nivel cultural, servicios e infraestructura) y, d) Relaciones ecológicas (Salinización, eutrofización, vectores de enfermedades, cadenas alimentarias).

La Matriz de Leopold evalúa la importancia y magnitud del impacto ambiental sobre el factor ambiental producto de una serie de acciones que se agrupan en (Conesa (2013): a) Modificación del régimen (por ej., Controles biológicos, alteración de la cubierta terrestre, ruido, vibraciones, alteración de la hidrología, modificación del hábitat, entre otros), b) Transformación del territorio y construcción (por ej., Urbanización, carreteras y caminos, edificaciones, entre otros) y, d) Extracción de recursos (por ej., Perforaciones, estructuras subterráneas, dragados, entre otros).

Barrett y Therivel (1991) indican que sin importar el método que se utilice para la evaluación del impacto ambiental de proyectos, un sistema ideal de evaluación debe: a) aplicarse a todos los proyectos con impactos ambientales previsibles y significativos, b) comparar alternativas de los proyectos propuestos, de sus técnicas y medidas de corrección, c) generar un estudio en el que la importancia y características de los impactos probables sean claras tanto para expertos como lejos en el tema, d) incluir la participación pública y procedimientos administrativos vinculantes de revisión, e) programar satisfactoriamente la toma de decisiones, f) ser obligatorio y finalmente, g) incluir procedimientos de seguimiento y control.

## Metodología

Con el fin de realizar una evaluación ambiental preliminar de 17 de proyectos de construcción en la Universidad Nacional de Costa Rica (UNA) se utilizó una metodología de valoración de impacto ambiental de SETENA, institución estatal encargada de la valoración ambiental de proyectos nuevos y de otorgar la viabilidad ambiental, requisito previo para iniciar con la construcción de las obras.

### Formulario para la evaluación ambiental

La metodología de impacto ambiental consiste de un formulario (método de evaluación ambiental) compuesto de las siguientes secciones: Sección 1: Información general del desarrollador del proyecto y de las características principales de la obra, Sección 2: Evaluación del factor ambiental “consumo-afectación”, Sección 3: Impacto del proyecto en los medios agua, suelo, aire y el factor humano, Sección 4: Valoración ambiental de otros riesgos, Sección 5: Criterios de ponderación, Sección 6: Matriz de efectos acumulativos y sinérgicos, Sección 7: Obtención del valor de impacto ambiental del proyecto y, Sección 8: Ficha de descripción del proyecto. El cuadro 1 contiene un resumen de los factores, componentes y subcomponentes ambientales que son evaluados en las secciones 2, 3 y 4, que permiten obtener el valor de impacto ambiental (sección 6), una vez revisados los criterios de ponderación (Sección 5).

### Inclusión de la información.

El formulario ambiental se completó de forma digital, lo cual permite que las valoraciones y ecuaciones se ejecuten de forma automática. Antes de la inclusión de los valores, se consultaron los respectivos datos con los responsables del diseño arquitectónico, mecánico y eléctrico de cada proyecto, además de analizarse los respectivos estudios: de capacidad de los suelos, biológicos, arqueológicos, hidrológicos, hidrogeológicos, geológicos, de registro fotográficos, de hojas cartográficas y sobre la descripción general de cada construcción

### Valoración de los subcomponentes ambientales – Subcomponente ambiental significativo (SAS).

Para cada subcomponente ambiental (cuadro 1) se obtuvo un valor de “X” en virtud de los casos definidos (opciones de respuesta) en el formulario y del marco jurídico preestablecido en él. Cada valor asignado a “X” se escogió considerando el mayor consumo o efecto a generar por cada proyecto, independientemente de que se presente en la etapa de construcción o de operación (uso de los edificios) del mismo. El valor “X” representa el “valor de significancia de impacto ambiental preliminar” para cada subcomponente ambiental evaluado, cuando este dato de la casilla “X” es de 6 puntos o más, se considera que el impacto ambiental es significativo (SAS).

### Valoración de los componentes ambientales (CA).

Se procedió a sumar (automáticamente en el formulario) el valor “X” obtenido para cada subcomponente ambiental, obteniéndose así una “valoración por efecto”, lo cual corresponde al valor de significancia ambiental de cada componente ambiental (compuesto por uno o más subcomponentes ambientales, ver cuadro 1).

**Cuadro 1.** Factores, componentes y subcomponentes ambientales evaluados para cada proyecto.

Factor ambiental (FA)	Componente ambiental (CA)	Subcomponentes ambientales (SAS)
Consumo-Afectación	Agua	Acueducto público existente, agua superficial, agua subterránea
	Suelo	Modificación del uso
	Energía	Autoabastecimiento biocombustible, Autoabastecimiento combustible fósil abastecimiento externo
	Biotopos	Fauna, flora
Impacto en aire y agua	Aire	Emisiones de fuentes fijas, emisiones de fuentes móviles, emisiones de radiaciones ionizantes, generación de gases, ruido y vibraciones
	Agua	Agua de escorrentía superficial, aguas residuales ordinarias, aguas residuales de tipo especial
Impacto en el suelo	Suelo	Residuos sólidos ordinarios, residuos sólidos especiales, escombros, residuos peligrosos químicos, residuos radiactivos, residuos biológicos, movimiento de tierra, afectación de pendiente, densidad de la población, densidad de construcción
Impacto humano	Social	Generación de empleo, movilización/reubicación/traslado de personas
	Cultural	Paisaje, patrimonio
	Vialidad	Tráfico
Otros riesgos	Otros riesgos	Manejo de combustible fósil, manejo de agroquímicos, manejo de sustancias peligrosas, manejo de material radiactivo, manejo de biorriesgos
Total= 5 FA	Total= 11 CA	TOTAL= 37 SAS

#### Valoración de la significancia de impacto ambiental preliminar (SIA-P) del proyecto.

La sumatoria de la “valoración por efecto” de cada componente ambiental permitió obtener de forma automática el valor de significancia de impacto ambiental preliminar (SIA-P) de cada proyecto.

#### Ponderación del valor de significancia de impacto ambiental preliminar (SIA-P) del proyecto.

El valor de significancia de impacto ambiental preliminar del proyecto se ajustó en función de la existencia o no de regulaciones específicas aplicables a la operación del proyecto y de la adherencia, voluntaria o no, por parte del desarrollador del proyecto a una guía o norma ambiental de construcción. Una vez ponderado el SIA-P se obtuvo el valor de significancia de impacto ambiental ponderado del proyecto (SIA-Pond)

#### Valoración de la significancia de impacto ambiental final (SIA-F) del proyecto.



El valor SIA-Pond se ajustó en función de la ubicación geográfica del proyecto considerando lo siguiente: si se localiza en una zona con plan regulador ambiental autorizado por el ente ambiental estatal o en proceso de autorización, y si se localiza en un área ambientalmente frágil según lo establece el Estado costarricense. Una vez ajustado el SIA-Pond se obtuvo el valor de significancia de impacto ambiental final del proyecto (SIA-F).

## Proyectos

Los 17 proyectos considerados son: Proyecto 1: Edificio de residencias estudiantiles-área total de 900 m<sup>2</sup>, Proyecto 2: Edificio de residencias estudiantiles-área total de 2275 m<sup>2</sup>, Proyecto 3: Canchas deportivas y recreativas-área total de 500 m<sup>2</sup>, Proyecto 4: Canchas deportivas y recreativas- área total de 950 m<sup>2</sup>, Proyecto 5: Edificio de residencias estudiantiles-área total de 1250 m<sup>2</sup>, Proyecto 6: Canchas deportivas y recreativas-área total de 950 m<sup>2</sup>, Proyecto 7: Edificio de residencias estudiantiles-área total de 2700 m<sup>2</sup>, Proyecto 8: Edificio de oficina y aulas-área total de 500 m<sup>2</sup>, Proyecto 9: Edificio de oficinas, aulas y salones-área total de 2000 m<sup>2</sup>, Proyecto 10: Edificio de oficinas, aulas, salones y laboratorios de acondicionamiento físico-área total de 1810 m<sup>2</sup>, Proyecto 11: Edificio de oficina, aulas, salones, bodegas, laboratorios de química y biología-área total de 5700 m<sup>2</sup>, Proyecto 12: Edificio de oficinas, aulas y laboratorios de física medica-área total de 900 m<sup>2</sup> Proyecto 13: Remodelación de un edificio de 800 m<sup>2</sup> Proyecto 14: Edificio de varias obras deportivas (natación, voleibol, futbol-área total de 4000 m<sup>2</sup> Proyecto 15: Edificio de oficinas, aulas, laboratorios de enseñanza- área total de 380 m<sup>2</sup> Proyecto 16: Edificio de oficina, aulas, salones, miniauditorio-área total de 3485 m<sup>2</sup> y Proyecto 17: Edificio de oficinas, aulas y laboratorio de arte escénico-área total de 2750 m<sup>2</sup>

## Resultados y discusión

### Ubicación de proyectos

La figura 1 muestra la ubicación geográfica de los 17 proyectos. Estos implican construcciones en las provincias de Guanacaste (proyectos 4 y 5 en el cantón de Liberia y proyectos 6 y 7 en el cantón de Nicoya), San José (cantón de Pérez Zeledón) (proyecto 2), Puntarenas (cantón de Corredores) (proyecto 3), y Heredia con 11 once proyectos (de los cuales el identificado con el número 1 se ubica en el cantón de Sarapiquí, los numerados del 8, 9 y 10 se localizan en el distrito de Ulloa y los proyectos del 11 al 17 en el distrito y cantón central de Heredia).

### Subcomponentes ambientales significativos (SAS).

La figura 2 muestra en su parte superior la cantidad de SAS para cada proyecto, esto es, aquellos valores iguales o mayores a 6 puntos. La parte inferior de la figura detalla el valor porcentual obtenido por proyecto, considerando que la cantidad de subcomponentes ambientales evaluados es de 31. Los proyectos presentan una cantidad de SAS que oscila un rango de 8-17, siendo la cantidad de 12 SAS la que más se repite, que corresponde a los proyectos 1, 2, 5 y 13, lo cual indica que para cada uno de ellos únicamente el 32% de todos los subcomponentes ambientales evaluados son significativos (SAS). Los proyectos con menor porcentaje (22%) de SAS son los proyectos identificados como 3, 4 y 16 que corresponden a una construcción de canchas deportivas con graderías y techo (para un área total de 500 m<sup>2</sup>), una construcción de obras deportivas con un área de 950 m<sup>2</sup> en el cantón de Liberia y la construcción de un edificio de oficina, aulas, salones, miniauditorio, para una área total de 3485 m<sup>2</sup>, respectivamente.

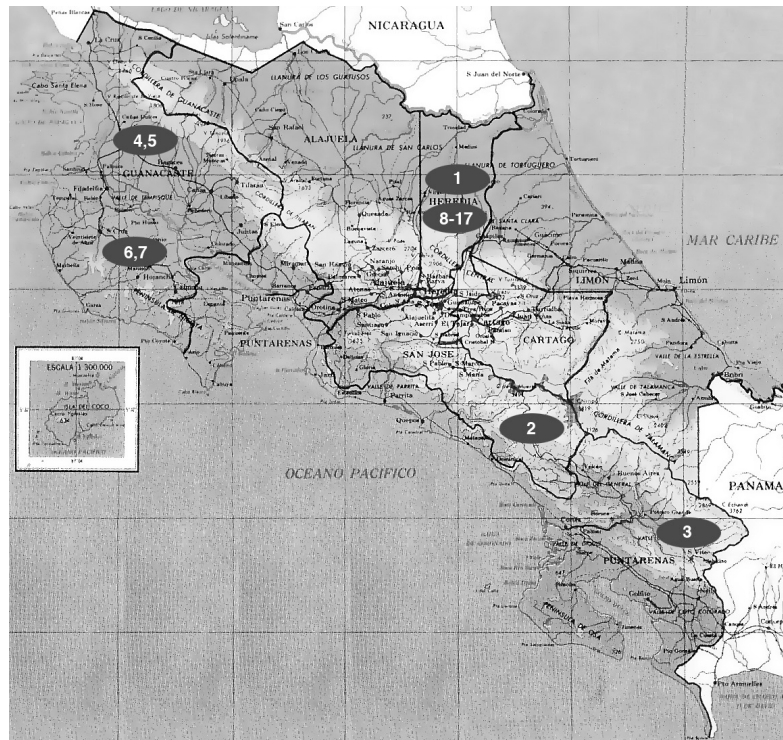


Figura 1. Ubicación geográfica de proyectos.

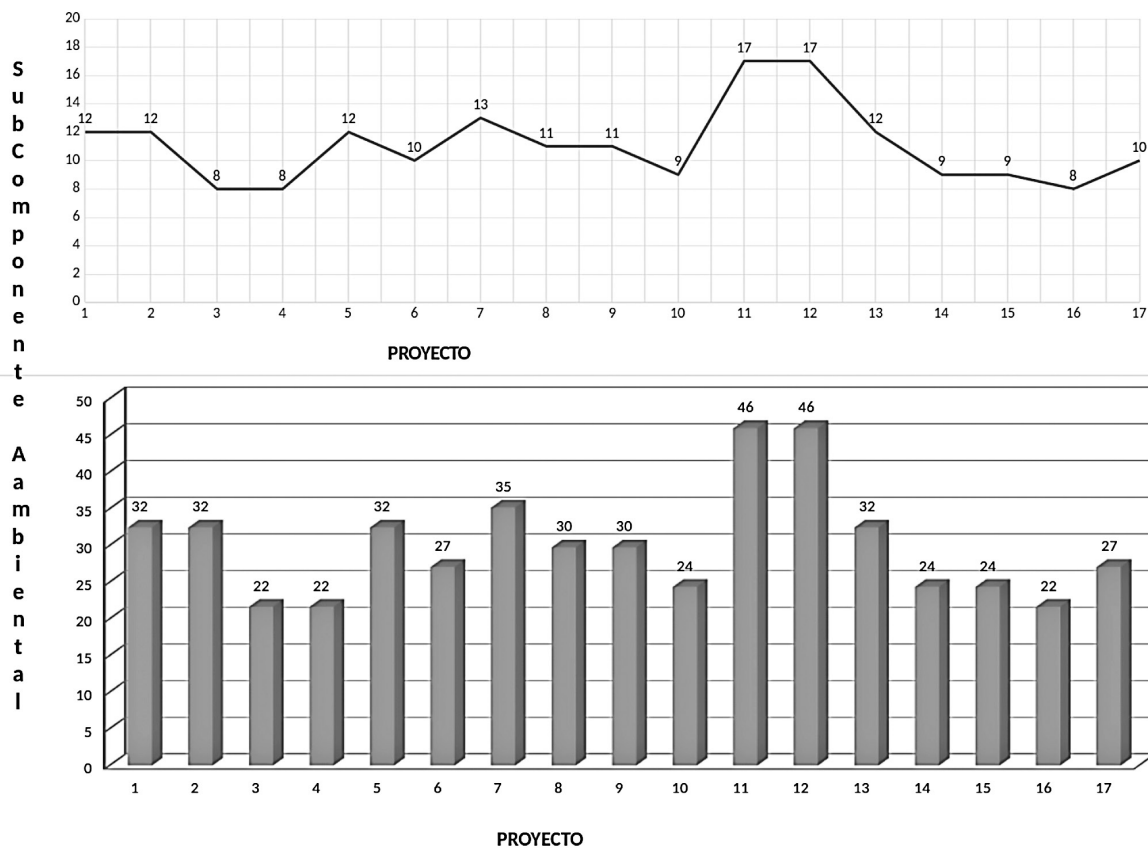


Figura 2. Cantidad y porcentaje de subcomponentes ambientales de cada proyecto.



Los proyectos identificados como 11 y 12 son los que mayor cantidad de SAS presentan, ya que 17 de los 31 aspectos ambientales (SAS) evaluados obtuvieron valores iguales o mayores a 6. Estos son los únicos proyectos que en condiciones de operación utilizan como insumos productos químicos, y además generan corrientes de residuos de carácter peligroso, tanto en forma de emisiones gaseosas como en forma de vertidos de aguas residuales especiales. No obstante estos proyectos difieren notablemente en los m<sup>2</sup> de construcción, 900 m<sup>2</sup> (ver figura 4).

### Valores de significancia del impacto ambiental

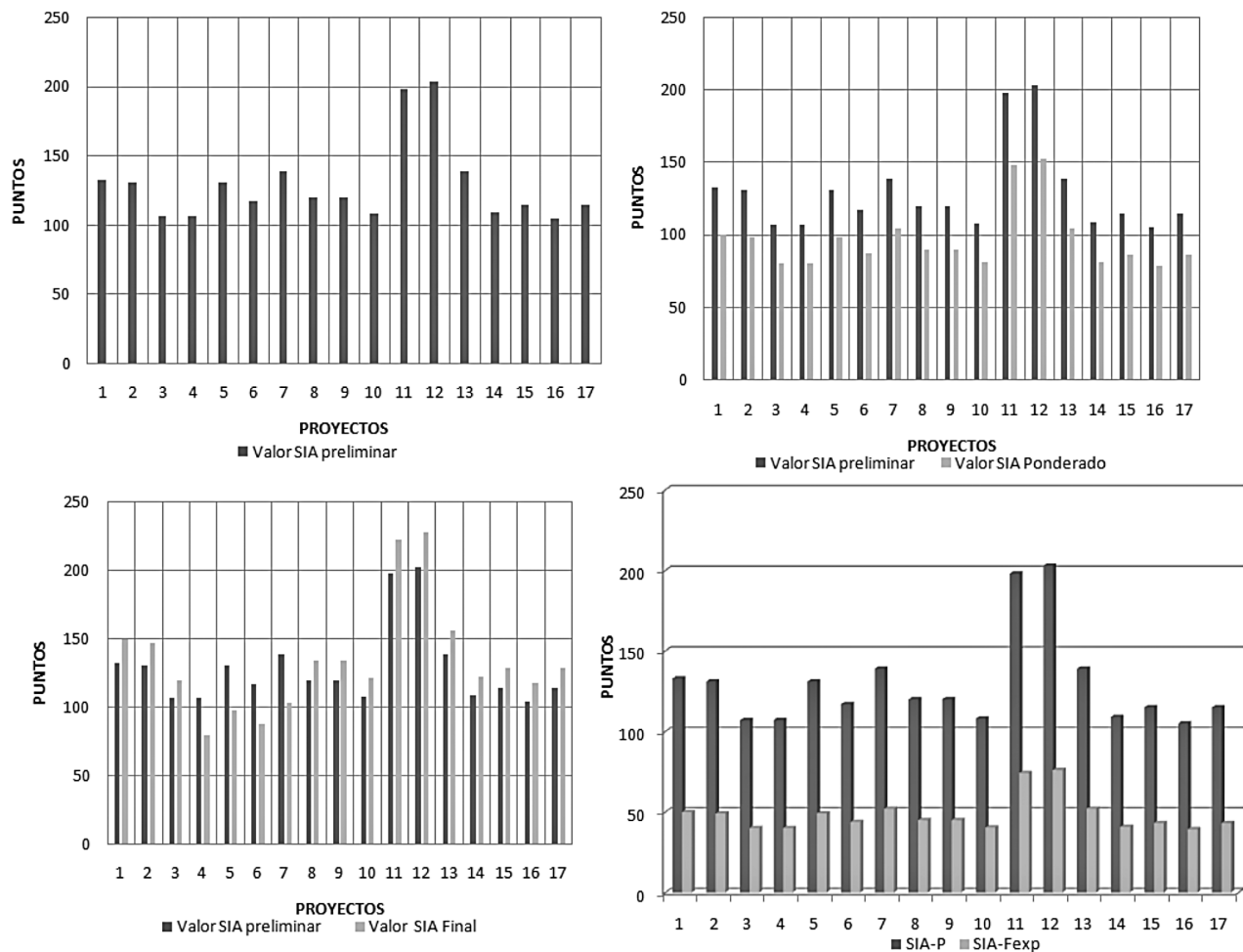
La figura 3 detalla los resultados obtenidos de los valores de significancia ambiental para cada proyecto. La parte superior derecha contiene el resultado del valor de significancia ambiental preliminar (SIA-P), valor que es el producto de la sumatoria de cada uno de los componentes ambientales (ver cuadro 1). Un total de 15 de los 17 proyectos evaluados, presentan valores de SIA-P superiores a 100 puntos pero menores a 150 puntos. Solamente dos proyectos contienen un valor arriba de los 150 puntos, que son el 11 y 12, siendo además los que presentan mayor cantidad de subcomponentes ambientales significativos.

La parte superior izquierda de la figura 3 incluye el valor de la SIA-P una vez que ha sido ajustado según los criterios de ponderación incluidos en el método de evaluación ambiental. En caso de que un proyecto sea regulado por un marco normativo específico, el valor de significancia de ambiental ponderado (SIA-Ponderado) siempre va a hacer mayor que SIA-P. De los 17 proyectos evaluados ninguno es regulado durante su operación por un reglamento específico, lo que implica que no requiere de un control y seguimiento particular producto de sus impactos ambientales generados. No obstante la disminución del valor SIA-P obedece a la adherencia por parte del desarrollador del proyecto a una norma ambiental durante la etapa de construcción.

En parte inferior derecha de la figura 3, se hace una comparación entre el valor de SIA-P y el valor de significancia de impacto ambiental final (SIA-F), una vez ajustado el valor SIA-Pon del proyecto según su ubicación geográfica, basándose en: a) si el proyecto se ubica en un área ambientalmente frágil (AAF), que por definición es un espacio geográfico que en función de sus condiciones de geopotencialidad, capacidad de uso del suelo, de ecosistemas que lo conforman y su particularidad sociocultural; presenta una capacidad de carga restringida y con algunas limitantes técnicas que deberán ser consideradas para su uso en actividades humanas; y b-) si se contempla desarrollar el proyecto en una localización geográfica donde existan un plan regulador de ordenamiento del uso del suelo (PR), es decir un instrumento de planificación local que defina en un conjunto de planos, mapas, reglamentos, gráficos o suplementos, la política de desarrollo y los planes para distribución de la población, usos de la tierra, vías de circulación, servicios públicos, facilidades comunales y construcción, conservación y rehabilitación de áreas urbanas.

La ponderación del valor SIA-P de un proyecto puede hacer que su valor aumente o disminuya, por ejemplo su valor de impacto ambiental puede aumentar en caso de que el proyecto se localice en un AAF y disminuir en valor en caso de que la zona del proyecto cuente con un PR. En el caso de las 17 obras evaluadas ninguna se localizan en una AAF, no obstante ningún proyecto a desarrollar se ubica en zonas territoriales con planificación local de uso del suelo (PR) aprobada por el Estado costarricense.

Estas condiciones de ponderación hacen que la mayoría de los proyectos (figura 3) aumente su valor de SIA-F. Los proyectos del 4 a 7 se ubican en zonas geográficas con PR en proceso de revisión estatal, haciendo que su valor SIA-P disminuya respecto a su valor de SIA-final (ver parte inferior derecha de la figura 3). No obstante según se observa en la figura 3, no existe mayor diferencia entre el valor de SIA-P y el valor de SIA-F. En la mayoría de los proyectos ambos valores se mantienen en un rango de entre 100 y 150 puntos.



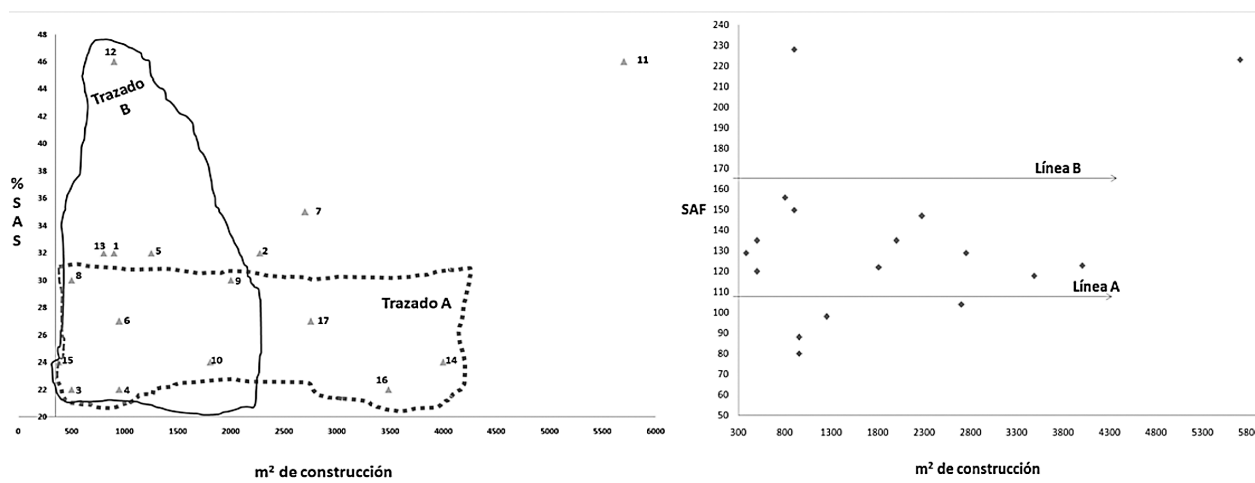
**Figura 3.** Valores de significancia ambiental preliminar, ponderado y final de cada proyecto.

La parte inferior derecha de la figura 3 propone un escenario experimental en el que todos los proyectos se construirían en zonas con plan regulador. Tal y como se observa el valor de significancia del impacto ambiental experimental (SIA-Fexp) disminuye notablemente para todos los proyectos respecto a su valor de SIA-P. Con este supuesto escenario experimental 15 de los 17 proyectos tendrían valores menores a 50 puntos, solamente los proyectos 11 y 12 superarían los 50 puntos SIA-F. Sin embargo, según los datos de SIA-Fexp ningún proyecto estaría por encima de los 80 puntos. Los proyectos 11 y 12 son los de mayor significancia ambiental preliminar y pasarían a un valor de significancia de impacto ambiental final de 198 a 74 puntos y de 203 a 76 puntos respectivamente, en caso de que se desarrollaran en cantones con plan regulador de uso del suelo, debidamente aprobado por SETENA

### Relación del tamaño de las construcciones con su valor de significancia ambiental y su valor porcentual de subcomponentes ambientales significativos

La figura 4 muestra (en el "trazado B") que la mayoría de los proyectos de construcción oscilan en un rango de entre 500 a 2000 m<sup>2</sup>, y que según el "trazado A", más del 50% de ellos contiene un porcentaje de SAS entre 20% y 30%. La parte derecha de la figura 4 indica que una mayor cantidad (65%) de proyectos contienen valores de SAF en un rango de 110 y 170 puntos (los ubicados entre la "Línea A" y "Línea B") independientemente, de los m<sup>2</sup> de construcción. Por lo

tanto y según se detalla en la figura 4, no existe una relación directamente proporcional respecto a los m<sup>2</sup> de construcción con su porcentaje de SAS y con su valor SAF. Tal y como se observa en el “trazado B”, 11 de los 17 proyectos a construir presentan un área de construcción con un rango de 500 a 2000 m<sup>2</sup>, no obstante el porcentaje de SAS de cada uno de ellos no aumenta en función de la mayor área de construcción; por ejemplo proyectos con los mismos o muy similares metros de construcción presentan valores diferentes de porcentajes de SAS. Según el gráfico 4, los proyectos con o cercanos a los 1000 m<sup>2</sup> (4, 6, 1 y 12) presentan un valor porcentual de SAS de; 22, 27, 32 y 17, respectivamente. Otro ejemplo de la no correlación exponencial entre los m<sup>2</sup> y el porcentaje de SAS, así como de los m<sup>2</sup> y el valor SAF, es el de los proyectos 11 y 12, ya que ambos presentan el mismo valor porcentual de SAS (46%), aunque los metros cuadrados de construcción son 5700 y 900, respectivamente.



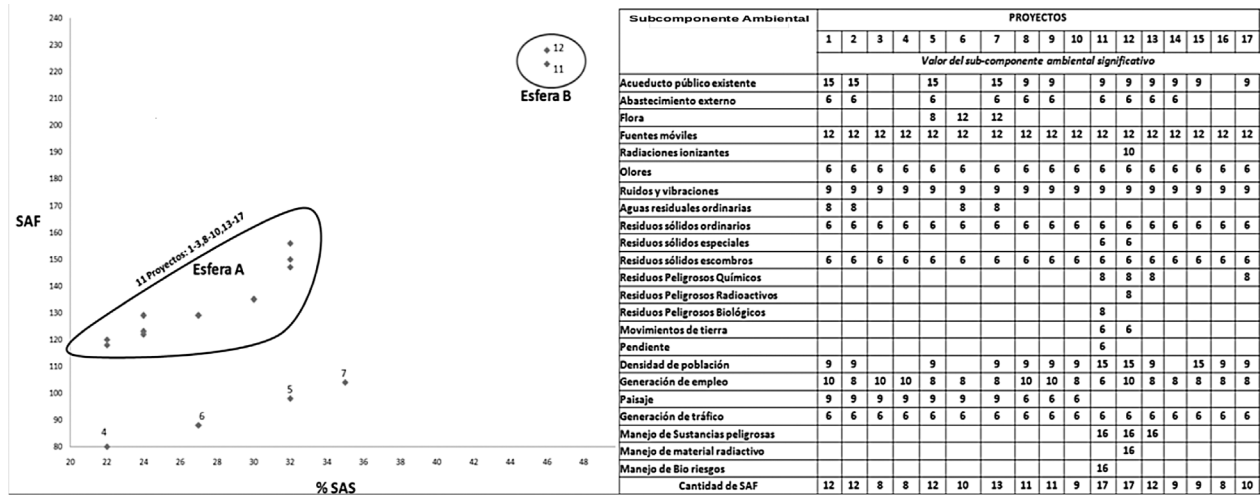
**Figura 4.** Relación de los m<sup>2</sup> de construcción respecto al porcentaje de los subcomponentes ambientales significativos (SAS) y valor de significancia ambiental final (SAF).

### Relación del porcentaje de subcomponentes ambientales significativos de cada proyecto con su valor de significancia de impacto ambiental final (SAF)

La figura 5 muestra que 13 de los 17 proyectos evaluados tienen un valor de SAF mayor a 110 puntos; los señalados en la “esfera B” son los que presentan el mayor porcentaje de SAS y también el mayor valor de SAF. No obstante, este patrón no se mantiene en el resto de los proyectos, por ejemplo, el número 7 tiene mayor porcentaje de subcomponentes ambientales que los incluidos en la “esfera A”, pero su valor SAF es menor. Por lo tanto, no existe una relación directamente proporcional entre el número de SAS y el valor de SAF de cada proyecto. Tal como y se detalla al lado derecho de la figura 5, existen proyectos con igual cantidad de aspectos ambientales significativos, no obstante, según lo discutido ampliamente, sus valores de significancia ambiental preliminar o final difieren o no mantienen un patrón común. Se incluye en la figura 5 el detalle del valor obtenido para cada SAF de cada proyecto, omitiéndose los valores para los otros subcomponentes menores a 6.

Según se observa, los valores significativos obtenidos para todos los proyectos oscilan en un rango de 6 a 16 puntos, esto implica que el valor de significancia de impacto ambiental de un proyecto depende fundamentalmente del valor individual de cada aspecto significativo. Por ende, aunque un proyecto tenga un alto porcentaje de SAF, eso no implica que su valor de SIA sea mayor respecto a otro proyecto con menor porcentaje de SAF. Es necesario analizar cada

caso en particular, con el fin de determinar y evaluar el valor de cada subcomponente ambiental significativo y no significativo, cuya sumatoria genera el valor de significancia del impacto ambiental preliminar de cada proyecto.



**Figura 5.** Relación entre el porcentaje de subcomponentes ambientales significativos (SAS) y el valor de significancia ambiental final (SAF).

### Conclusiones

La metodología de impacto ambiental utilizada para la evaluación de los 17 proyectos se basa principalmente en los métodos citados por Garmendia et al. (2005) y Canter (1998), particularmente la matriz desarrollada por Leopold et al. (1971) o Matriz de Leopold. La metodología que se usó se fundamenta en una matriz que relaciona las acciones del proyecto, tanto en su etapa constructiva como operativa, con una serie factores ambientales y sus correspondientes aspectos y subcomponentes ambientales, identificando además la magnitud y la importancia de los potenciales efectos sobre un determinado factor ambiental. El valor final de significancia del impacto ambiental de cada proyecto se obtiene como resultado de la magnitud de cada factor ambiental.

De los 31 subcomponentes ambientales que conforman el método de evaluación ambiental, un total de 23 (sin considerar un proyecto específico) fueron considerados significativos (valor "X" igual o mayor a 6 puntos).

La menor cantidad de SAS para un determinado proyecto fue de 8, mientras que el mayor número de SAS fue de 17. Para 15 de los 17 proyectos evaluados, el porcentaje de subcomponentes ambientales significativos está en el rango de 22% a 35%. Solo dos proyectos presentaron valores superiores a 35%. Los proyectos 3, 4 y 16 son los que contienen menor cantidad (8) de SAF, mientras que el 11 y el 12 presentan la mayor cantidad de subcomponentes ambientales, un total de 17 cada uno.

Todos los proyectos evaluados superan los 100 puntos en cuanto a su valor de significancia de impacto ambiental preliminar; 15 de los 17 no superan los 150 puntos. El 100% de los proyectos disminuye su valor de SIA-P una vez que este valor es ponderado en función de la adherencia y cumplimiento de una guía ambiental durante su construcción, no obstante, esta variación (valor SIA-Pond) es solo del 25% respecto al valor inicial SIA-P, no siendo suficientemente significativa para disminuir el impacto ambiental global de cada proyecto.

Los proyectos del 4 al 7 son los únicos localizados en áreas geográficas que cuentan con un plan regulador territorial en proceso de análisis ante el ente ambiental estatal, por lo tanto, su valor de significancia de impacto ambiental final disminuye respecto a su valor de significancia ambiental preliminar. Para el resto de los proyectos, el valor de SIA-P es menor que su valor de SIA-F.

En el supuesto caso de que los proyectos se desarrollen en sitios con PR, su valor de SIAF disminuiría en 65% respecto a su valor SIA-P, permitiendo concluir que uno de los factores de mayor importancia para disminuir el impacto ambiental de los proyectos es su desarrollo en sitios que cuenten con una planificación de uso de suelo aprobada.

No existe una relación directamente proporcional entre los m<sup>2</sup> de construcción de los proyectos y su cantidad de subcomponentes ambientales significativos. Proyectos con similares m<sup>2</sup> presentan variación en cuanto a su porcentaje de SAS; de igual forma, aquellos que presentan diferencias marcadas en cuanto a su tamaño contienen similar o la misma cantidad de subcomponentes ambientales significativos. Un patrón similar se concluye al comparar la relación entre la cantidad de SAS y el valor de SIA-F de cada proyecto, no existiendo tampoco una relación directamente proporcional entre estos factores. Existen proyectos que contienen el mismo porcentaje de SAS, no obstante, su valor de SIA-F presenta una variación importante; de igual forma, proyectos con valores distantes de porcentaje de SAS comparten similitud en cuanto a su valor de SIA-F.

Se recomienda analizar el impacto ambiental de los proyectos, específicamente su valor de significancia ambiental final en función del valor individual ("X") de todos los subcomponentes ambientales tanto significativos como no significativos, y determinar el aporte sustancial de aspectos como consumo de agua, consumo de energía, movimiento de tierra, manejo de residuos y emisiones, afectación a flora, fauna y paisaje, ruido y vibraciones, entre otros, con el fin de identificar la relación que existe entre el aspecto ambiental y su afectación para el desarrollo del proyecto. Esto permitirá al desarrollador no solamente identificar proyectos con mayor impacto ambiental, sino que además permitirá la definición de medidas ambientales de; prevención, minimización, corrección, mitigación y/o compensación para aquellos subcomponentes ambientales que tienen un mayor impacto negativo, y cuyo valor de afectación está directamente vinculado al valor de significancia ambiental final de cada proyecto.

## Bibliografía

- Arribas de Paz, R. & Rodríguez G., C.A. (2004). *Estudios de evaluación de impacto ambiental: Situación actual*. España: Universidad de Huelva.
- Barrett, B.F.T. & Therivel, R. (1991). *Environmental policy and impact assessment in Japan*. London: Routledge.
- Battelle Columbus Laboratory. (1972). *Environmental Evaluation System for Water Resource Planning*. US: Springfield.
- Block, M. (2000). *Identificación de aspectos e impactos medioambientales*. España: AENOR.
- Burcazo, M. (2014). *Evaluación del impacto ambiental: Ley 21-2013, de 9 de diciembre, de evaluación de impacto ambiental*. Madrid: Dykinson.
- Canter, L.W. (1986). *Environmental Impact of Water Resources Projects*. US: Lewis Publishers Inc.
- Canter, L.W. (1998). Arribas de Paz, R. & Rodríguez G., C.A. (2004). *Estudios de evaluación de impacto ambiental: Situación actual*. España: Universidad de Huelva.
- Barrett, B.F.T. & Therivel, R. (1991). *Environmental policy and impact assessment in Japan*. London: Routledge.
- Battelle Columbus Laboratory. (1972). *Environmental Evaluation System for Water Resource Planning*. US: Springfield.
- Block, M. (2000). *Identificación de aspectos e impactos medioambientales*. España: AENOR.
- Burcazo, M. (2014). *Evaluación del impacto ambiental: Ley 21-2013, de 9 de diciembre, de evaluación de impacto ambiental*. Madrid: Dykinson.



- Canter, L.W. (1986). *Environmental Impact of Water Resources Projects*. US: Lewis Publishers Inc.
- Canter, L.W. (1998). *Manual de Evaluación de Impacto Ambiental: Técnicas para la elaboración de los estudios de impacto ambiental*. España: McGraw-Hill/Interamericana de España, S.L.
- Canter, L. & Sadler, B. (1997). *A toolkit 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*. International Association for Impact Assessment (IAIA). Obtenido de <http://www.iaia.org/publicdocuments/EIA/SRPEASEIS01.pdf>
- Carreto, A. (2002). *Aspectos medioambientales: Identificación y evaluación*. España: AENOR.
- Casermeiro Martínez, M.A. (2007). *Evaluación de impacto ambiental en España: Nuevas perspectivas*. Madrid: Asociación Española de Evaluación de Impacto Ambiental.
- Conesa Fernández-Victoria, V. (2013). *Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental*. España: Ediciones Mundi-Prensa.
- Ebel, A. & Davitašvili, T. (2007). *Air, water and soil quality modelling for risk and impact assessment*. Dordrecht: Springer.
- Estevan Bolea, M.T. (1984.) *Evaluación de impacto ambiental*. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.
- García, M. (2012). *Evaluación de impacto ambiental*. Bogotá: Universidad Externado de Colombia.
- Garmendia, A., Salvador, A., Crespo, C. & Garmendia, L. (2005). *Evaluación de Impacto Ambiental*. Madrid: Pearson Educación, S.A.
- Johnson, F.L. & Bell, D.T. (1975). *Guidelines for the identification of potential environmental impacts in the construction and operation of a reservoir*. US: Department of Forestry, University of Illinois.
- Riera, P. (2000). *Evaluación de impacto ambiental*. Barcelona: Rubes.
- SETENA (Secretaría Técnica Nacional Ambiental). (2016). *Formulario D-1 de evaluación ambiental*. Obtenido de <http://www.setena.go.cr/formularios.html>
- SETENA (Secretaría Técnica Nacional Ambiental). (2016). *Reglamento General sobre los Procedimientos de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA)*. Obtenido de [http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm\\_texto\\_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=53029&nValor3=93264&strTipM=TC](http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=53029&nValor3=93264&strTipM=TC) OJO: como tienen el mismo año de publicación, debe ponerse a y b aquí y en el texto para diferenciarlos.
- Manual de Evaluación de Impacto Ambiental: Técnicas para la elaboración de los estudios de impacto ambiental*. España: McGraw-Hill/Interamericana de España, S.L.
- Canter, L. & Sadler, B. (1997). *A toolkit 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*. International Association for Impact Assessment (IAIA). Obtenido de <http://www.iaia.org/publicdocuments/EIA/SRPEASEIS01.pdf>
- Carreto, A. (2002). *Aspectos medioambientales: Identificación y evaluación*. España: AENOR.
- Casermeiro Martínez, M.A. (2007). *Evaluación de impacto ambiental en España: Nuevas perspectivas*. Madrid: Asociación Española de Evaluación de Impacto Ambiental.
- Conesa Fernández-Victoria, V. (2013). *Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental*. España: Ediciones Mundi-Prensa.
- Ebel, A. & Davitašvili, T. (2007). *Air, water and soil quality modelling for risk and impact assessment*. Dordrecht: Springer.
- Estevan Bolea, M.T. (1984.) *Evaluación de impacto ambiental*. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.
- García, M. (2012). *Evaluación de impacto ambiental*. Bogotá: Universidad Externado de Colombia.
- Garmendia, A., Salvador, A., Crespo, C. & Garmendia, L. (2005). *Evaluación de Impacto Ambiental*. Madrid: Pearson Educación, S.A.
- Johnson, F.L. & Bell, D.T. (1975). *Guidelines for the identification of potential environmental impacts in the construction and operation of a reservoir*. US: Department of Forestry, University of Illinois.
- Riera, P. (2000). *Evaluación de impacto ambiental*. Barcelona: Rubes.
- SETENA (Secretaría Técnica Nacional Ambiental). (2016A). *Formulario D-1 de evaluación ambiental*. Obtenido de <http://www.setena.go.cr/formularios.html>
- SETENA (Secretaría Técnica Nacional Ambiental). (2016B). *Reglamento General sobre los Procedimientos de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA)*. Obtenido de [http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm\\_texto\\_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=53029&nValor3=93264&strTipM=TC](http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=53029&nValor3=93264&strTipM=TC)