

**ESTADO DEL ARTE DE LAS METODOLOGÍAS PARA LA EVALUACIÓN  
AMBIENTAL EN PROYECTOS DE INVERSIÓN**

**CAROLINA GONZÁLEZ GUARIN**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECÁNICAS  
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES  
INGENIERÍA INDUSTRIAL  
BUCARAMANGA  
2015**

**ESTADO DEL ARTE DE LAS METODOLOGÍAS PARA LA EVALUACIÓN  
AMBIENTAL EN PROYECTOS DE INVERSIÓN**

**CAROLINA GONZÁLEZ GUARIN**

**Proyecto de grado presentado como requisito para optar el título de  
Ingeniera industrial**

**Director:**

**Orlando Enrique Contreras Pacheco**

**Ingeniero Industrial**

**Magíster en Administración**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECAÑICAS  
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES  
INGENIERÍA INDUSTRIAL  
BUCARAMANGA**

**2015**

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, por darme salud, fuerza y llenar mi vida de personas maravillosas.

A mi mamá Luz Helena Guarín, por ser mi apoyo incondicional y mi ejemplo a seguir, éste logro es para ella.

A mi director, Orlando Contreras Pacheco por ser una persona que me ayudó y me guió en el desarrollo de mi carrera y el éxito del presente trabajo.

A Diana Marín por ser mi amiga y compañera en momentos alegres y de estudio.

A mi papá, Daniel González, mis tíos, Aleja, Alonso y Arturo, y a toda mi familia.

A todos mis amigos, de los cuales aprendí muchas cosas y con los que viví momentos inolvidables.

## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
INTRODUCCIÓN	14
TABLA DE CUMPLIMIENTO DE OBJETIVOS	17
1. GENERALIDADES DEL PROYECTO	18
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	18
1.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	19
1.3. OBJETIVOS DEL PROYECTO	20
1.3.1 Objetivo General	20
1.3.2 Objetivos Específicos	20
1.4. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN	21
2. IDENTIFICACIÓN DE LA NECESIDAD DE UNA REVISIÓN	23
2.1. PREPARACIÓN DE UNA PROPUESTA PARA UNA REVISIÓN	23
2.2. PROTOCOLO DE LA INVESTIGACIÓN	24
2.2.1. Criterios de calidad	25
3. EJECUCIÓN DE LA REVISIÓN.	27
3.1. IDENTIFICACIÓN DE ESTUDIOS	27
3.2. SELECCIÓN DE ESTUDIOS	27
3.3. EVALUACIÓN DE CALIDAD DE LOS ESTUDIOS	28
3.4. EXTRACCIÓN DE DATOS Y LA VIGILANCIA DE LOS PROGRESOS.	29
3.5. SÍNTESIS DE LOS DATOS	29
4. REPORTE Y DISEMINACIÓN DE LOS RESULTADOS	30
4.1. ANÁLISIS BIBLIOMÉTRICO	30

5. REVISIÓN DE LA LITERATURA	36
5.1. SOSTENIBILIDAD	36
5.2. HISTORIA Y ANTECEDENTES DE LA EVALUACIÓN AMBIENTAL	38
5.3. ÁMBITO LEGAL DE LA EVALUACIÓN AMBIENTAL	40
5.4. METODOLOGÍAS PARA LA EVALUACIÓN AMBIENTAL EN PROYECTOS DE INVERSIÓN.	41
5.4.1. Evaluación de riesgo ambiental y ecológico	43
5.4.2. Evaluación de impacto	45
5.4.3. Evaluación de impacto ambiental	46
5.4.4. Evaluación ambiental estratégica	53
5.4.5. Evaluación del ciclo de vida	58
5.4.5.1. Evaluación de Impacto del Ciclo de Vida	66
5.4.6. Evaluaciones ambientales sectoriales	67
5.4.6.1. Evaluación Ambiental En Proyectos Hídricos	67
5.4.6.2. Evaluación Ambiental En Proyectos Industriales	70
5.4.6.3. Evaluación Ambiental En Proyectos De Construcción	71
5.4.6.4. Evaluación Ambiental En Proyectos De Energía	75
5.4.6.5. Evaluación Ambiental En Proyectos De Transporte	76
5.5. LIMITACIONES DE LA EVALUACIÓN AMBIENTAL	77
5.6. TABLA DE METODOLOGÍAS PARA LA EVALUACIÓN AMBIENTAL EN PROYECTOS DE INVERSIÓN.	81
6. CONCLUSIONES	86
7. RECOMENDACIONES	90
BIBLIOGRAFÍA	91
ANEXOS	110

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1: Etapas de una Revisión Sistemática	22
Figura 2. Ecuación de Búsqueda	25
Figura 3. Proceso de Selección de Artículos para Revisión Sistemática.	29
Figura 4. Producción de Artículos por Años de Publicación.	31
Figura 5. Aduna de las Palabras Claves.	34
Figura 6. Estructura de las Metodologías de Evaluación Ambiental en Proyectos de Inversión.	43
Figura 7. Estructura de la Metodología de Evaluación Ambiental de Yu et al.	65
Figura 8. Metodología de Evaluación Ambiental de Yilmaz et al.	69

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Criterios de Inclusión y Exclusión .....	25
Tabla 2. Países con Mayor Número de Publicaciones. ....	31
Tabla 3. Autores Principales.....	32
Tabla 4. Instituciones con Mayor Número de Artículos Publicados.....	33
Tabla 5. Revistas con Mayor Número de Publicaciones .....	33
Tabla 6. Principales Métodos de Evaluación Ambiental. ....	50
Tabla 7. Comparación Entre Los Métodos EF, EME, GNVA, FI.....	63
Tabla 8. Metodologías para la Evaluación Ambiental en Proyectos de Inversión. 81	

## LISTA DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
ANEXO A. ARTÍCULO PUBLICABLE	110

## LISTA DE ABREVIATURAS

<b>Abreviatura</b>	<b>Significado</b>
EA	Evaluación Ambiental
ERA	Evaluación de Riesgo Ambiental
ERE	Evaluación de Riesgo Ecológico
EI	Evaluación de Impacto
EIA	Evaluación de Impacto Ambiental
EAE	Evaluación Estratégica Ambiental
ECV	Evaluación del Ciclo de Vida
EICV	Evaluación del Impacto del Ciclo de Vida
EI	Ecología Industrial

## RESUMEN

**TÍTULO:** ESTADO DEL ARTE DE LAS METODOLOGÍAS PARA LA EVALUACIÓN AMBIENTAL EN PROYECTOS DE INVERSIÓN<sup>\*</sup>.

**AUTOR:** GONZÁLEZ GUARIN, Carolina<sup>\*\*</sup>.

**PALABRAS CLAVES:** Revisión Sistemática, Metodología Evaluación Ambiental, Proyecto de Inversión, Sostenibilidad.

### **DESCRIPCIÓN:**

Éste proyecto presenta una investigación realizada sobre metodologías para la evaluación ambiental en proyectos de inversión, en el cual se desarrolla una revisión sistemática para el establecimiento de un marco teórico de referencia que plasme el estado actual la literatura de la temática y contribuya a su conceptualización y comprensión como una herramienta orientada a la sostenibilidad, que permite cuantificar los posibles impactos negativos en el medio ambiente causados en el desarrollo de un proyecto de inversión.

El documento expone cada una de las actividades y procesos realizados en la investigación que permitieron el análisis de la dinámica de producción de artículos científicos referentes a la evaluación ambiental, la comprensión de los conceptos básicos y la identificación de las principales metodologías aplicadas a sectores específicos que se destacaron través del análisis de contenido realizado a los artículos seleccionados.

La investigación desarrollada permitió el análisis de la temática de evaluación ambiental en el marco del ámbito legal, la historia y antecedentes, la definición de los conceptos básicos y la identificación y clasificación de metodologías aplicadas a proyectos de inversión. Así mismo, se presenta una tabla recopilando las metodologías anteriormente mencionadas, la cual permite la comparación y descripción de las mismas.

Los resultados de ésta investigación, reflejan una tendencia de aumento aproximadamente del 10% anual en la producción de artículos científicos sobre la temática, principalmente en países como Estados Unidos, Italia y España. Se identifican 18 metodologías utilizadas para la evaluación ambiental, de las cuales el 34% están sesgadas a proyectos de inversión del sector industrial y de construcción. Asimismo, se determina que las políticas burocráticas, la tensión entre los ministerios ambientales y no ambientales y la escasa participación pública, son algunas de las limitaciones en la evaluación ambiental.

---

\* Tesis de grado

\*\* Facultad De Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Estudios Industriales y Empresariales.  
Director: Orlando Enrique Contreras Pacheco

## ABSTRACT

**TITLE:** STATE OF THE ART OF THE METHODOLOGIES FOR ENVIRONMENTAL ASSESSMENT IN INVESTMENT PROJECTS<sup>\*</sup>.

**AUTHOR:** GONZÁLEZ GUARIN, Carolina<sup>\*\*</sup>.

**KEYWORDS:** Systematic Review, Environmental Assessment Methodology, Investment Project, Sustainability.

### **DESCRIPTION:**

This project presents a research of environmental assessment methodologies in investment projects, using a systematic review methodology to establish a theoretical framework that reflects the current state of the literature and contribute to its conceptualization and understanding as a tool oriented to sustainability, which quantifies the potential negative impacts on the environment, caused in the development of an investment project.

This document sets out each of the activities and processes carried out in the research that enabled the analysis of the dynamics in scientific articles production relating to environmental assessment, understanding the basic concepts and the identification of the main methodologies applied to specific sectors, which were outstanding through the analysis of the selected articles.

The research developed allowed the analysis of environmental assessment under the legal field, the history and background, the definition of the basic concepts and the identification of methodologies applied to investment projects. Likewise, it presents a table compiling the aforementioned methodologies, which allows comparison and description thereof.

The results of this research show a trend of increasing about 10% annually in the production of scientific papers on the subject, especially in countries like the United States, Italy and Spain. There are 18 methodologies for environmental assessment, of which 34% are biased of industrial and construction investment projects. It was also determined that the bureaucratic politics, the tension between environmental and non-environmental ministries and low public participation are some of the limitations in the environmental assessment.

---

\* Degree Project.

\*\* Physicomechanical Engineering's Faculty. School of Industrial Engineering and Business Director: Orlando Enrique Contreras Pacheco.

## INTRODUCCIÓN

Con la globalización de los problemas ambientales, la evaluación del impacto ambiental está atrayendo cada vez más la atención, debido a que el crecimiento económico, está degradando rápidamente los ecosistemas y poniendo en peligro la sostenibilidad a largo plazo de los países en desarrollo. Debido a esto, la evaluación de impacto ambiental ha sido reconocida como una herramienta que puede ayudar en la protección de los ecosistemas y contribuir al desarrollo sostenible<sup>1</sup>.

La situación actual conduce a la creciente preocupación, de mantener bajo control el impacto sobre el medio ambiente de actividades, productos o servicios <sup>2</sup> que se encuentren en el marco de realización de un proyecto. Asimismo, pensando en un enfoque de sostenibilidad, se necesitan metodologías que permitan cuantificar los posibles impactos negativos, con el objetivo de prevenirlos o mitigarlos.

En éste trabajo de grado se presenta un estudio analítico del conocimiento acumulado que hace parte de la investigación documental basada en el análisis de documentos escritos y que tiene como objetivo inventariar y sistematizar la producción en el área del conocimiento <sup>3</sup> sobre las metodologías utilizadas para medir el impacto ambiental en proyectos de inversión. En primer lugar, se realizó una búsqueda, recolección y depuración de textos concernientes al tema y

---

1 YANHUA, Z., SONG, H., HONGYAN, L., & BEIBEI, N. Global Environmental Impact Assessment Research Trends (1973-2009). *Procedia Environmental Sciences* 11, (2011). pp 1499 -1507.

2 OLARU, M., PIRNEA, I.C., & SANDRU, M. Monte Carlo Method Application For Environmental Risks Impact Assessment in Investment Projects. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* (2013). 109, 940 – 943.

<sup>3</sup> VARGAS, G. y CALVO, G. Seis modelos alternativos de investigación documental para el desarrollo de la práctica universitaria en educación... el caso del proyecto de extensión REDUC - Colombia en la Universidad Pedagógica Nacional. *Revista Educación superior y desarrollo* 5. (1987).

analizando los documentos se realizó un marco de la situación actual, del contexto en el que se encuentra esta temática y se señalaron las metodologías principales utilizadas para la evaluación ambiental en proyectos de inversión aplicadas a sectores específicos. Cabe resaltar que a lo largo del documento, se presentan algunos conceptos que mencionan los autores, pero que por efecto del alcance de la investigación, solo serán mencionados, tal como lo hacen los autores en la revisión de la literatura. Finalizando, se presentó en una tabla del resumen de las metodologías mencionadas anteriormente, las cuales se clasificaron respecto a seis conceptos, sirviendo como cuadro informativo y comparativo.

Teniendo en cuenta la importancia que tiene el desarrollo de ésta temática y la escasa cantidad de investigaciones realizadas a nivel de pregrado, la Universidad Industrial de Santander, a través de La Escuela de Estudios Industriales y Empresariales y el grupo de investigación **Finance & Management** quiere que éste proyecto sirva como base para futuras investigaciones.

Para el desarrollo de la investigación se escogió la revisión sistemática porque es una metodología de investigación que permite identificar, evaluar y sintetizar grandes volúmenes de información como la relacionada con la literatura científica de evaluación ambiental para la comprensión de forma estructurada, explícita y sistemática <sup>4</sup> obteniendo la mejor evidencia posible y presentándola en forma accesible <sup>5</sup>, garantizando un protocolo de investigación estructurado y confiable.

Posterior a la introducción, en el documento se presentan seis capítulos, numerados del 1 al 7, a partir de los cuales se estructura la revisión sistemática sobre las metodologías de evaluación ambiental en proyectos de inversión: El

---

<sup>4</sup> TRANFIELD, David, DENYER, David. SMART, Palminder. Towards a Methodology for Developing Evidence-Informed Management Knowledge by Means of Systematic Review. En: British Journal of Management. Septiembre, 2003. Vol. 14, No 3, p. 207–22.

<sup>5</sup> Centro Cochrane Iberoamericano, traductores. Manual Cochrane de Revisiones Sistemáticas de Intervenciones, versión 5.1.0 [actualizada en marzo de 2011] [Internet]. Barcelona: Centro Cochrane Iberoamericano; 2012. Disponible en <http://www.cochrane.es/?q=es/node/269>.

capítulo 1 corresponde a las generalidades del proyecto, encontrando el planteamiento del problema, los objetivos del proyecto y la metodología de investigación implementada; El capítulo 2 hace referencia a la planeación de la revisión sistemática, presentando detalladamente el protocolo de investigación de la revisión sistemática realizada; el capítulo 3 corresponde a la ejecución de la revisión sistemática detallando cada una de las actividades realizadas para la consecución de la investigación; el capítulo 4 presenta el reporte y diseminación de los resultados de la investigación a través de un análisis bibliométrico; el capítulo 5 presenta la revisión de la literatura científica de la evaluación ambiental, los conceptos básicos, las metodologías utilizadas para la evaluación ambiental de un proyecto de inversión; seguido en el capítulo 6 y 7 se presentan las conclusiones y recomendaciones de la investigación desarrollada, seguida de la lista de referencias bibliográficas utilizadas para la construcción del presente documento y finaliza con los anexos que contiene el artículo elaborado.

## TABLA DE CUMPLIMIENTO DE OBJETIVOS

<b>OBJETIVO</b>	<b>CUMPLIMIENTO</b>
Elaborar una revisión sistemática de las metodologías utilizadas para la evaluación ambiental en proyectos de inversión, obteniendo un análisis de la evolución, actualidad y tendencias del tema con el fin de identificar oportunidades de investigación.	Capítulos 2, 3, 4 y 5
Realizar una inmersión teórica sobre las metodologías utilizadas para la evaluación ambiental en proyectos de inversión.	Capítulo 2
Desarrollar una revisión de la literatura, a partir de la extracción, recopilación y selección de las metodologías utilizadas para evaluar el impacto ambiental en proyectos de inversión.	Capítulo 3
Analizar y clasificar los resultados de la revisión sobre metodologías para la evaluación ambiental en proyectos de inversión anteriormente seleccionadas.	Capítulo 4
Construir un documento recopilatorio de las metodologías usadas para la evaluación ambiental de proyectos de inversión a partir de la interpretación y síntesis de las mismas.	Capítulo 5
Elaborar un artículo publicable que enmarque los principales resultados del trabajo de investigación.	Anexo

## 1. GENERALIDADES DEL PROYECTO

### 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En los últimos 20 años, la aparición de una preocupación generalizada por el medio ambiente, aspectos socio-económicos, de salud y otros temas globales, permitió que los gerentes de empresas o los tomadores de decisiones se enfrenten a retos mayores y más dificultades que sus predecesores hace décadas. Muchos de estos desafíos son multidisciplinarios en la naturaleza. Cualquier decisión empresarial hoy en día puede tener efectos de largo alcance ambientales o sociales o mayores consecuencias no deseadas que puedan perjudicar a la reputación o la viabilidad a largo plazo de una empresa <sup>6</sup> o de un proyecto.

Es importante que todas las actividades dentro de un país estén coordinadas y que una acción específica no cause problemas imprevistos que afectan a la capacidad de otras iniciativas para lograr sus objetivos. Además, todos los efectos indirectos no deben afectar a las condiciones necesarias para el desarrollo sostenible de un país. Por lo tanto, existe la necesidad de encontrar formas de combinar el diseño de un proyecto sostenible, con una evaluación de sus implicaciones más amplias<sup>7</sup>.

La práctica de la evaluación de impactos se apoya en una serie de instrumentos y herramientas típicamente basados en las ciencias físicas y naturales y las sociales, a fin de predecir consecuencias futuras de posibles decisiones. El éxito alcanzado dependerá de la seriedad con que el proceso se lleve a cabo. Cuando

---

<sup>6</sup> IAIA. (2002). Impact Assessment in the Corporate Context. IAIA Business & Industry Series No. 1, International Association For Impact Assessment.

<sup>7</sup> ABAZA, H., BISSET, R., & SADLER., B. Environmental Impact Assessment and Strategic Environmental Assessment : Towards an Integrated Approach. (2004).

el objetivo es únicamente cumplir un requisito legal, tenemos el típico ejemplo de mala práctica de la evaluación de impacto <sup>8</sup>.

Ésta investigación se basa en la importancia del tema y en la necesidad de que se construya una base de información científica que permita establecer criterios válidos y específicos en el estudio de la viabilidad de un proyecto, o como tal, en la evaluación de dicho proyecto. Adicionalmente, es importante resaltar la ausencia de estados del arte sobre las metodologías utilizadas para la evaluación ambiental en proyectos de inversión en la Universidad Industrial de Santander.

Por lo mencionado anteriormente, se evidencia una oportunidad de llevar a cabo una revisión sistemática de la literatura que permita el conocimiento y comprensión de las metodologías de evaluación ambiental con el propósito de establecer un marco teórico de referencia que plasme el estado actual de la literatura y contribuya a la determinación en proyectos de inversión.

## 1.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

La investigación orientada hacia políticas ambientales puede ser una tarea difícil, es por esto que a menudo en la actualidad se realiza un acercamiento por primera vez a través de la utilización de revisiones de la literatura narrativa <sup>9</sup>. Adicionalmente, considerando la poca literatura enfocada a la metodologías para la evaluación de proyectos de inversión y dada la importancia que tiene en la actualidad ésta temática, surge la necesidad en el grupo de investigación **Finance & Management** de realizar una recopilación de información que sirva como base para futuras investigaciones sobre las metodologías de evaluación ambiental que se utilizan en proyectos de inversión.

---

<sup>8</sup> IAIA. (2009). International Association for Impact Assessment. What is Impact Assessment.

<sup>9</sup> BOYD, I. Research: A Standard For Policy-Relevant Science. Nature 501, 159–160. (2013).

Ésta investigación tiene una pertenencia teórica, social y práctica. Teórica, debido a que aporta las bases en la investigación de la evaluación ambiental aplicada a proyectos de inversión, mediante la recopilación de las metodologías y conceptos utilizados en el ámbito nacional e internacional.

Pertenencia práctica, debido a que las organizaciones y como tal, cualquier empresa, que desee ejecutar un proyecto de inversión, tenga referencia de información concreta y soportada por la literatura en cuanto a las metodologías que puede implementar en la evaluación ambiental de los proyectos, de manera que se contribuya al desarrollo sostenible. Esto conlleva directamente al impacto que tiene en la pertenencia social, ya que se contribuye a mejorar las practicas de evaluación, causando un impacto a futuro, en la posible mitigación de los efectos negativos en el área geográfica en la cual se implementen éstas metodologías.

### **1.3. OBJETIVOS DEL PROYECTO**

**1.3.1 Objetivo General** Elaborar una revisión sistemática de las metodologías utilizadas para la evaluación ambiental en proyectos de inversión, obteniendo un análisis de la evolución, actualidad y tendencias del tema con el fin de identificar oportunidades de investigación.

#### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Realizar una inmersión teórica sobre las metodologías utilizadas para la evaluación ambiental en proyectos de inversión.
- Desarrollar una revisión de la literatura, a partir de la extracción, recopilación y selección de las metodologías utilizadas para evaluar el impacto ambiental en proyectos de inversión.

- Analizar y clasificar los resultados de la revisión sobre metodologías para la evaluación ambiental en proyectos de inversión anteriormente seleccionadas.
- Construir un documento recopilatorio de las metodologías usadas para la evaluación ambiental de proyectos de inversión a partir de la interpretación y síntesis de las mismas.
- Elaborar un artículo publicable que enmarque los principales resultados del trabajo de investigación.

#### **1.4. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN**

Para el desarrollo de ésta investigación se utilizó la metodología de revisión sistemática, la cual adopta métodos explícitos y sistemáticos para la identificación, selección y evaluación crítica de la información sobre un tema de interés <sup>10</sup>, garantizando que la investigación sea fiable y rigurosa.

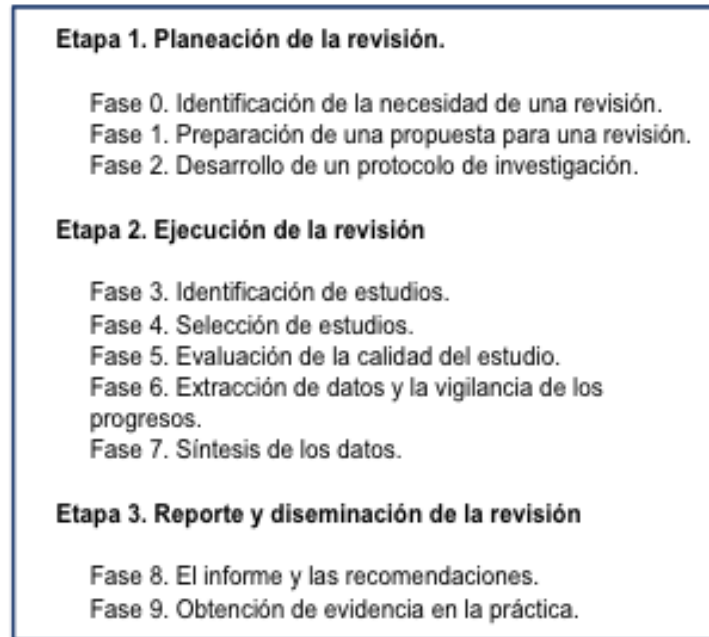
En la Figura 1, se presentan los pasos que expone Tranfield <sup>11</sup>, los cuales se utilizarán para el desarrollo de la revisión sistemática.

---

<sup>10</sup> THORPE, R. HOLT, R. PITTAWAY, L. MACPHERSON, A. Knowledge within small and medium sized firms: A systematic review of the evidence. En: International Journal of Management Reviews. 2006. Vol. 7, No. 4, p. 257-281.

<sup>11</sup> TRANFIELD. Op. cit., p, 207–22.

**Figura 1: Etapas de una Revisión Sistemática**



Fuente: Tranfield et al. 2003

## **2. IDENTIFICACIÓN DE LA NECESIDAD DE UNA REVISIÓN**

Existe la necesidad de investigar sobre las metodologías utilizadas para la evaluación ambiental, las cuales permitan establecer las condiciones que deben cumplir aquellos proyectos que puedan tener un impacto ambiental negativo, de acuerdo con el principio de desarrollo sostenible y con la consideración para el desarrollo social, económico y ambiental <sup>12</sup>.

### **2.1. PREPARACIÓN DE UNA PROPUESTA PARA UNA REVISIÓN**

Tomando como base la investigación y análisis desarrollado en la elaboración del plan de proyecto se determinó la pertinencia y el alcance de estudiar la evaluación de proyectos a través de una revisión sistemática que permitiera revisar la literatura científica enfocándose básicamente en conocer las metodologías utilizadas en la evaluación ambiental de proyectos de inversión y el efecto que genera en la sociedad y la economía de una región. Establecido el objetivo y alcance de la revisión sistemática se conformó un equipo de revisión integrado por; Orlando Enrique Contreras Pacheco, experto de la metodología implementada y Carolina González Guarín, la investigadora. El grupo de revisión a través de un proceso de análisis, valoración y consenso constituyó la pregunta de investigación, ¿cuáles son las metodologías utilizadas para la evaluación ambiental de proyectos de inversión?

Con la pregunta de investigación planteada se procedió al establecimiento de las palabras que conformarían la ecuación de búsqueda, el proceso de selección se

---

<sup>12</sup> WSZOA EK, T. KLACZYNSKI, M. MLECZKO, D. And OZGA A.. On Certain Problems Concerning Environmental Impact Assessment of Wind Turbines in Scope of Acoustic. Acoustic and Biomedical Engineering 2014 Vol. 125. DOI: 10.12693/APhysPolA.125.A-38.

hizo por parte del investigador de manera manual y de acuerdo al análisis de los resultados obtenidos en la revisión exploratoria desarrollada para el plan del proyecto, el listado fue presentado a los expertos del grupo de revisión quienes a través de una valoración seleccionaron las palabras clave. Con la elección de las palabras claves se establecieron los operadores booleanos y de posición que integrarían la ecuación de búsqueda. Finalmente, el experto en la metodología y la investigadora estructuraron la ecuación de búsqueda que se basaba en el estudio y análisis obtenido en la revisión desarrollada en el plan de proyecto. La ecuación de búsqueda utilizada en la revisión sistemática se presenta en el protocolo de investigación y fue puesta a consideración de la experta en la temática (Liliana Paola Pinilla Velandia) Magister en Gestión Ambiental de la Pontificia Universidad Javeriana, quien aprobó su idoneidad para su implementación en la investigación desarrollada.

## **2.2. PROTOCOLO DE LA INVESTIGACIÓN**

El protocolo de investigación presenta la ecuación de búsqueda (Ver Figura 2 ), los criterios de inclusión y exclusión (Ver Tabla 1) que fueron implementados como directrices de la revisión sistemática desarrollada para la obtención de la mejor evidencia que garantizara la objetividad y calidad de la investigación realizada.

## Figura 2. Ecuación de Búsqueda

Topic = ((Environmental\* Impact\* Assessment\*) OR (Environmental\* Project\* Impact\* Assessment\*) OR (Environmental\* Strategic\* Assessment\*) OR (Environmental\* Plan\* Impact\* Assessment\*) OR (Environmental\* Life\* Cycle\* Assessment\*) OR (Environmental\* Assessment\* Techniques\*) OR (Environmental\* Impact\* Method\*) OR (Environmental\* Sustainability\* Assessment\* Methodology\*) OR (Environmental\* Evaluation\* Project\*) OR (Environmental\* Evaluation\* Project\* Method\* Impact\*) OR (Environmental\* impact\*) OR (Environmental\* Assessment\*) OR (Environmental\* Risk\* Assessment\*) OR (Environmental\* Preservation\* Method\*) OR (Environmental\* Mitigation\* Method\*))

### 2.2.1. Criterios de calidad

- Proporcione un aporte teórico significativo relacionado con los factores que promueven u obstaculizan la evaluación ambiental en el marco de la sostenibilidad.
- Identifique, sustente y describa las metodologías utilizadas en la actualidad para la evaluación ambiental.
- Especifique, proporcione o establezca las metodologías que deben realizarse a lo largo del proceso de evaluación ambiental en proyectos de inversión.

**Tabla 1. Criterios de Inclusión y Exclusión**

Criterio de inclusión	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Se incluyeron los documentos registrados en todas las bases de datos (<i>Science Citation Index Expanded</i> (SCI-EXPANDED), <i>Social Sciences Citation Index</i> (SSCI) y <i>Arts &amp; Humanities Citation Index</i> (A&amp;HCI) que conforman la colección central de la <i>Web of Science</i> encontrados en la plataforma virtual de la <i>Web of Science</i>.</li><li>2. Se incluyeron los documentos que se encuentren registrados en la <i>Web of Science</i> en el intervalo de tiempo comprendido entre 2007 y 2014.</li><li>3. Se incluyeron solamente los tipos de documento que son artículos.</li></ol>
-----------------------	---

	<ol style="list-style-type: none"> <li>4. Se incluyeron artículos en inglés y español.</li> <li>5. Se incluyeron los artículos con texto completo de la editorial.</li> </ol>
Criterio de exclusión	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Se excluyeron los artículos que no sean en inglés o español.</li> <li>2. Se excluyeron los tipos de documentos que son revisión, editorial, corrección, reporte de caso, resumen, carta, noticias, reunión, libro, biografía y otros.</li> <li>3. Se excluyeron los artículos en inglés y español que no tienen relación directamente con la evaluación ambiental.</li> </ol>

### 3. EJECUCIÓN DE LA REVISIÓN.

La ejecución de la revisión fue la etapa de identificación, selección y evaluación integral y objetiva de los documentos científicos pertinentes para la investigación considerando el plan de acción desarrollado en la etapa de planeación y posteriormente se procedió a la extracción y síntesis de datos que conformaron el documento del proyecto de grado.

#### 3.1. IDENTIFICACIÓN DE ESTUDIOS

La identificación de los estudios estuvo presidida por el desarrollo de la estrategia de búsqueda que involucro el uso de la ecuación desarrollada a partir de las palabras claves identificadas por el grupo de revisión y la manipulación de la plataforma virtual de la base de datos de *Web of Science*, generando una búsqueda de documentos científicos mediante la implementación de la ecuación en la plataforma virtual de la *Web of Science*.

#### 3.2. SELECCIÓN DE ESTUDIOS

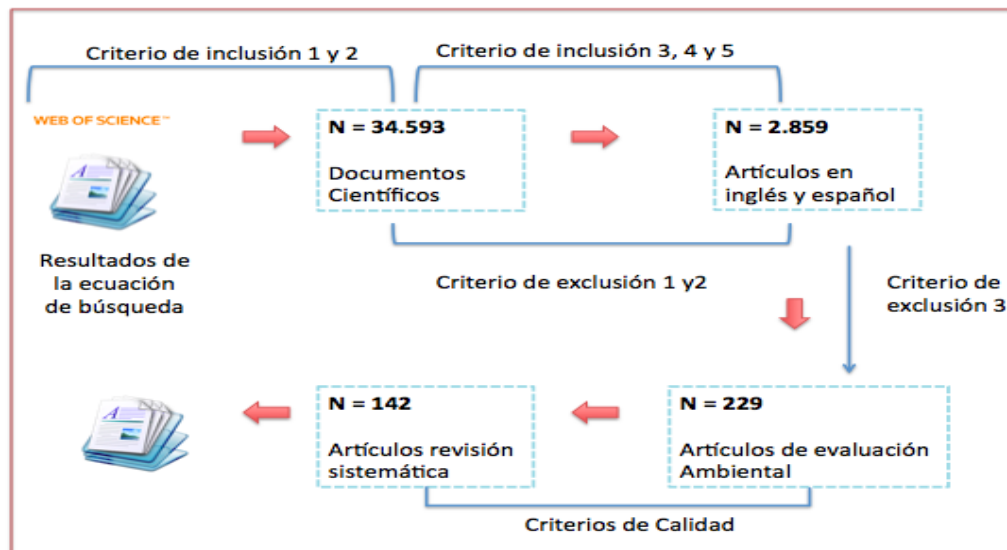
La selección de estudios se hizo desde el momento que se generó la búsqueda de documentos científicos en la plataforma de *Web of Science* aplicando los criterios 1 y 2, dando como resultado de la búsqueda en la plataforma virtual **34.593** documentos científicos divididos entre artículos, revisiones de libro, revisiones, trabajos precedentes, material editorial, resúmenes de reunión, capítulos de libro, artículos biográficos, correcciones, noticias, actas e impresiones. Luego se aplicaron los criterios de inclusión (3, 4 y 5) y de exclusión (1 y 2) mediante un

proceso de refinamiento que permite la plataforma de la *Web of Science* dejando únicamente los artículos disponibles en inglés o español y con acceso abierto, dando como resultado de la búsqueda **2.859** artículos; finalmente, se empleó el criterio de exclusión 3 a través de la lectura de los títulos y los resúmenes de los **2.859** artículos en inglés o español, reduciendo el universo a **229** artículos en inglés o español relacionados con la evaluación ambiental.

### **3.3. EVALUACIÓN DE CALIDAD DE LOS ESTUDIOS**

Tomando como base los artículos seleccionados se realizó la depuración por medio del software *VantagePoint*, por medio del cual se seleccionaron los principales artículos, posteriormente se realizó la lectura completa del contenido de los artículos para su evaluación de acuerdo con los criterios de calidad establecidos, dando como resultado la identificación de **142** artículos adecuados para la revisión que garantizaron la obtención de la mejor evidencia posible. En la Figura 3, se resume el proceso de búsqueda y selección de los artículos científicos.

**Figura 3. Proceso de Selección de Artículos para Revisión Sistemática.**



### 3.4. EXTRACCIÓN DE DATOS Y LA VIGILANCIA DE LOS PROGRESOS.

La extracción de datos se realizó por medio del software *VantagePoint*, el cual permite clasificar los artículos por autores, países, años de publicación y palabras claves, adicionalmente arroja el gráfico de *Aduna*, con el que se puede analizar la relación que existe entre las palabras claves de los artículos seleccionados.

### 3.5. SÍNTESIS DE LOS DATOS

La información recolectada en la investigación provino de la extracción de datos de los artículos seleccionados cumpliendo con los objetivos propuestos al inicio de la elaboración de la revisión y se presentan en el capítulo 4 y 5.

## 4. REPORTE Y DISEMINACIÓN DE LOS RESULTADOS

Los resultados obtenidos de la revisión sistemática son un análisis bibliométrico de los datos proporcionados por la plataforma virtual de la *Web of Science*, un análisis de contenido de los artículos seleccionados a partir de la revisión sistemática que se llevó a cabo para la identificación de metodologías utilizadas para la evaluación ambiental y la escritura de un artículo científico, a continuación se presentan los resultados obtenidos:

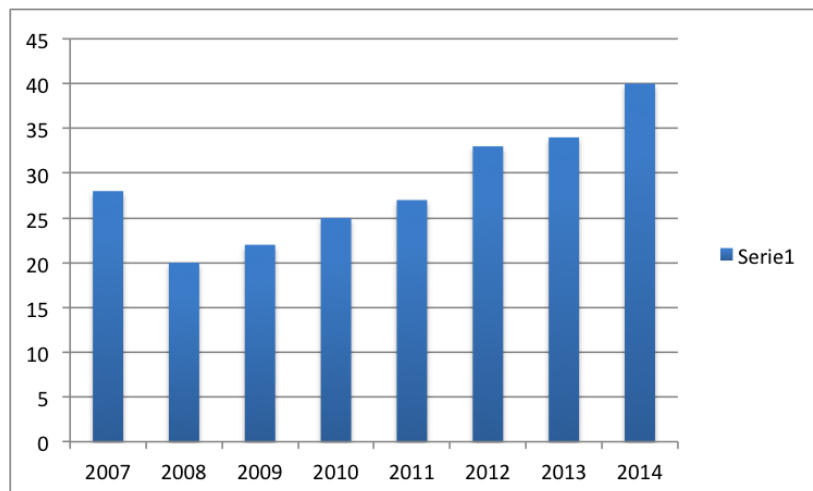
### 4.1. ANÁLISIS BIBLIOMÉTRICO

El seguimiento realizado a la literatura de la evaluación ambiental mediante el análisis bibliométrico permitió la identificación de la dinámica de producción de artículos científicos relacionados con la temática en el mundo considerando los campos bibliográficos de países, autores, revistas e instituciones en el período comprendido entre 2007 y 2014.

- Producción de artículos:

De acuerdo con la Figura 4, se muestra que la evaluación ambiental es una temática con una tendencia creciente en el número de artículos producidos, destacando que al inicio del periodo de búsqueda se presentó una alta cantidad de publicaciones respecto a los años siguiente, lo que puede indicar un posible descubrimiento o una gran inversión para la investigación de esta temática durante el 2007. Adicionalmente, se observa que a pesar de que no se había terminado el año 2014 en el momento que se realizó la búsqueda, se presenta también un crecimiento con respecto al año anterior.

**Figura 4. Producción de Artículos por Años de Publicación.**



Fuente: Software *VantagePoint*.

Comparando los 229 artículos se evidenció que los Estados Unidos con el (17%) es el país con mayor número de publicaciones, seguido por Italia con el (10%), España (8%), Reino Unido (8%), Brasil (6%), China (5%), Australia (5%), Francia (4%), Alemania (4%), Canadá (4%), México (4%), Holanda (4%), India (3%), África (3%), Suiza (3%), Turquía (3%), Dinamarca (3%). En la Tabla 2, se encuentran los países en orden descendente en número de publicaciones, es importante resaltar que Colombia (2%) ocupa el puesto número 17 en el ranking, con 5 publicaciones.

**Tabla 2. Países con Mayor Número de Publicaciones.**

#	País	Publicaciones	#	País	Publicaciones
1	EE.UU	38	10	Canadá	8
2	Italia	22	11	México	8
3	España	19	12	Holanda	7
4	Reino Unido	18	13	India	6
5	Brasil	13	14	África	6
6	China	13	15	Suiza	6
7	Australia	12	16	Turquía	6
8	Francia	11	17	Colombia	5
9	Alemania	9	18	Dinamarca	5

Fuente: Software *VantagePoint*

En la Tabla 3, se presenta el top 14 de los autores principales, con dos publicaciones. De manera que es evidente la ausencia de autores que lideren la investigación de ésta temática, ya que en el top 14 sólo se encuentra el 12% de los artículos totales y el 88% restante se trata de autores diferentes en cada artículo.

**Tabla 3. Autores Principales**

AUTORES	PUBLICACIONES
BINA Olivia	2
BUCKLEY Chris	2
CHEN Bin	2
CHESTER Mikhail	2
DE ALMEIDA Buschinelli	2
FINKBEINER Matthias	2
FRIEDRICH Elena	2
FUERTES Alba	2
LEHMANN Annekatrin	2
MATTHEWS Scott	2
RODRIGUES Stachetti	2
RODRIGUES Aparecida	2
SALA Serenella	2

Fuente: Software *VantagePoint*

En la Tabla 4, se muestran las diez universidades principales en el mundo, con dos o más publicaciones sobre el tema. Específicamente, el 40% pertenece a universidades de los Estados Unidos, lo que indica el nivel de avance y la ventaja que tiene éste país en investigación de evaluación ambiental a nivel mundial. Adicionalmente en el la Tabla 5, se encuentra la lista de las principales revistas científicas con la respectiva cantidad de artículos publicados. Se destaca la revista *Sustainability* por ser la que más realiza publicaciones sobre la evaluación ambiental, convirtiéndose en una fuente actual de literatura, vital para el desarrollo de futuras investigaciones.

**Tabla 4. Instituciones con Mayor Número de Artículos Publicados.**

Universidad	País	Publicaciones
Universidad de Carnegie Mellon	EE.UU	3
Universidad de California en Berkeley	EE.UU	3
Universidad Federal de Minas y Gerais	BRAZIL	3
Universidad de Pittsburgh	EE.UU	3
Universidad Politécnico de Madrid	ESPAÑA	3
Universidad de Queensland	AUSTRALIA	3
Universidad del Estado de Arizona	EE.UU	2
Universidad Normal de Beijing	CHINA	2
Universidad tecnológica de Chalmers	SUIZA	2
Colegio de Estudio de Posgrado	MEXICO	2

Fuente: Software *VantagePoint*.

A continuación se presenta el resultado del gráfico de la Aduana, el cual permite ver la relación que tienen las palabras clave de los artículos analizados en la revisión sistemática, mostrando como resultado los conceptos clave que pertenecen a la temática de evaluación ambiental y que se desarrollaron mas adelante en la revisión.

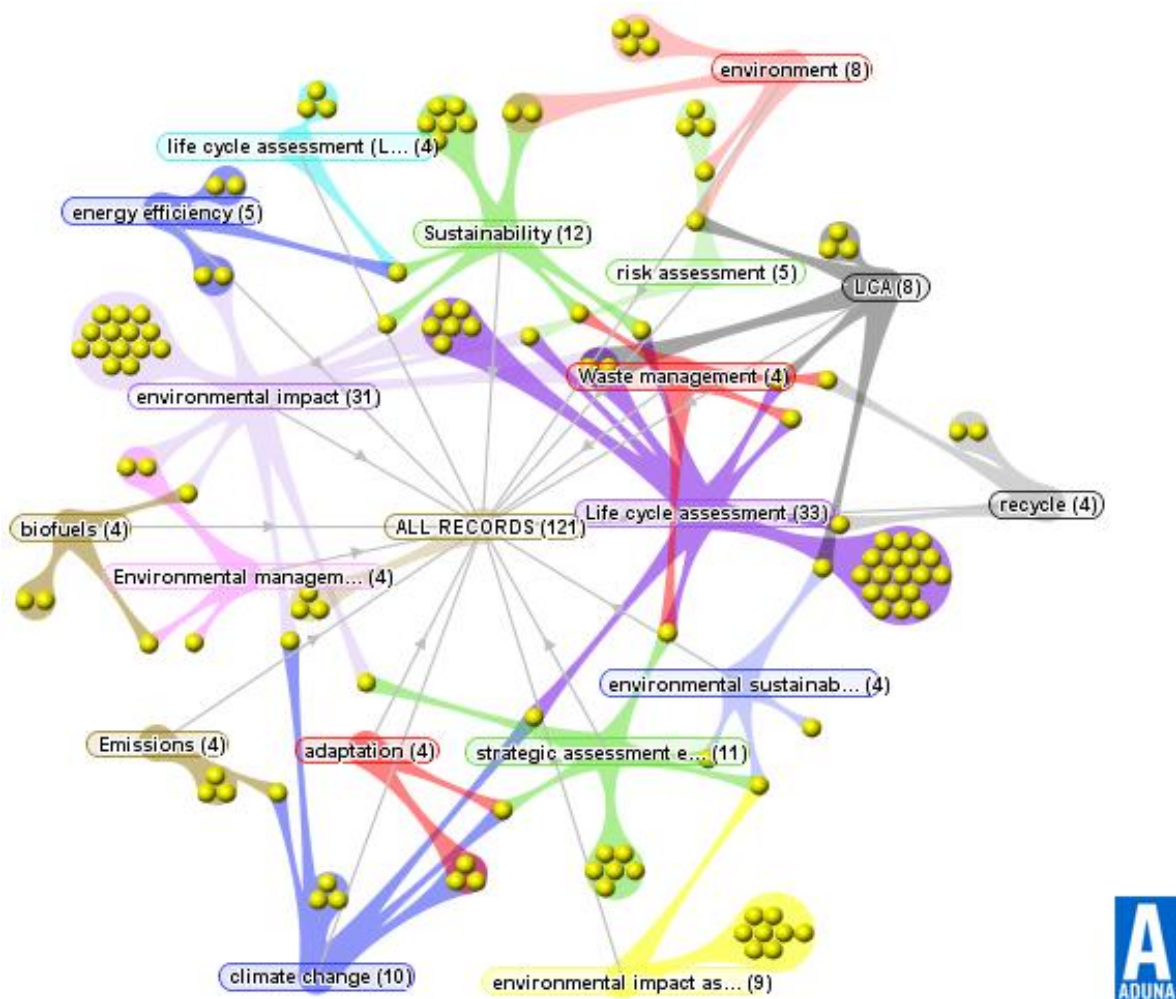
**Tabla 5. Revistas con Mayor Número de Publicaciones**

Revista	Publicaciones
Sustainability	28
Environmental Research Letters	14
Energies	10
Water SA	8
Informes de la Construcción	6
Environmental Impact Assesement Review	5
International Journal of Environmental Res. P.H.	5

Revista	Publicaciones
PLoS One	5
Current Science	4
Thermal Science	4

Fuente: Software *VantagePoint*.

**Figura 5. Aduna de las Palabras Claves.**



Fuente: Software *VantagePoint*.

El análisis bibliométrico realizado permitió observar los principales países, autores, revistas e instituciones que han abordado la investigación de la evaluación ambiental. Además, se evidencia la tendencia creciente que existe en el mundo por el desarrollo y producción de artículos que amplíen las ideas, conceptos y

principios básicos, para la comprensión de la evaluación ambiental. A continuación se presenta el análisis de contenido realizado a los artículos seleccionados en la revisión sistemática.

## 5. REVISIÓN DE LA LITERATURA

### 5.1. SOSTENIBILIDAD

Existe una grave preocupación de que el consumo humano superará la capacidad productiva de la Tierra en las próximas décadas<sup>13</sup>. Con la mejora en la tecnología y el incremento en la comodidad y calidad de vida, el hombre destruye inadvertidamente su nido<sup>14</sup>. El modelo occidental de desarrollo económico ha provocado un proceso de degradación ambiental de difícil resolución<sup>15</sup>, es por esto que el medio ambiente necesita investigaciones sobre el impacto de la contaminación<sup>16</sup>, y el desarrollo y aplicación de métodos que los evalúen para crear medidas de mitigación y prevención.

La Red de la Huella Global estima que la huella ecológica mundial excedió la biocapacidad de la Tierra a finales de 1970<sup>17</sup>. Por lo tanto, está claro que debe haber un cambio en patrones de consumo y producción en todo el mundo. Un cambio en el cual la sostenibilidad se tome como base principal para el desarrollo global.

El desarrollo sostenible se logrará una vez que todos los elementos, tales como el

---

<sup>13</sup> Running, S. A. Measurable planetary boundary for the biosphere. *Science*, 2010. 337, 1458–1459.

<sup>14</sup> RILWANI, Momoh. AGBANURE, Fred. An Assessment of the Environmental Impact of Asphalt Production in Nigeria. *Anthropologist*, 12(4): 277-287 (2010).

<sup>15</sup> IOPPOLO, Giuseppe. CUCURACHI, Stefano. SALOMONE, Roberta. SAIJA, Giuseppe. CIRAOLO, Luigi. Industrial Ecology and Environmental Lean Management: Lights and Shadows. *Sustainability* 2014, 6, 6362-6376; doi:10.3390/su6096362.

<sup>16</sup> KOSIBA, Piotr. Self-Organizing Feature Maps And Selected Conventional Numerical Methods For Assessment Of Environmental Quality.. Vol. 78, No. 4: 335-343, 2009.

<sup>17</sup> WACKERNAGEL, M.; SCHULZ, N.B.; DEUMLING, D.; LINARES, A.C.; JENKINS, M.; KAPOV, V.; MONFREDA, C.; LOH, J.; MYERS, N.; NORGAARD, R.; et al. Tracking the ecological overshoot of the human economy. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 2002, 99, 9266–9271.

elemento económico, social, político y principalmente el de medio ambiente, se enfrenten al procedimiento de desarrollo desde el comienzo de los proyectos y las políticas. Esto se logrará cuando la protección del medio ambiente gane su lugar adecuado en el sistema de planificación urbana y regional.

En este sentido, la Evaluación Ambiental (EA) cuyo objetivo principal es la preservación y la prevención de los recursos renovables y no renovables<sup>18</sup>, puede estar al servicio del procedimiento de desarrollo sostenible como la herramienta más importante que dirige la tendencia de desarrollo hacia la sostenibilidad y por lo tanto, mejorar los índices de desarrollo sostenible<sup>19</sup>.

Hay una creciente necesidad de establecer indicadores medioambientales adecuados para permitir que los tomadores de decisiones realicen juicios informados con respecto a las políticas, programas, planes y proyectos<sup>20</sup>. Éstas herramientas científicas como modelos ambientales, socioeconómicos e integrados pueden proporcionar formas de estructurar y explorar los problemas y generar información cuantitativa para el análisis y la caracterización de los espacios de decisión<sup>21</sup>.

Las metodologías utilizadas en la evaluación de la sostenibilidad deben ser transmisibles, comprensibles a los tomadores de decisiones, así como a las partes

---

<sup>18</sup> NOURI J, FATEMI M, DANEKAR A, FAHIMI FG, KARIMI D (2009). Determination of environmentally sensitive zones along Persian Gulf coastlines through geographic information system. *J. Food. Agri. Environ.* 7(2): 718-725.

<sup>19</sup> SHARIFZADEGAN, M., GOLLAR, P., & AZIZI H. Assessing the strategic plan of (2011). tehran by sustainable development approach, using the method of "Strategic Environmental Assessment (SEA)". *Procedia Engineering* 21 pp 186 – 195.

<sup>20</sup> CLOQUELL-BALLESTER V-A, MONTERDE-DIAZ R, Santamarina-Siurana M-C. Indicators validation for the improvement of environmental and social impact quantitative assessment. *Environ Impact Asses Rev* 2006 ;26:79-105.

<sup>21</sup> De SMEDT Peter. The Use of Impact Assessment Tools to Support Sustainable Policy Objectives in Europe. *Research*, part of a Special Feature on Landscape Scenarios and Multifunctionality – Making Land Use Assessment Operational. *Ecology and Society* 15(4): 30 <http://www.ecologyandsociety.org/vol15/iss4/art30/>.

interesadas<sup>22</sup> y cuando se utilizan conjuntamente y para la comparación relativa, proporcionan una cobertura más amplia de los aspectos de sostenibilidad desde múltiples perspectivas teóricas las cuales hacen más probable iluminar los problemas potenciales en comparación con los indicadores de impacto ambientales individuales<sup>23</sup>.

La creciente demanda de tipos de metodologías que combinan aspectos ambientales, económicos y otros (como los aspectos sociales y tecnológicos) ha llevado al desarrollo de una nueva generación de modelos computarizados.<sup>24</sup> y metodologías multi-criterio. Sin embargo, el desarrollo sostenible es un fenómeno complejo y multidimensional con una amplitud y profundidad que no puede ser cubierto totalmente por los actuales fundamentos teóricos de la ciencia<sup>25</sup>.

## 5.2. HISTORIA Y ANTECEDENTES DE LA EVALUACIÓN AMBIENTAL

La incertidumbre en la predicción de la importancia y el alcance de los impactos ambientales surgen de una información insuficiente y/o inexacta, respecto a los cambios inesperados en la planeación de proyectos, mediante la simplificación de los esfuerzos de monitoreo y modelización<sup>26</sup>.

---

<sup>22</sup> NAS. Sustainability and the U.S. EPA; Committee on Incorporating Sustainability in the U.S. Environmental Protection Agency, National Research Council, National Academy of Sciences: Washington, DC, USA, 2011.

<sup>23</sup> INGWERSEN, Wesley. CABEZAS, Heriberto. Et al. Integrated Metrics for Improving the Life Cycle Approach to Assessing Product System Sustainability. Wesley Ingwersen. Sustainability 2014, 6, 1386-1413; doi:10.3390/su6031386.

<sup>24</sup> SALHOFER, Stefan. WASSERMANN, Gudrun. BINNER, Erwin. Strategic environmental assessment as an approach to assess waste management systems. Experiences from an Austrian case study. Environmental Modelling & Software 22 (2007) 610e618

<sup>25</sup> ROTMANS, J. Tools for integrated sustainability assessment: a two-track approach. *Integrated Assessment Journal* 2006. 6(4):35-57.

<sup>26</sup> LASSON, J., THERIVEL, R., CHADWICK, A., Introduction to Environmental Impact Assessment: Principles and Procedures, Process, Practice and Prospects, second ed. UCL Press, ISBN 1- 2005. 85728-945-5, 496 pp.

En consecuencia la historia de la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) está ligada a décadas del desarrollo industrial y la consiguiente degradación ambiental. El proceso de EIA de Estados Unidos fue creado en 1969 con la aprobación de la Ley Nacional de Política Ambiental (NEPA), que encomendó la evaluación de los resultados ambientales de los proyectos de desarrollo. El proceso de EIA fue rápidamente adoptado por los gobiernos y las legislaturas de todo el mundo<sup>27</sup>.

Durante los últimos 35 años más o menos, la EIA se ha convertido en una herramienta internacionalmente aceptada y establecida para la gestión ambiental. Durante este tiempo, los procedimientos se han fortalecido y la capacidad de la EIA se ha mejorado en muchos contextos diferentes, incluyendo políticas en desarrollo y las economías en transición. No hay duda de que, especialmente en los sistemas de EIA más maduros, se ha generado una diferencia en los patrones de desarrollo a través de modificaciones de diseño, aprendizaje institucional, y participación de los interesados<sup>28</sup>.

El proceso de EIA ha cambiado y ampliado su alcance, desde la caracterización básica de un número limitado de impactos para las Evaluaciones Ambientales Estratégicas (EAE) más actuales, las cuales evalúan los impactos directos e indirectos y las consecuencias de direcciones de esos impactos<sup>29</sup>.

---

<sup>27</sup> TULLOS, Desiree. Assessing the influence of environmental impact assessments on science and policy: An analysis of the Three Gorges Project. \* Journal of Environmental Management xxx (2008) 1–16.

<sup>28</sup> JAY Stephen. JONES Carys. THERIVEL, R. Environmental impact assessment: Retrospect and prospect. 2004. Strategic Environmental Assessment in Action. Earthscan, London.

<sup>29</sup> THERIVEL, R.. Strategic Environmental Assessment in Action. Earthscan, London, 2004.

### 5.3. ÁMBITO LEGAL DE LA EVALUACIÓN AMBIENTAL

Durante las dos últimas décadas, muchas regulaciones y normas han sido promulgadas para que las empresas y proyectos mejoren el desempeño ambiental de sus productos y actividades<sup>30</sup>. La Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) desempeña un papel importante en la evaluación de esos alcances y consecuencias ya en el etapa más temprana, abarcando aspectos ambientales, políticos y económicos entre países vecinos para la prevención de conflictos. Sin embargo, los instrumentos jurídicos para el desarrollo del procedimiento de EIA difieren de país a país<sup>31</sup>.

Dos ejemplos de compromisos de políticas relevantes son; la Estrategia de Desarrollo Sostenible renovada (EDS renovada de la UE) y el Séptimo Programa Marco de Investigación (7PM). el 7PM apoya el desarrollo y uso de herramientas científicas para evaluar cuantitativamente la contribución de la política ambiental y de investigación para el desarrollo sostenible<sup>32</sup>.

Por lo anterior, se puede constatar que el cumplimiento de la EIA es monitoreado a través de mecanismos de control interno por agentes del gobierno<sup>33</sup>. Sin embargo, Li y Hu<sup>34</sup> documentan que los mecanismos de supervisión interna gubernamentales son capaces de animar, pero no forzar, a los ministerios no ambientales a cumplir con la EIA.

---

<sup>30</sup> YU, X. SEKHARI, A. NONGAILLARD, A. BOURAS, A. YU, S. A Sensitivity Analysis Approach to Identify Key Environmental Performance Factors. Hindawi Publishing Corporation Mathematical Problems in Engineering Volume 2014, Article ID 918795, 9 pages <http://dx.doi.org/10.1155/2014/918795>.

<sup>31</sup> BRAVO, Luis Carlos. ESPEJEL, Ileana. *Evaluación ambiental estratégica, propuesta para fortalecer la aplicación del ordenamiento ecológico Caso de estudio “La región Mar de Cortés”*. Gestión y Política Pública. Volumen Xvi Número 1 I Semestre De 2007.

<sup>32</sup> De SMEDT. Op. cit., p. 354–376.

<sup>33</sup> Zhu.

<sup>34</sup> Li, A., Hu, C. Comparisons between US and Chinese strategic environmental assessment systems. *Contemporary Legal Science* 2004. (1), 109–120 (in Chinese).

#### 5.4. METODOLOGÍAS PARA LA EVALUACIÓN AMBIENTAL EN PROYECTOS DE INVERSIÓN.

Numerosas metodologías se han utilizado para predecir y evaluar el impacto ambiental. Existe una literatura considerable sobre los métodos de evaluación del impacto ambiental y de sus funciones, fortalezas, debilidades y uso relativo.<sup>35</sup>

Muchos métodos existentes se pueden emplear para la Evaluación Ambiental de proyectos de inversión, los cuales incluyen proyecciones, análisis de sensibilidad, o escenarios cuantitativos junto con argumentos cualitativos<sup>36</sup>, pero la aplicación y ejecución concerniente a los profesionales y tomadores de decisiones de evaluación ambiental necesita ser mejorada<sup>37</sup>.

Los enfoques cualitativos confían plenamente en las decisiones de los expertos, por ejemplo; para determinar la probabilidad de la ocurrencia de un evento. Mientras que los cuantitativos se basan totalmente en los métodos matemáticos, donde las relaciones entre los elementos se expresan a través de variables y parámetros. Entonces ambos enfoques se requieren comparar y contrastar<sup>38</sup>.

Según Póder<sup>39</sup>, la evaluación de los impactos ambientales puede ser facilitada teniendo en cuenta la escala espacial (el área física influenciada por un aspecto

---

<sup>35</sup> NOURI. Op. cit., p. 3267-3275.

<sup>36</sup> CARTER R, JONES N, LU X, BHADWAL S, CONDE C, MEARNS L O, O'NEILL B C, ROUNSEVELL M D A AND ZUREK M B 2007 New assessment methods and the characterisation of future conditions *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the IPCC* ed M L Parry *et al* (Cambridge: Cambridge University Press) pp 133–71. de la Rue du Can S and Price L 2008 Sectoral trends in global energy use and greenhouse gas emissions *Energy Policy* 36 1386–403.

<sup>37</sup> SANDHAM, Ia. The quality of environmental impact reports for projects with the potential of affecting wetlands in South Africa. Environmental Assessment Research Group, School of Environmental Sciences, North West University, Private Bag X6001, Potchefstroom 2520, South Africa ISSN 0378-4738 = Water SA Vol. 34 No. 2 April 2008.

<sup>38</sup> NOURI. Op. cit., p. 3267-3275.

<sup>39</sup> PÓDER T. Evaluation of environmental aspects significance in ISO 14001. *Environmental Management* 2006;37(5):732–43.

medioambiental en particular), la gravedad (la combinación de la cantidad, la toxicidad, el volumen afectado, área de superficie y extensión), la probabilidad (la probabilidad del evento que causa el impacto ambiental) y duración (persistencia) de los impactos ambientales.

Adicionalmente, cuando se utilizan métricas integradas, proporcionan una cobertura más amplia de los aspectos de sostenibilidad desde múltiples perspectivas teóricas, lo que hace más probable iluminar los problemas potenciales de impacto en comparación a los indicadores utilizados individualmente. Sin embargo se necesitan más investigaciones para refinar sus aplicaciones en el sistema y demostrar su utilidad para la evaluación de proyectos sostenibles<sup>40</sup>. Además, la fiabilidad de una evaluación de la sostenibilidad aumenta con el número de métricas integradas y criterios de sostenibilidad asociados que lo apoyen<sup>41</sup>.

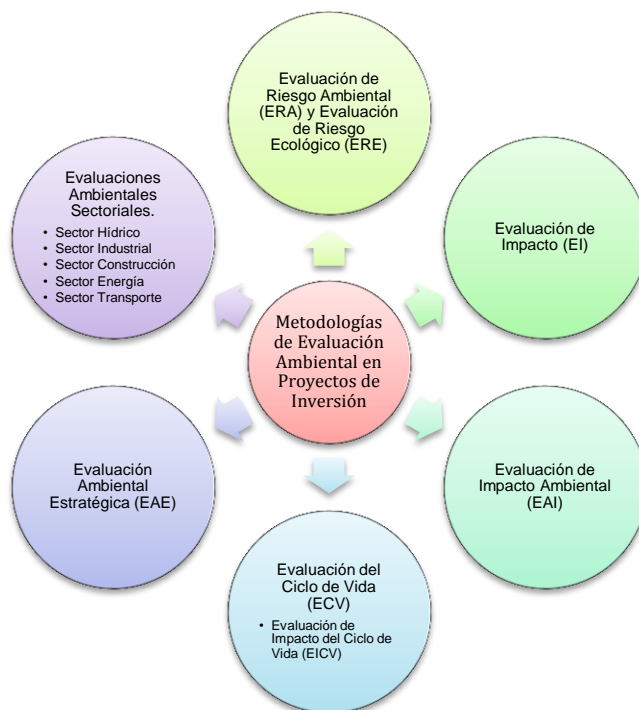
De acuerdo a lo anterior y al análisis de la revisión de la literatura, se clasifican las principales metodologías de evaluación ambiental de acuerdo a seis conceptos, como se expone en la Figura 6, los cuales mas adelante en el documento, se definen y se dividen en subcategorías de metodologías aplicadas por autores específicos.

---

<sup>40</sup> INGWERSEN. Op. cit., p. 386-1413.

<sup>41</sup> Ibíd.

**Figura 6. Estructura de las Metodologías de Evaluación Ambiental en Proyectos de Inversión.**



**5.4.1. Evaluación de riesgo ambiental y ecológico.** La Evaluación de Riesgo Ambiental (ERA) pone el énfasis en los posibles impactos ambientales negativos de las actividades de una organización y permite la identificación de indicadores que reflejan directamente su esfuerzo, la eficiencia y la eficacia en la reducción o prevención. Existen numerosas directrices y metodológicas dentro del campo de la ciencia del medio ambiente para proporcionar orientación para un programa de evaluación de riesgos<sup>42</sup>.

<sup>42</sup> ROBU, Brîndușa, CĂLIMAN, Florentina. METHODS AND PROCEDURES FOR ENVIRONMENTAL RISK ASSESSMENT. Environmental Engineering and Management Journal November/December 2007, Vol.6, No.6, 573-592 <http://omicron.ch.tuiasi.ro/EEMJ/>

La ERA requiere herramientas y metodologías adecuadas<sup>43</sup> haciendo hincapié en los enfoques cuantitativos y científicos en la identificación y evaluación de impacto, mejorando la formación técnica para la toma de decisiones. Por lo tanto, una cooperación más estrecha entre los evaluadores de impacto ambiental, evaluadores de riesgos y expertos mixtos permitiría obtener información más eficaz en el proceso de evaluación ambiental<sup>44</sup>.

La ERA puede aplicarse no sólo en la etapa de la predicción y evaluación de impactos, sino también durante la implementación y etapas de cierre del proyecto (durante todo el ciclo de vida del proyecto)<sup>45</sup>.

Por otra parte, la metodología general de la Evaluación de Riesgo Ecológico (ERE) se describe en las directrices de la EPA<sup>46</sup> de los EE.UU e incluye tres fases principales; la formulación del problema, el análisis de riesgos y la caracterización del riesgo, basado en modelos experimentales y teóricos. Es un esquema del modelo conceptual para la ERE, el cual en cada fase, varios tipos de modelos son aplicables, es decir, mecanicista, probabilística, empírico, el razonamiento, a partir de datos suministrados por experimentos o bases de datos<sup>47</sup>.

En la formulación del problema, el propósito de la evaluación se articula, el problema se define y se determina un plan para analizar y caracterizar el riesgo. El trabajo inicial en la formulación del problema incluye la integración de la información disponible sobre las fuentes, los factores de estrés ambientales (elevados niveles de sonido, exceso de iluminación, hacinamiento) y las

---

<sup>43</sup> HASSELLOV, Martin. JAMES W. READMAN James F. RANVILLE Karen Tiede. Nanoparticle analysis and characterization methodologies in environmental risk assessment of engineered nanoparticles. *Ecotoxicology* (2008) 17:344–361 DOI 10.1007/s10646-008-0225-x.

<sup>44</sup> PACINI, Nic. Environmental Background Assessment: Basic Principles And Practice. *Environmental background Assessment. Ann Ist super sAnltà* 2008. Vol. 44, no. 3: 258-267.

<sup>45</sup> *Ibíd.*

<sup>46</sup> EPA. *Guidelines For Ecological Risk Assessment*; 1998.

<sup>47</sup> TIRUTA-BARNA Ligia, BENETTO Enrico, PERRODIN Yves. Environmental Impact And Risk Assessment Of Mineral Wastes Reuse Strategies: Review And Critical Analysis Of Approaches And Applications. *Resources, Conservation and Recycling* 50 (2007) 351–379.

características de los ecosistemas y de los receptores<sup>48</sup>.

Durante la fase de análisis, los datos son evaluados para determinar cómo es posible que ocurra la exposición a los factores de estrés, teniendo en cuenta esta exposición, se caracterizan los tipos de efectos ecológicos que se puedan esperar y asimismo, se determinan los puntos fuertes y las limitaciones de los datos sobre la exposición<sup>49</sup>.

**5.4.2. Evaluación de impacto.** La Evaluación de Impacto (EI) está diseñada para ser un proceso que prepara a los tomadores de decisiones políticos y a los diseñadores de proyectos, la evidencia sobre las ventajas y desventajas de las posibles opciones políticas mediante la evaluación de los impactos ambientales potenciales<sup>50</sup>.

El sistema de EI está estructurado por un conjunto común de preguntas básicas, las normas de análisis mínimas y un formato común.<sup>51</sup> que entró en pleno funcionamiento en 2005<sup>52</sup>.

De Smedt<sup>53</sup> plantea como objetivo comparar el uso de herramientas científicas para lograr una EI satisfactoria, que es utilizada por los investigadores y los responsables políticos en casos seleccionados. El uso de herramientas de EI se acepta de manera efectiva entre los investigadores y los responsables políticos como un proceso de evaluación para apoyar medidas políticas sostenibles.

---

<sup>48</sup> EPA. Guidelines For Ecological Risk Assessment; 1998.

<sup>49</sup> *Ibíd.*

<sup>50</sup> De SMEDT. *Op. cit.*, p. 354–376.

<sup>51</sup> Comisión Europea 2002.

<sup>52</sup> LEE, N., C. KIRKPATRICK. Evidence- based policy-making in Europe: an evaluation of European Commission integrated impact assessments. *Impact Assessment and Project Appraisal* 2006. 24 (1):23-33.

<sup>53</sup> De SMED. *Op. cit.*, p. 354–376.

Todavía hay una brecha potencial entre las contribuciones de los investigadores y los tipos de instrumentos de evaluación que los responsables políticos parecen más capaces o dispuestos a utilizar<sup>54</sup>. Si la colaboración entre los investigadores y los responsables políticos evoluciona, utilizar herramientas de IA podría ser considerada una práctica de primera línea que conecta la ciencia y la política en el desarrollo sostenible<sup>55</sup>.

**5.4.3. Evaluación de impacto ambiental.** La Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) es una poderosa herramienta para la toma de decisiones informada. Contribuye a decisiones más sensibles con el medio ambiente y a la integración de las consideraciones ambientales y sociales en la planificación del desarrollo. Es un proceso que da lugar a una mayor coordinación entre el sector privado y los ministerios del gobierno, tales como el medio ambiente, planificación, y el público. Contribuye a la transparencia del proceso de toma de decisiones durante el desarrollo, la implementación, el monitoreo y el seguimiento de las etapas de un proyecto. Si la EIA es diseñada y coordinada adecuadamente, puede ser una herramienta eficaz para el logro de la sostenibilidad<sup>56</sup>.

La EIA es un procedimiento sistemático para la identificación y evaluación de los impactos potenciales de un proyecto propuesto, asegurando que las consideraciones ambientales se tengan debidamente en cuenta y desarrollando medidas y alternativas de mitigación, reducción y prevención apropiadas, tales como modificaciones o sitios alternativos para el proyecto<sup>57 58</sup>. La EIA Se ha desarrollado como un enfoque críticamente importante para determinar, predecir e

---

<sup>54</sup> *Ibid.* p. 354–376.

<sup>55</sup> *Ibid.* p. 354–376.

<sup>56</sup> UNEP Briefs on Economics, Trade and Sustainable Development (2002) .Information and Policy Tools from the United Nations Environment Programme. UNEP's Environmental Impact Assessment Training Resource Manual -Second Edition.

<sup>57</sup> LATTEMANN, Sabine. HÖPNER, Thomas. Environmental Impact And Impact Assessment Of Seawater Desalination. *Desalination* 220 (2008) 1–15.

<sup>58</sup> MAKARENKO Iryna. Challenges of Environmental Impact Assessment (EIA) Procedure for Transboundary Projects in the Black Sea Basin. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 12: 445-452 (2012) DOI: 10.4194/1303-2712-v12\_2\_35.

interpretar el impacto ecológico en el medio ambiente, la higiene pública y la salud de los ecosistemas<sup>59</sup>, es una poderosa herramienta para la toma de decisiones informada y es un proceso que da lugar a una mayor coordinación entre el sector privado y los ministerios del gobierno.

La EIA identifica incertidumbres científicas y lidera el camino para que el proceso de EA pueda jugar un papel directo en la orientación de la ciencia, la toma de decisiones y el diseño de ingeniería para mejorar la sostenibilidad de los grandes proyectos<sup>60</sup>.

Los componentes particulares, etapas y actividades de un proceso de EIA dependerá de las necesidades del país. Se han creado Programas de Evaluación del Desempeño Ambiental que permiten un enfoque más amplio que abarque<sup>61</sup>, sin embargo, la mayoría de los procesos de EIA tienen una estructura y aplicación de las principales etapas que constituyen una norma básica de buenas prácticas.

Por lo general, el proceso de EIA comienza con la selección de la metodología mas adecuada a desarrollar y termina con alguna forma de dar seguimiento a la aplicación de las decisiones y medidas adoptadas como consecuencia de un informe de la EIA<sup>62</sup>.

Los métodos de evaluación ambiental deben usarse con mucha precaución ya que se debe considerar cuidadosamente qué método es el más apropiado dadas sus necesidades, teniendo en cuenta el objetivo global del proyecto, la definición del sistema, el conjunto de objetivos medioambientales, la calidad de los indicadores

---

<sup>59</sup> NOURI, J. JASSBI, J. JAFARZADEH, N. ABBASPOUR, M. VARSHOSAZ, K. Comparative Study Of Environmental Impact Assessment Methods Along With A New Dynamic System-Based Method. *African Journal of Biotechnology* Vol. 8 (14), pp. 3267-3275, 20 July, 2009.

<sup>60</sup> TULLOS. Op. cit., p. 1-16.

<sup>61</sup> KATAYAMA, K. Spatial Order And Typology Of Hakka Dwellings. In *Proceedings of the International Symposium on Innovation and Sustainability of Structures in Civil Engineering*, Xiamen, China, 28–30 October 2011.

<sup>62</sup> UNEP. (2002). Environmental Impact Assessment Training Resource Manual.

que se utilizarán y su modo de expresión de los resultados.<sup>63</sup> Con la intención de ayudar a los diseñadores de proyectos y tomadores de decisiones para anticipar y abordar tanto la salud y el medio ambiente en la realización del proyecto, de manera que se obtenga el beneficio máximo<sup>64 65</sup>.

La calidad de las decisiones relativas a la EIA ha mejorado como resultado del aumento del uso de la modificación o la mitigación y el uso de condiciones más estrictas sobre permisos legales<sup>66</sup> que permite determinar la viabilidad ambiental de un proyectos propuesto<sup>67</sup>.

En relación a la efectividad de la EIA, Rozema y Bond<sup>68</sup> considerarán que no es efectiva para la mayoría de los interesados. La EIA fue establecida para apoyar la toma de decisiones a través de una mejor comprensión de los impactos, por lo que su ineficacia es sorprendente cuando su papel se percibe como más amplio. Sin embargo, sigue existiendo la necesidad de asignar los discursos en diferentes contextos de decisión y analizar el grado en que se ajusta la gama de discursos a lo largo del proceso de decisión, y el papel de la evaluación del impacto en los procesos, antes de realizar recomendaciones ya sea para mejorar la eficacia en la evaluación del impacto, o si es simplemente la percepción de la eficacia lo que debe mejorarse.

Es frecuente que la influencia del proceso de EIA en la minimización de impacto

---

<sup>63</sup> VAN DER WERF. Hayo. TZILIVAKIS, John. Environmental Impacts Of Farm Scenarios According To Five Assessment Methods. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 118 (2007) 327–338.

<sup>64</sup> LATTEMANN. Op. cit., p. 1-15.

<sup>65</sup> THÉRIVEL, R. PARTIDARIO, MR. Editors. *The practice of strategic environmental assessment*. London: Earthscan; 1996

<sup>66</sup> JAY. Op. cit.

<sup>67</sup> ZHU, Da. RU Jiang. Strategic environmental assessment in China: Motivations, politics, and effectiveness. The World Bank, USA Received 24 October 2005; received in revised form 31 January 2007; accepted 19 March 2007. Available online 23 May 2007.

<sup>68</sup> ROZEMA, J. BOND, A. *Framing Effectiveness In Impact Assessment: Discourse Accommodation In Controversial Infrastructure Development. Environmental Impact Assessment Review* (2015). 50 Pp 66–73.

se vea debilitado por los vacíos de información, proporcionando orientación inadecuada para modificar diseños, sobre todo cuando los proyectos tienen una flexibilidad limitada en la línea de tiempo y presupuesto. Sin embargo, sin una investigación exhaustiva de los posibles impactos de un proyecto de gran envergadura, se producirán impactos irreversibles e imprevistos para el medio ambiente<sup>69</sup>.

Diversas encuestas indican que los profesionales de la EIA todavía dependen en gran medida de los métodos simples de predicción y evaluación (por ejemplo, listas de control, matrices y redes) los cuales se encuentran entre el grupo de toma de decisiones basadas en las variables estables y aplicación (sólo en base a la opinión del experto)<sup>70</sup>. A menudo, éstos se utilizan en combinación, entre sí o con métodos más complejos, para cubrir la naturaleza y el alcance de los impactos abordados en los estudios de EIA típicos<sup>71</sup>.

Nouri et al.<sup>72</sup> presentan un modelo de simulación dinámica el cual es una fuerte herramienta para predecir los comportamientos conectados de diferentes sistemas para responder a las señales de estímulo en un período de tiempo. Utilizando el modelo, las directrices propuestas que exponen los efectos de evaluación de impacto ambiental puede ser mejorado complementado en un entorno simulado con el fin de seleccionar la mejor estrategia y decisión<sup>73</sup> en el desarrollo de un proyecto. Es así como los modelos de simulación pueden ser utilizados como una herramienta para determinar y predecir los impactos sobre la base de un sistema

---

<sup>69</sup> TULLOS. Op. cit., p.1-16.

<sup>70</sup> NOURI. Op. cit., p. 3267-3275.

<sup>71</sup> ABAZA, H., BISSER, R., & SADLER, B. *Environmental Impact Assessment and Strategic Environmental Assessment : Towards an Integrated Approach*. UNEP. (2004).

<sup>72</sup> Ibid., p. 3267-3275.

<sup>73</sup> HOLMAN RA, STANLEY J, OZKAN-HALLER T Applying Video Sensor Networks to nearshore environment monitoring. *IEEE Pervasive Computing*, (2003). 2(2): 14-21.

dinámico<sup>74</sup>.

En la Tabla 6, se presentan los métodos más importantes presentes en el modelo dinámico, los cuales se aplican a la EIA, tales como; el Método Especial Pericia (*Ad Hoc*), la Superposición de Mapas, listas de control, matrices y redes.

En términos generales, las ventajas de la metodología propuesta por Nouri et al.<sup>75</sup> en comparación con otros métodos se pueden describir de la siguiente manera; En el modelo dinámico, presenta los efectos que pueden ser especificados para un período de tiempo, en el que se utilizan los métodos explicados en la Tabla 6 y en el modelo de simulación expone un análisis de escenarios y sensibilidad, lo que hace posible desarrollar una metodología que se comporta en base al mundo real, considerando la relación de causa y efecto entre los elementos y recogiendo las experiencias de expertos dentro de una misma metodología, la cual ofrece flexibilidad y un marco general para otros proyectos similares<sup>76</sup>.

**Tabla 6. Principales Métodos de Evaluación Ambiental.**

Método	Tipo de variable	Características	Deficiencias	Análisis de datos
Ad Hoc	Cualitativa	Identificación de impactos	Ni sistemática, ni comparativa	Método especial de experiencia
Superposición de mapas	Cualitativa	Poder de distinción y análisis contrastivo de impactos.	falta de criterios para la evaluación y falta de capacidad en la identificación de impactos intensivos.	Basado en mapas ambientales
Lista de control	Cualitativa	Identificación de impactos	Inspección de efecto justo	Inspección de los parámetros efectivos

<sup>74</sup> ROUDGARM P, MONAVARI M, FEGHHI J, NOURI J, KHORASANI N Environmental impact prediction using remote sensing images. J. Zhejiang University-Science, (2008). A 9(3): 381-390; DOI: 10.1631/jzus. A072222.

<sup>75</sup> NOURI. Op. cit., p. 3267-3275.

<sup>76</sup> NOURI. Op. cit., p. 3267-3275.

<b>Método</b>	<b>Tipo de variable</b>	<b>Características</b>	<b>Deficiencias</b>	<b>Análisis de datos</b>
Matriz	Cuantitativa	Criterio simple, posibilidad de comparación de las decisiones, bienestar económico y flexibilidad.	Análisis de datos bajo por falta de certeza y falta de consideración a los efectos comparativos.	Simple descripción de los impactos del proyecto
Redes	Cuantitativa	Identificación de impactos, muestra análisis de causa y efecto.	La falta de criterio para determinar el impacto en comparación con otra necesidad gastos.	Basado en la descripción de causa y efecto de los impactos

Fuente: Adaptación Nouri et al.

A continuación, se presentan los Nueve Principios generales de aplicación EIA, los cuales son ampliamente correspondientes a los principios básicos emitidos por el estudio de la eficacia de la IAIA / IEMA<sup>77</sup>:

- La EIA debe aplicarse como una herramienta para ayudar a lograr el desarrollo sostenible.
- La EIA debe integrarse en los procesos de planificación y aprobación de desarrollo existentes.
- La EIA debe aplicarse como una herramienta para implementar la gestión del medio ambiente, en lugar de sólo como un informe para obtener la aprobación de proyectos.
- La EIA debe integrarse en el ciclo de vida del proyecto para garantizar que la información ambiental se proporcione en los centros de decisión apropiados y en el tiempo correcto. Tiene que haber una constante interacción y retroalimentación entre el equipo de la EIA, los diseñadores del proyecto y el promotor para asegurar que los cambios de diseño y de localización se puedan implementar para evitar o minimizar los impactos adversos en la mayor medida

<sup>77</sup> IAIA (International Association for Impact Assessment). (1999). and the UK Institute of Environmental Management and Assessment (1999) Principles of EIA best practice. IAIA, Fargo, North Dakota, USA.

posible.

- La EIA debe aplicarse a todas las acciones propuestas que puedan tener un efecto adverso significativo sobre el medio ambiente y la salud humana.
- La EIA debe incluir un análisis de alternativas viables a la acción propuesta. El proceso debe ser aplicado temprano en el desarrollo del proyecto en una etapa en que estas alternativas sean todavía posibles.
- La EIA debe incluir oportunidades significativas para la participación pública. Estos deben ocurrir durante todo el proceso de la EIA, utilizando mecanismos que sean apropiadas a las partes interesadas.
- La EIA debe llevarse a cabo de una manera multi o interdisciplinaria, utilizando la mejor ciencia posible.
- La EIA debe integrar la información sobre los impactos sociales, económicos y biofísicos en la mayor medida posible.

Adicionalmente, todos los proyectos propuestos deben ser examinados para determinar si deben ser objeto no de una EIA. Idealmente, la selección también debe identificar cuál es el nivel o el alcance de la EIA y si se justifica. Este proceso trae claridad y certidumbre a la aplicación de EIA. Un enfoque común (por ejemplo, el Banco Mundial utiliza una versión similar de este enfoque) es clasificar los proyectos en diferentes tipos de categoría de impacto, tales como:

- Categoría 1 - Proyectos en los que no se espera que resulten impactos adversos significativos y que no requieren estudio ambiental adicional.
- Categoría 2 - Proyectos que sean susceptibles de causar un número limitado de impactos adversos significativos a menos que se tomen medidas de mitigación apropiadas. Estos impactos y los medios de mitigación de los mismos se entienden razonablemente bien y se espera que este tipo de proyectos sólo requieren estudio ambiental limitado y la preparación de un plan de mitigación apropiadas.
- Categoría 3 - Proyectos que puedan causar una serie de efectos adversos significativos, el alcance y la magnitud no se pueden determinar sin un estudio

detallado.

Asimismo, Schweizer y Kriegler<sup>78</sup> presentan una metodología en la cual la información sobre las tendencias de un sistema puede ser descubierta a través del método de Balance de Impacto Cruzado (BIC) el cual proporciona una comprobación explícita para la consistencia interna de escenarios cualitativos.<sup>79</sup> Representa juicios sobre las relaciones entre las variables seleccionadas para representar algún sistema en estudio, los cuales se utilizan para evaluar la consistencia interna del escenario ambiental en particular. Para cualquier análisis BIC, se completan los siguientes pasos; definir el sistema en estudio, reunir juicios para las relaciones entre las variables y evaluar la consistencia interna de los escenarios<sup>80</sup>.

El análisis BIC ha sido empleado para estudios pertinentes en la investigación del cambio ambiental y global<sup>81</sup>, brindando profundas implicaciones para los resultados y recomendaciones en los estudios de cambio ambiental.<sup>82</sup> Asimismo, los resultados específicos del estudio de caso sobre escenarios de emisiones desarrollado en ésta metodología, pueden ser de utilidad para nuevos escenarios socioeconómicos en investigaciones de cambio climático<sup>83</sup>.

**5.4.4. Evaluación ambiental estratégica** La Evaluación Ambiental Estratégica (EAE) es un proceso sistemático para la evaluación de las consecuencias ambientales de una política, plan propuesto o iniciativa de un proyecto, con el fin

---

<sup>78</sup> SCHWEIZER Vanessa Jine. KRIEGLER, Elmar. Improving environmental change research with systematic techniques for qualitative scenarios. *Environmental Research Letters*. 7 (2012) 044011 (14pp). doi:10.1088/1748-9326/7/4/044011.

<sup>79</sup> WEIMER-JEHLE W *ScenarioWizard. Constructing Consistent Scenarios Using Cross-Impact Balance Analysis, Manual*. 2010. (Stuttgart: ZIRN).

<sup>80</sup> SCHWEIZER. Opc. cit., p.1-14.

<sup>81</sup> ZIRN. Interdisciplinary Research Unit on Risk Governance and Sustainable Technology Development (2011) *Cross-Impact Balance Analysis: Publications* ([www.cross-impact.de/english/CIB\\_e\\_Pub.htm](http://www.cross-impact.de/english/CIB_e_Pub.htm), accessed 13 Aug 2011).

<sup>82</sup> SCHWEIZER. Opc. cit., p.1-14.

<sup>83</sup> Moss R H *et al* 2010 The next generation of scenarios for climate change research and assessment *Nature* 463 747–56

de asegurar que se incorporen plenamente y se aborden adecuadamente las consecuencias ambientales en la etapa conveniente y más temprana de toma de decisiones, a la par con las consideraciones económicas y sociales<sup>84</sup>. apoyando el desarrollo sostenible<sup>85</sup> y añadiendo valor a las actividades de planificación y de formulación de políticas también<sup>86</sup>.

La EAE también puede considerarse como un proceso de soporte de decisiones, especialmente cuando se aplica al desarrollo de un plan o proyecto. Ésta es la principal diferencia con respecto a la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), que trata un proyecto único y por lo tanto es mucho más específico<sup>87</sup>.

La EAE es una nueva herramienta que utiliza indicadores ambientales que se pueden utilizar para demostrar los cambios en la calidad del medio ambiente derivados de la ejecución de planes y proyectos<sup>88</sup>. Asimismo Los países en desarrollo pueden utilizarla para evaluar las consecuencias ambientales de las Políticas gubernamentales, Planes y Programas (PPP) en sus procesos de toma de decisiones<sup>89</sup>. Una EAE básicamente similar en su naturaleza, se puede aplicar para proyectos<sup>90</sup> de inversión.

---

<sup>84</sup> NILSON, M., BJO'RKLUND, A., FINNVEDEN, G., JOHANSSON, J. Testing a SEA methodology for the energy sector: a waste incineration tax proposal. *Environmental Impact Assessment Review* 2005. 25, 1e32.

<sup>85</sup> YU. *Op. cit.*, p. 1-9.

<sup>86</sup> PARTIDÁRIO MP. Strategic Environmental Assessment—Principles And Potential. In: Petts J, Editor. *Handbook Of Environmental Impact Assessment*, vol. 1. London: Blackwell; 1999.

<sup>87</sup> SALHOFER, Stefan. WASSERMANN, Gudrun. BINNER, Erwin. Strategic environmental assessment as an approach to assess waste management systems. Experiences from an Austrian case study. *Environmental Modelling & Software* 22 (2007) 610e618. Doi:10.1016/j.envsoft.2005.12.031.

<sup>88</sup> DONNELLY, Alison. JONES Mike. O'MAHONY, Tadhg. BYRNE, Gerry. Selecting Environmental Indicator For Use In Strategic Environmental Assessment. *Environmental Impact Assessment Review* 27 (2007) 161–175.

<sup>89</sup> ZHU. *Op. cit.*

<sup>90</sup> WALLINGTON, Tabatha. BINA, Olivia. THISSEN, Wil. Theorising Strategic Environmental Assessment: Fresh Perspectives And Future Challenges. *Environmental Impact Assessment Review* 27 (2007) 569–584. doi:10.1016/j.eiar.2007.05.007.

El objetivo principal en la confección de una EAE en un proyecto de inversión es conseguir un elevado nivel de protección del medio ambiente y la integración de las consideraciones ambientales en el proceso de planificación. Los indicadores ambientales son un útil instrumento para que este impacto se puede medir. Sin embargo, se debe considerar cuidadosamente la posibilidad de elaborar un conjunto de indicadores con el fin de no aislar posibles impactos específicos del proyecto<sup>91</sup>.

La EIA se aplica en el nivel de proyectos en donde se establecen medidas de mitigación a sus impactos locales, la EAE tiene un ámbito de aplicación más amplio, cubre desde un plan de uso del suelo o de infraestructura en el ámbito municipal hasta una política macroeconómica o de protección ambiental en el ámbito nacional<sup>92</sup>. En consecuencia académicos y profesionales siguen divididos sobre si se trata de cuestiones teóricas o metodológicas que requieren atención adicional<sup>93</sup>.

Vrbaški y Krnjetin<sup>94</sup> Expresan que con el objetivo de evaluar los posibles impactos que los planes y proyectos que pueden tener sobre el medio ambiente, la ley estipula la preparación de evaluaciones de impacto ambiental estratégicas para algunos proyectos en el curso de preparación de la documentación y la planificación urbana. Métodos bien conocidos, que se han utilizado hasta ahora en el mundo, como por ejemplo, los métodos de identificación, experiencia, listas de control y cuestionarios, matrices de múltiples análisis de criterios, análisis DOFA, análisis de la capacidad ecológica y similares, son recomendables en cada uno de los casos que corresponda para ciertas etapas de evaluación estratégica que se

---

<sup>91</sup> DONNELLY. Op. cit., p. 161–175.

<sup>92</sup> BRAVO. Op. cit., p. 147-170.

<sup>93</sup> BINA Olivia. A Critical Review Of The Dominant Lines Of Argumentation On The Need For Strategic Environmental Assessment. *Environmental Impact Assessment Review* 27 (2007) 585–606. Doi:10.1016/j.eiar.2007.05.003.

<sup>94</sup> VRBAŠKI, Biljana. KRNJETIN, Slobodan. Strategic Environmental Impact Assessment Experiences of the Republic of Serbia. *Prostor* 1[37] 17[2009] 184-191.

definen en la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental Estratégica. En su mayoría han sido preparados de una manera "burocrática" sin emplear métodos adecuados y sobre todo sin los correspondientes datos de entrada que se procesa a través de métodos anteriores.

Therivel<sup>95</sup> concluye que *“no hay ninguna razón metodológica fundamental por la que la EAE no deba introducirse en cualquier país”*. Puesto que en comparación con otros métodos, la EAE representa un enfoque para la evaluación integrada a nivel estratégico<sup>96</sup>. Particularmente en América Latina, son Chile y Bolivia los países que han elaborado EAE para grandes proyectos sectoriales de energía y transporte.<sup>97</sup>

Como la EAE es un enfoque relativamente nuevo, el diseño del proceso no es homogéneo<sup>98</sup>. Finnveden et al.<sup>99</sup> identificaron los siguientes pasos en el proceso; definición de objetivos, formulación de alternativas, análisis de escenarios, análisis ambiental (basado en las ciencias naturales), valoración (incluyendo métodos de agregación, política y valores éticos) y conclusiones, la revisión de la calidad, el seguimiento de las medidas.

Por su parte, Donnelly et al.<sup>100</sup> selecciona indicadores ambientales exitosos para el uso en la evaluación ambiental. El conjunto básico de indicadores ambientales de la OCDE que consta de cerca de 50 indicadores que abarcan temas que reflejan las principales preocupaciones ambientales en los países de la OCDE. Estos indicadores, y muchos otros, se clasifican utilizando el modelo Presión-

---

<sup>95</sup> THERIVEL. Op. cit.

<sup>96</sup> SALHOFER. Op. cit., p. 610-618.

<sup>97</sup> Comisión Nacional de Medio Ambiente (CONAMA) (2002), Programa de electrificación rural de Chile, informe final, [www.conama.gob.cl](http://www.conama.gob.cl).

<sup>98</sup> SALHOFER. Op. cit., p. 610-618.

<sup>99</sup> FINNVEDEN, G., NILSON, M., JOHANSSON, J., PERSSON, A., MOBERG, A., CARLSSON, J., 2003. Strategic environmental assessment methodologiesd applications within the energy sector. Environmental Impact Assessment. Review 23, 91e123.

<sup>100</sup> DONNELLY. Op. cit., p. 161–175.

Estado-Respuesta (PER), compuesto de indicadores de presiones ambientales (directos e indirectos).

Adicionalmente, la Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA) también ha desarrollado un conjunto básico de indicadores ambientales, 37 en total. Los indicadores ambientales desarrollados deben ir acompañados de un riguroso proceso de validación, tales como, la metodología de validación 3S, propuesto por Cloquell-Ballester et al.<sup>101</sup> El resultado ayudará a optimizar el número de indicadores ambientales requeridas en la EAE y enfoca el proceso de recopilación de datos básicos y el posterior seguimiento del medio ambiente.

La metodología de Evaluación Sistémica del Impacto Ambiental (ESIA), se basada en el proceso de “Parametrización Sistémica de la Dimensión Ambiental” propuesto por Vega<sup>102</sup>, y se concibe como un procedimiento de “evaluación ambiental estratégica” para políticas, planes, programas de desarrollo territorial, y grandes proyectos.

Vega et al.<sup>103</sup> presenta un enfoque ESIA que fue desarrollado a partir de la evaluación del impacto ambiental de los proyectos, siguiendo básicamente las fases típicas que participan en el desarrollo normal de un proyecto de ingeniería. Sin embargo, la metodología de EAE y el proceso relativo a las políticas, planes, programas y proyectos tiene una connotación diferente respecto a la evaluación de impacto ambiental típica. Estos métodos y herramientas definidas en materia de información ambiental sistémica poseen información, agregada y organizado en el marco de SPM, en el que la identificación y valoración (cualitativa y cuantitativa)

---

<sup>101</sup> CLOQUELL-Ballester V-A, MONTERDE-Díaz R, SANTAMARINA-Siurana M-C. Indicators validation for the improvement of environmental and social impact quantitative assessment. *Environ Impact Asses Rev* 2006;26:79-105.

<sup>102</sup> VEGA, L. Toward the systemic parameterization of the environmental dimension., *Revista Ingeniería e Investigación*, Vol. 31, No. 1, April, 2011, pp. 242-253.

<sup>103</sup> VEGA, J.; I. ORDOÑEZ.; PINILLA, G. Towards a systemic assessment of environmental impact (SAEI) regarding alternative hydro-sedimentological management practice in the Canal del Dique, Colombia. *Ingeniería E Investigación* Vol. 33 No. 3, December - 2013 (41-48).

de impacto ambiental se realiza a través del análisis multicriterio MCA y la sistematización indicativa de estos resultados en gran medida facilitados y presentados en la toma de decisiones con respecto a ambiental evaluación impacto.

A pesar de casi dos décadas de experiencia, los fundamentos de EAE siguen sin estar claros<sup>104</sup>. Algunos factores clave que han impedido la implementación efectiva de la EAE en los países en desarrollo son la falta de información adecuada, los intereses inmediatos de los funcionarios electos<sup>105</sup> y las políticas burocráticas entre los ministerios ambientales y no ambientales, han limitado la legislación y la aplicación de la evaluación ambiental estratégica a la evaluación ambiental<sup>106</sup>.

**5.4.5. Evaluación del ciclo de vida** Para la dimensión medioambiental de la sostenibilidad, la Evaluación del Ciclo de Vida (ECV) se ha practicado durante un tiempo y es un método estandarizado<sup>107</sup>, considerado como la base principal para la integración de los aspectos ambientales en cada estrategia, producción, producto final, especialmente en la etapa de diseño, y al final de la gestión de la vida, a través de la reingeniería de procesos y actividades hacia el desarrollo eco-industrial<sup>108</sup>.

El ECV es la metodología cuantitativa mas conocida de evaluación ambiental, la cual mediante un conjunto sistemático de procedimientos recopila y examina las entradas y salidas de materiales y energía, y evalúa los posibles impactos ambientales que ocasiona un producto, proceso o proyecto en el medio ambiente

---

<sup>104</sup> BINA. Op. cit., p. 585–606.

<sup>105</sup> ZHU. Op. cit., p.

<sup>106</sup> Ibíd.

<sup>107</sup> SCHAU, Erwin M. TRAVERSO, Marzia. Life Cycle Costing in Sustainability Assessment—A Case Study of Remanufactured Alternators. *Sustainability* 2011, 3, 2268-2288; doi:10.3390/su3112268.

<sup>108</sup> IOPPOLO. Op. cit., p. 6362-6376.

durante todo el período de su vida, desde la extracción de la materia prima a través de los procesos de fabricación, envasado, comercialización, uso, reutilización y el mantenimiento, es decir, en toda la cadena de suministro asociados al ciclo de vida<sup>109110</sup>.

En consecuencia, si se estudia sólo una parte de la cadena o del ciclo, lo que podría parecer como una mejora para el medio ambiente en ésta parte, podría conducir a un empeoramiento del impacto ambiental en otra o mas adelante<sup>111</sup>.

Su principal potencial en el proceso de toma de decisiones ambientales consiste en proporcionar una base cuantitativa para evaluar los posibles mejoras en el desempeño ambiental de un sistema a lo largo del ciclo de vida<sup>112</sup>. A su vez, tiene un enfoque multi-objetivo que cubre diferentes escalas, ofrece una amplia visión de los impactos ambientales de una actividad y permite comparar diferentes sistemas o estrategias alternativas<sup>113</sup>. En conclusión, el ECV es una herramienta apropiada para hacer un inventario de todas las emisiones contaminantes de los productos y los recursos asociados a cualquier proyecto<sup>114</sup> de inversión.

Los dos sistemas más utilizados elegidos en los estudios de ECV son "*de la cuna a la puerta de la fábrica*" y "*de la cuna a la tumba*". "*de la cuna a la puerta de la fábrica*" incluye pasos de la extracción de materias primas y combustibles, la

---

<sup>109</sup> CURRAN, M. A., Environmental Life Cycle Assessment, McGraw-Hill, New York, USA, 1997.

<sup>110</sup> D. BURCHART-KOROL. Significance Of Environmental Life Cycle Assessment (Lca) Method In The Iron And Steel Industry. METALURGIJA 50 (2011) 3, 205-208.

<sup>111</sup> BOUVART F., PRIEUR A. Comparison of life cycle GHG Emissions and energy consumption of combined electricity and H<sub>2</sub> production pathways with CCS: selection of technologies with natural gas, coal and lignite as fuel for the European HYPOGEN programme, *Energy Procedia* (2009) 1, 3779-3786.

<sup>112</sup> NIGRI, Elbert Muller. BARROS, Aline Capanema. ROCHA, Sonia Denise Ferreira. FILHO, Eduardo Romeiro. Assessing Environmental Impacts Using A Comparative LCA Of Industrial And Artisanal Production Processes: "Minas Cheese" case. *Food Sci. Technol*, Campinas, 34(3): 522-531, July-Sept. 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1678-457X.6356>.

<sup>113</sup> AUBIN, J. PAPATRYPHON, E. VAN DER WERF, H. CHATZIFOTIS, S. Assessment Of The Environmental Impact Of Carnivorous Finfish Production Systems Using Life Cycle Assessment. *Aubin et al. / Journal of Cleaner Production* 17 (2009) 354–361.

<sup>114</sup> INGWERSEN. Op. cit., p. 386-1413.

conversión de los pasos y hasta que el producto se entrega en la puerta de la fábrica. El sistema "de la cuna a la tumba" cubre todas las etapas anteriores del sistema y, además, el uso y la fase de eliminación<sup>115</sup>.

Según Azapagic y Clift<sup>116</sup>, la ECV tiene dos objetivos principales como una herramienta de gestión ambiental. El primero es cuantificar y evaluar el desempeño ambiental de un producto o un proceso de "la cuna a la tumba" y por lo tanto ayudar a los tomadores de decisiones para elegir entre los productos y procesos alternativos en el desarrollo de un proyecto. Otro de los objetivos de ECV es proporcionar una base para evaluar las posibles mejoras en el desempeño ambiental de un proyecto.

Portha et al.<sup>117</sup> Establecen que la ECV se divide en cuatro pasos correspondientes a un conjunto de normas ISO estandarizados;

- Objetivos y definición del alcance (ISO 14040, 2000)<sup>118</sup>,
- análisis de Inventario del Ciclo de Vida (ISO 14041, 2000)<sup>119</sup>,
- Evaluación del Ciclo de Vida de Impacto (ISO 14042, 2000)<sup>120</sup>,
- Análisis de las mejoras (ISO 14043, 2000)<sup>121</sup>.

---

<sup>115</sup> ŠUPUT et al. Opc. Cit.

<sup>116</sup> AZAPAGIC, A., & CLIFT, R. Life cycle assessment and multiobjective optimisation. *Journal of Cleaner Production*. (1999). 7(2), 135-143. [http://dx.doi.org/10.1016/S0959-6526\(98\)00051-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0959-6526(98)00051-1)

<sup>117</sup> PORTHA, J. JAUBERT. N, LOURE. PONS, M. Life Cycle Assessment Applied to Naphtha Catalytic Reforming. *Oil & Gas Science and Technology – Rev. IFP Energies nouvelles*, Vol. 65 (2010), No. 5, pp. 793-805. DOI: 10.2516/ogst/2010019.

<sup>118</sup> International Organization for Standardization - ISO. (2006a). *ISO 14040: environmental management: life cycle assessment: principles and framework*. 2nd ed. Geneva.

<sup>119</sup> ISO 14041 (2000) *Environmental management-life cycle assessment- goal and scope definition and inventory analysis*, Genève.

<sup>120</sup> ISO 14042 (2000) *Environmental management - life cycle assessment - life cycle impact assessment*, Genève.

<sup>121</sup> ISO 14043 (2000) *Environmental management-life cycle assessment- life cycle interpretation*, Genève.

En la primera etapa, el objetivo y el alcance se definen para guiar la evaluación. La segunda etapa es la parte vital, que consiste en calcular la cantidad de energía y materias primas utilizadas durante todo el ciclo de vida, dando como resultado un inventario de todas las entradas y salidas y emisiones al aire, la tierra y el agua<sup>122</sup>. En la tercera etapa, se calculan los potenciales impactos ambientales de estos flujos de inventario. Analizando los posibles contribuciones a el calentamiento global, el agotamiento de la capa de ozono, la acidificación, la creación de ozono a nivel del suelo y/o eutrofización. Y En la última etapa, la interpretación se da sobre la base de los resultados de cada etapa con el fin de sacar conclusiones y formular recomendaciones.

En la Actualidad las normas ISO se han redactado de nuevo y todos los elementos necesarios para la ECV se han recogido en un solo estándar que incluyen la ISO 14044<sup>123</sup> e ISO 14040<sup>124</sup>. Éstas normas proporcionan una metodología de ECV internacionalmente aceptada en gran variedad de situaciones con diferentes características y niveles de complejidad, adaptables a cualquier proyecto de inversión<sup>125</sup>. Su principal ventaja, frente a otros métodos específicos, es incluir todas las cargas y el impacto en el ciclo de vida de un producto o un proceso, y no se centran únicamente en las emisiones y residuos generados por un solo proceso<sup>126</sup>.

Por otra parte, Ingwersen y Cabezas<sup>127</sup> proponen una metodología para adaptar cuatro métricas integradas con la ECV, que comprenden; información en tierra (Huella Ecológica), de energía (Emergy), monetaria (Valor Neto Verde Añadido), y

---

<sup>122</sup> ŠUPUT, Danijela Z. LAZIĆ Vera L., LEVIĆ, Ljubinko B. KRKIĆ, Nevena M. TOMOVIĆ Vladimir M., PEZO Lato L.. Characteristics Of Meat Packaging Materials And Their Environmental Suitability Assessment. *Hem. Ind.* 67 (4) 615–620 (2013). doi: 10.2298/HEMIND120907104S.

<sup>123</sup> International Organization for Standardization - ISO. (2006b). *ISO 14044: environmental management – life cycle assessment - requirements and guidelines*. Geneva.

<sup>124</sup> International Organization for Standardization - ISO. (2006a). *ISO 14040: environmental management: life cycle assessment: principles and framework*. 2nd ed. Geneva.

<sup>125</sup> NIGRI. Op. cit., p. 522-531.

<sup>126</sup> PORTHA. Op. cit., p. 793-805.

<sup>127</sup> INGWERSEN. Op. cit., p. 386-1413.

el índice de orden del sistema (Información de Fisher). cada método con uno o más indicadores para la presentación de informes.

Las métricas integradas pueden definirse como medidas de la salud del sistema, que integran múltiples impactos en una sola unidad de medida basada en un principio científico o económico común, y consideran el sistema completo de interés en relación con el medio ambiente, social y contexto económico<sup>128</sup>. A continuación se presentan las definiciones de las cuatro métricas anteriormente señaladas;

El Método de la Huella Ecológica (EF) es una aproximación de la superficie de tierra biológicamente productiva necesaria para apoyar actividades humana dentro de un proyecto. El EF se desarrolló como una herramienta principal de contabilidad ambiental regional o nacional<sup>129</sup>.

El método Emergy (EME) contabiliza todas las fuentes directas e indirectas de la entrada de materia y energía en un sistema y realiza un seguimiento en el cual cuantifica las unidades utilizadas de un tipo común de energía.

El método de el Valor Neto Verde Añadido (GNVA) se encarga de la contabilidad empresarial convencionales mediante la monetización de los daños ambientales asociados a su actividad.

El método Fisher (FI) calcula la cantidad de información que se puede obtener para el propósito de observación de parámetros de ajuste a los datos<sup>130</sup>. En la Tabla 7, se compran los cuatro métodos anteriormente presentados.

---

<sup>128</sup> *Ibíd.*

<sup>129</sup> WACKERNAGEL, M.; REES, W. *Our Ecological Footprint—Reducing Human Impact on the Earth*; New Society Publishers: Gabriola Island, BC, Canada, 1996; p. 160.

<sup>130</sup> FISHER, R.A. *On The Mathematical Foundations Of Theoretical Statistics*. *Philos. Trans. R. Soc. London*. 1922, 222, 309–368.

**Tabla 7. Comparación Entre Los Métodos EF, EME, GNVA, FI.**

Métrica	Principio subyacente del sistema	¿Orientado a Recursos o Emisiones?	Cantidad	Indicadores Clave (por unidad funcional de producto)	Referencia
Huella ecológica (EF)	La producción primaria (biológicas)	Los Dos	Superficie de terreno	EF Total	[131]
Emergy (EME)	Termodinámica	Emisiones	Energía	Emergy total; % Energía renovable	[132]
Verde Valor Agregado (GNVA)	Economía	Recursos	Dinero	Costo total ; % Costo externo	[133]
Información Fisher (FI)	Teoría de la Información	Los dos	Información	FI/Tiempo; Var(FI)/Tiempo	[134]

Fuente: Adaptación Ingwersen et al.

La EME se ha utilizado para desarrollar métodos de ECV bajo varios nombres, incluyendo *Emergy*<sup>135</sup>. La EF se ha aplicado al diseño de redes de energía regional<sup>136</sup> y para la evaluación de combustibles de transporte<sup>137</sup>. FI aún no se ha aplicado en ECV, pero se ha utilizado ampliamente para sistemas tales como los ecosistemas. Mientras que las dos métricas restantes, ya se han demostrado en un número limitado de aplicaciones, para ser utilizadas en ECV<sup>138</sup>.

<sup>131</sup> WACKERNAGEL. Op. cit., p. 9266–9271.

<sup>132</sup> ODUM, H.T. Environmental Accounting; John Wiley & Sons: New York, NY, USA, 1996.

<sup>133</sup> ATKINSON, G. Measuring Corporate Sustainability. J. Environ. Plann. Manag. 2000, 43, 235252.

<sup>134</sup> MAYER, A. L.; PAWLOWSKI, C. W.; FATH, B. D.; CABEZAS, H. Applications of fisher information to the sustainable management of environmental systems. In Exploratory Data Analysis Using Fisher Information; Frieden, B.R., Gatenby, R.A., Eds.; Springer: London, UK, 2007; pp. 217–244. Building and Environment 44 (2009) 558–571.

<sup>135</sup> INGWERSEN. Op. cit., p. 386-1413.

<sup>136</sup> Vance, L.; Cabezas, H.; Heckl, I.; Bertok, B.; Friedler, F. Synthesis of sustainable energy supply chain by the P-graph framework. Ind. Eng. Chem. Res. 2012, 52, 266–274.

<sup>137</sup> Lee, S.-J.; Hawkins, T.; Ingwersen, W.; Young, D. Exploring the use of ecological footprint in life cycle impact assessment: Findings from a comparison of transportation fuels J. Ind. Ecol. 2014, accepted.

<sup>138</sup> INGWERSEN. Op. cit., p. 386-1413.

Debido a las limitaciones en la información y la falta de comprensión de las relaciones ambientales, las métricas integradas rara vez proporcionan valores absolutos de la condición del sistema. Por lo tanto, el uso de múltiples métricas puede proporcionar una perspectiva más amplia y robusta de la condición del sistema<sup>139</sup> que se desea evaluar.

Por otra parte, la ECV tradicional se limita a la evaluación de los impactos ambientales de un producto y los resultados no pueden reflejar los efectos de cambios en el ciclo de vida. Con el fin de mejorar la calidad de diseño ecológico, es una creciente necesidad de desarrollar un enfoque que puede reflejar los cambios entre los parámetros de diseño y los impactos ambientales de los productos. Se propone un enfoque de análisis de sensibilidad basado en la ECV y el *ecodiseño* en el presente documento<sup>140</sup>.

La fase de diseño es la principal debido a su importancia en el comportamiento medioambiental general de un proyecto<sup>141</sup>. Rebitze et al.<sup>142</sup> afirman que los impactos ambientales generados durante la fase de diseño representan no más del 10% de los impactos ambientales totales de un producto. Sin embargo, las decisiones tomadas en ésta fase conducen a un 70% de los impactos ambientales totales en un proyecto. En consecuencia se han propuesto muchos métodos de diseño ecológico en la literatura.

Específicamente, Yu et al.<sup>143</sup> presentan una metodología que integra los métodos paramétricos con la ECV, donde se propone un enfoque de análisis de

---

<sup>139</sup> *Ibíd.*

<sup>140</sup> YU. Op. cit., p. 1-9.

<sup>141</sup> GANGOLELLS Marta, CASALS Miquel, GASSO Santiago, FORCADA Nuria, ROCA, FUERTES Xavier Alba. A Methodology For Predicting The Severity Of Environmental Impacts Related To The Construction Process Of Residential Buildings.

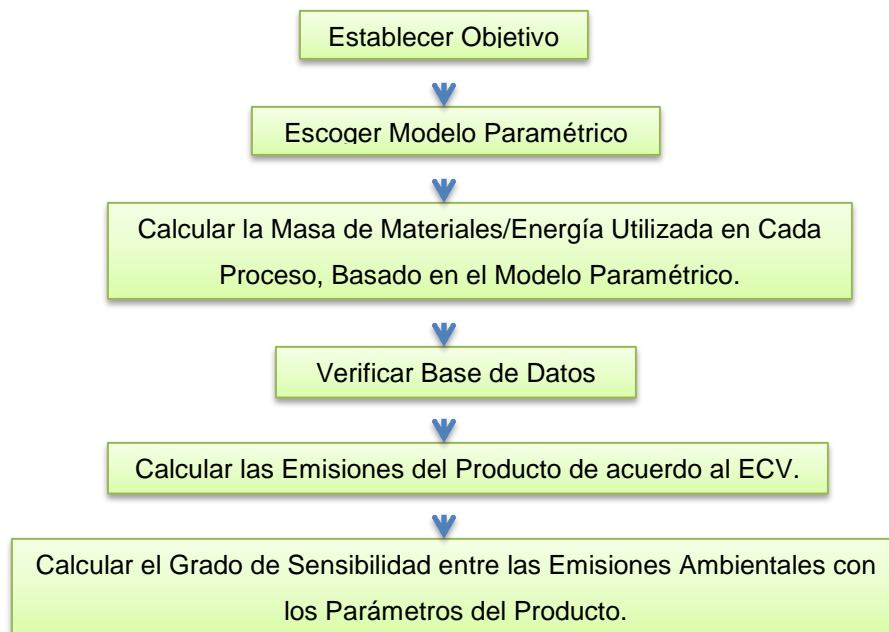
<sup>142</sup> REBITZER, G. EKVALL, T. FRISCHKNECHT, R. et al., "Life cycle assessment: part 1: framework, goal and scope definition, inventory analysis, and applications," *Environment International*, vol. 30, no. 5, pp. 701–720, 2004.

<sup>143</sup> YU. Op. cit., p. 1-9.

sensibilidad para ayudar a los usuarios a encontrar el parámetro de diseño que tenga la influencia más significativa en el comportamiento ambiental del proyecto.

La ventaja significativa de éste enfoque es que está ayudando a los diseñadores, los cuales dificultades para estimar el impacto de cada parámetro de diseño en el comportamiento ambiental del producto<sup>144</sup> y que carecen de los conocimientos ambientales para elegir los parámetros de diseño adecuados para mejorar el desempeño ambiental.

**Figura 7. Estructura de la Metodología de Evaluación Ambiental de Yu et al.**



Fuente: Adaptación de Yu et al.

De esta manera, se puede encontrar rápidamente que el diseño de parámetros puede reducir la liberación de emisiones de un producto al ambiente de una manera significativa. En conclusión, sobre la base del presente modelo, se propone un enfoque de análisis de sensibilidad para ayudar a los usuarios a

<sup>144</sup> SIDDHAYE. SHENG, P. "Environmental impact and design parameters in electronics manufacturing - a sensitivity analysis approach," in Proceedings of the IEEE International Symposium on Electronics and the Environment (ISEE '00), pp. 39–45, October 2000.

encontrar el parámetro de diseño que tiene la influencia más significativa en el comportamiento ambiental del producto.<sup>145</sup>

Entre los métodos disponibles para evaluar el desempeño ambiental, económico y social de los materiales, tecnologías, productos y en general los recursos utilizados en el desarrollo de un proyecto, la ECV ofrece un enfoque integral que considera los impactos potenciales de todas las etapas de un proyecto<sup>146</sup>.

Su principal ventaja, frente a otros métodos específicos, es incluir todas las cargas y el impacto en el ciclo de vida de un producto o un proyecto, y no se centran en las emisiones y residuos generados por sólo una parte del ciclo<sup>147</sup>.

En conclusión, aunque la ECV es una herramienta poderosa para evaluar los impactos ambientales de los productos y aplicable a los proyectos, es difícil de implementar en algunos proyectos, ya que requiere demasiado tiempo para recopilar los datos relacionados en cada fase del ciclo de vida<sup>148</sup>. Es necesario profundizar en la investigación del efecto ambiental en distintos escenarios de eliminación de los materiales y desechos al medio ambiente<sup>149</sup>.

**5.4.5.1. Evaluación de Impacto del Ciclo de Vida** La Evaluación de impacto es un paso importante en la medición de los impactos ambientales en la ECV. Chehebe et al.<sup>150</sup> Asegura que la ECV es un proceso cualitativo/cuantitativo que permite la comprensión y la evaluación de la magnitud y la importancia de los impactos ambientales sobre la base de los resultados obtenidos del análisis del

---

<sup>145</sup> YU et al. Op. cit., p. 1-9.

<sup>146</sup> D. BURCHART. Op. cit., p. 205-208.

<sup>147</sup> PORTHA. Op. cit., p. 793-805.

<sup>148</sup> YU. Op. cit., p. 1-9.

<sup>149</sup> SCELISI, L., BONNER M., HODZIC, A., SOUTIS, C., WILSON, R., SCAIFE, K. Potential Emissions Savings Of Lightweight Composite Aircraft Components Evaluated Through Life Cycle Assessment. *eXPRESS Polymer Letters* Vol.5, No.3 (2011) 209–217. DOI: 10.3144/expresspolymlett.2011.20.

<sup>150</sup> CHEHEBE, J. *Análise do ciclo de vida de produtos*. Rio de Janeiro: Qualitymark. (1998).

inventario. La Evaluación de Impacto del Ciclo de Vida (EICV) Selecciona los temas ambientales, llamados categorías de impacto, y utiliza indicadores de categoría para condensar y explicar los resultados del inventario del ciclo de vida<sup>151</sup>.

La EICV puede incluir la clasificación de cada impacto, el modelado de los impactos ambientales con un indicador de impacto (caracterización) y elementos opcionales. Utiliza métodos como los siguientes: *Eco-indicator99*, *Eco-indicador 95*, *LMC 92*, *CML2 Línea de base*, *EDIP / UMIP*, *97 puntos ecológicos*, *Impacto 2002+*, *TRAC* y el *método EPD* entre otros. Cada método contiene un número (por lo general 10 a 20) de indicadores de impacto<sup>152</sup>.

Por ultimo se encuentra el método *Ecoinvent v2.0* de datos, que contiene datos de inventario del ciclo de vida industrial internacional en el suministro de energía, la extracción de recursos, el suministro de materiales, productos químicos, metales, agricultura, servicios de gestión de residuos, y los servicios de transporte<sup>153</sup>.

**5.4.6. Evaluaciones ambientales sectoriales** En éste capítulo se presentan las diferentes metodologías encontradas en la revisión de la literatura, que son específicas de un sector, y que permiten establecer un marco de referencia de las metodologías que se están utilizando en la practica para la evaluación ambiental en proyectos de inversión.

**5.4.6.1. Evaluación Ambiental En Proyectos Hídricos** La ECV se ha utilizado para investigar los procesos relacionados con el agua desde 1995<sup>154</sup>. En general,

---

<sup>151</sup> NIGRI. Op. cit., p. 522-531.

<sup>152</sup> POOPAK, Sotoodehnia.; AGAMUTHU, P. Life Cycle Impact Assessment (LCIA) Of Paper Making Process In Iran. African Journal of Biotechnology Vol. 10(24), pp. 4860-4870, 6 June, 2011. DOI: 10.5897/AJB10.2044.

<sup>153</sup> SCELSEI. Op. cit., p. 209–217.

<sup>154</sup> EMMERSON RHC, MORSE GK, LESTER JN and EDGE DR The Life-Cycle Analysis Of Small Scale Sewage-Treatment Processes. (1995) *J. CIWEM*. 9 317-325.

se establece que los estudios de ECV relacionados con el agua se han aplicado a nivel estratégico y/o regional y a nivel de proyectos, mediante un proceso muy específico<sup>155</sup>.

Buckley et al.<sup>156</sup> establece que estudios de ECV y de pensamiento general del ciclo de vida están surgiendo como herramientas muy útiles en la investigación y la toma de decisiones para el sector del agua, así como en la gestión del agua como un recurso. Los diferentes estudios de ECV realizados en la industria local de agua han demostrado que la captación de agua del medio ambiente (en un país donde es un recurso limitado) y el uso de la energía para el tratamiento y bombeo de agua tienen los mayores impactos ambientales.

Sólo a través de la participación continua de la ciencia imparcial en toda la planificación, diseño, construcción y operación de las represas puede el desarrollo hídrico llegar acercarse a la sostenibilidad necesaria en la era de la inestabilidad de agua y energía.

Asimismo, Yilmaz et al.<sup>157</sup> presenta un modelo de gestión de los recursos hídricos que facilita las decisiones basadas en indicadores con respecto a las dimensiones ambientales, sociales y económicos, desde una perspectiva de múltiples criterios. La metodología desarrollada es una valiosa herramienta para la evaluación de los sistemas de recursos hídricos e ilustra una implementación eficiente de un enfoque integrado de la gestión de los recursos hídricos.

En la Figura 8, se describen las cuatro fases de la metodología, las cuales son;

---

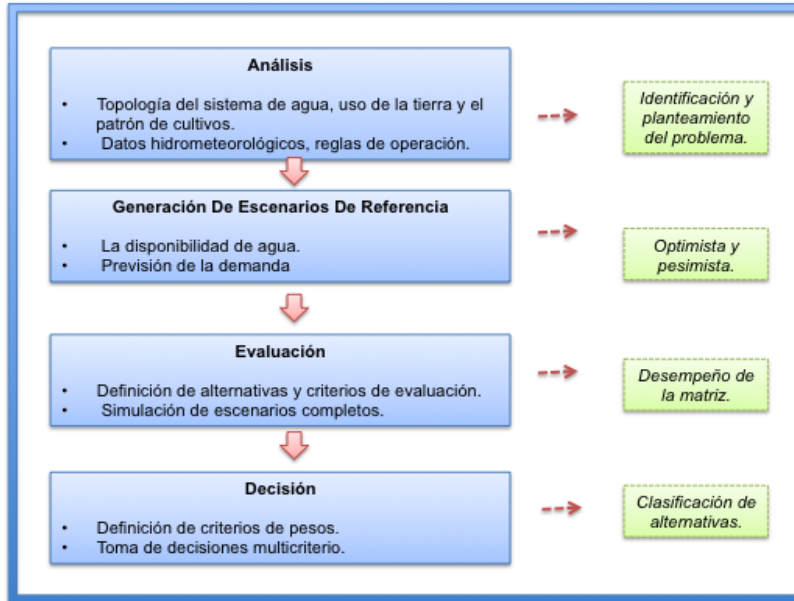
<sup>155</sup> BUCKLEY, Chris. FRIEDRICH, Elena. BLOTTNITZ, Harro von. Life-Cycle Assessments In The South African Water Sector: A Review And Future Challenges. ISSN 1816-7950 (On-line) = Water SA Vol. 37 No. 5 WRC 40-Year Celebration Special Edition 2011.p. 719-726.

<sup>156</sup> Ibíd.

<sup>157</sup> YILMAZ , Baris.; HARMANCIOGLU, Nilgun B. Multi-criteria decision making for water resource management: a case study of the Gediz River Basin, Turkey. ISSN 1816-7950 (On-line) = Water SA Vol. 36 No. 5 October 2010.

análisis, generación de escenarios de referencia, evaluación y decisión.

**Figura 8. Metodología de Evaluación Ambiental de Yilmaz et al.**



Fuente: Adaptación Yilmaz et al.

La metodología desarrollada es una valiosa herramienta para la evaluación ambiental de los sistemas de recursos hídricos e ilustra una implementación eficiente de un enfoque integrado de la gestión de los recursos hídricos<sup>158</sup>.

Para hacer frente a la importancia de los impactos pronosticados en un proyecto grande, en especial un proyecto hídrico<sup>159</sup>, en el cual la EIA se limita aún más en su función, puesto que en algunas ocasiones se realiza demasiado tarde, después de la planificación y el diseño<sup>160</sup>, surge la necesidad de capacitar a más especialistas para poder hacer uso de éstas valiosas herramientas para la toma de decisiones<sup>161</sup>.

<sup>158</sup> YILMAZ.

<sup>159</sup> TULLOS. Op. cit., p. 1-16.

<sup>160</sup> Ibíd. p. 1-16.

<sup>161</sup> BUCKLEY. Op. cit., p. 719-726.

**5.4.6.2. Evaluación Ambiental En Proyectos Industriales** La sostenibilidad está en la agenda internacional, y es un motor para la industria en la competencia internacional<sup>162</sup>. Debido a esto se creó el método de Estrategia Europa 2020 el cual identifica a las industrias ecológicas<sup>163</sup>. Éste modelo industrial permite llegar al famoso "*desacoplamiento*" entre el crecimiento económico y el uso de recursos, incluyendo la creación de riqueza y disminución de los impactos ambientales. Éstas herramientas pueden ser consideradas como la base principal para la evaluación y la integración de los aspectos ambientales en cada estrategia, diseño, producción, producto final, y al final de la gestión de la vida<sup>164</sup>.

Hofer et al.<sup>165</sup> presenta un modelo que está integrado por el *Lean Production* (LP) que es una estrategia o filosofía que promueve el uso de las prácticas, como el *Kanban*, la Gestión de Calidad Total (TQM) y el Justo a Tiempo (JIT), para reducir al mínimo la chatarra / residuos y mejorar el rendimiento de una empresa o proyecto.

El modelo ambiental de Lean Management Ambiental (LM) establecido por Leoppolo et al.<sup>166</sup> introduce la variable ambiental a lo largo de todos los procesos, en la producción y el uso de los recursos, materiales y energía, y también la introducción de los objetivos de reducción de los impactos ambientales, y de compartir la información ambiental para la conciencia ambiental expandiéndose a lo largo de la cadena de valor. Este modelo puede ser utilizado como una base para determinar las perspectivas y la dirección del cambio necesaria para una sociedad sostenible, representa una nueva frontera en términos de producción de manera eficiente, y es efectivamente capaz de reducir los insumos de recursos

---

<sup>162</sup> SCHAU. Op. cit., p. 2268-2288.

<sup>163</sup> Europa 2020. Available online: [http://ec.europa.eu/europe2020/europe-2020-in-a-nutshell/flagship-initiatives/index\\_it.htm](http://ec.europa.eu/europe2020/europe-2020-in-a-nutshell/flagship-initiatives/index_it.htm) (accessed on 1 October 2013).

<sup>164</sup> IOPPOLO. Op. cit., p. 6362-6376.

<sup>165</sup> HOFER, C.; EROGLU, C.; HOFER, A.R. The Effect Of Lean Production On Financial Performance: The Mediating Role Of Inventory Leanness. *Int. J. Prod. Econ.* 2012, 138, 242–253.

<sup>166</sup> OPPOLO. Op. cit., p. 6362-6376.

naturales, materiales y energía, o de residuos o contaminantes, manteniendo los activos de la tecno-esfera separada de los de la *ecosfera*, con el fin de evitar la degradación del medio ambiente.

De otra manera, Yang et al.<sup>167</sup> establece una metodología de marco multicriterio para la evaluación de la sostenibilidad basada en la ECV. Que se controla mediante la propuesta de un marco de evaluación con una serie de indicadores. En combinación con el análisis del ciclo de vida, donde se realiza un estudio de caso y se evalúa la vida útil de la sostenibilidad de un parque industrial. Donde propone un esquema para evaluar la sostenibilidad (incluyendo, y el rendimiento de los recursos ambientales, económicos) de los parques industriales. la emisión calculada al medio ambiente, la inversión económica y el consumo de recursos se demuestran, en base al cual se calculan por último, una serie de indicadores.<sup>168</sup>

de modo similar, la Ecología Industrial (EI) se ocupa del estudio sistemático de los patrones de la industria en relación con lo natural y sistemas sociales involucrados, y está diseñado para optimizar dicho comercio en términos de sostenibilidad<sup>169</sup>. Sin embargo, a pesar del crecimiento en la investigación sobre la producción sostenible, así como los esfuerzos en el sector industrial, todavía es difícil encontrar información sobre la forma de mejorar la fabricación operaciones y los flujos de efectivo de los recursos desde el punto de vista del productor.<sup>170</sup>

**5.4.6.3. Evaluación Ambiental En Proyectos De Construcción.** La literatura reciente muestra que las empresas constructoras han tardado en adoptar las

---

<sup>167</sup> YANG, Jin. CHEN, Bin. QI Jinq. ZHOU Shiki. JIANG Meiming. Life-Cycle-Based Multicriteria Sustainability Evaluation of Industrial Parks: A Case Study in China. *The Scientific World Journal* Volume 2012, Article ID 917830, 9 pages. Doi:10.1100/2012/917830.

<sup>168</sup> *Ibíd.*

<sup>169</sup> EHRENFELD, J.R.; GERTLER, N. Industrial Ecology In Practice: The Evolution Of Interdependence At Kalundborg. *J. Ind. Ecol.* 1997, 1, 67–79.

<sup>170</sup> DESPEISSE, M.; MBAYE, F.; BALL, P.D.; EVANS, S.; Levers, A. Emergence of sustainable manufacturing practices. *Int. J. Prod. Plan. Control* 2012, 23, 354–376.

evaluaciones de desempeño ambiental (EPE o ISO 14031), Tam et al.<sup>171</sup> expresan que se debe a *"la falta de apoyo tecnológico, tales como la formación y experiencia del personal"* y *"un aumento en los costos administrativos"*<sup>172</sup>.

Shen et al.<sup>173</sup> clasifican los impactos ambientales relacionados con la construcción como la extracción de los recursos ambientales, los combustibles fósiles y los minerales; la extensión del consumo de los recursos genéricos; la producción de residuos que requiere el consumo de suelo para su eliminación; y la contaminación del medio ambiente tales como ruido, olores, polvo, vibraciones, productos químicos y las emisiones de partículas y residuos sólidos y sanitarios.

Según Chen et al.<sup>174</sup> existen pocos estudios sobre la integración de los aspectos de la gestión ambiental en la etapa de planificación y construcción en particular. Sólo el 2% de todos los documentos sobre la gestión del medio ambiente en la construcción proporcionan métodos cuantitativos. Vale la pena resaltar que en el método de Índice de Contaminación en Construcción, desarrollado por Chen et al.<sup>175</sup> ha demostrado ser un medio eficaz de evaluar cuantitativamente los niveles de contaminación y peligro de los procesos y proyectos de construcción. Asimismo determina cómo seleccionar el mejor plan de la construcción mediante la clasificación de los impactos ambientales negativos de la construcción (operaciones/ actividades).

---

<sup>171</sup> TAM CM, TAM VWY, ZENG SX. Environmental performance assessment in China and Hong Kong. Building Research and Information 2004;32(2):110–8.

<sup>172</sup> GANGOLELLS. Op. cit., p. 558– 571.

<sup>173</sup> SHEN LY, TAM VWY. Implementation of environmental management in the Hong Kong construction industry. International Journal of Project Management 2002;20(7):535–43.

<sup>174</sup> CHEN Z, LI H. Environmental Management In Construction: A Quantitative Approach. London: Taylor & Francis; 2006.

<sup>175</sup> CHEN Z, LI H, Wong CTC. Environmental management of urban construction projects in China. Journal of Construction Engineering and Management 2000;126(4):320–4.

Gangoellis et al.<sup>176</sup> desarrollan una metodología cuantitativa para hacer frente a los impactos ambientales adversos potenciales en la etapa de construcción y de pre-construcción. La metodología propuesta es capaz de comparar el impacto medioambiental global de diversos proyectos de construcción para clasificar la importancia de los diversos impactos ambientales de cada uno de estos proyectos. La importancia de cada aspecto ambiental en un sitio particular se identifica antes de la etapa de construcción y, por lo tanto, los impactos más significativos son remarcados por adelantado.

Para predecir la gravedad de los impactos ambientales relacionados con la construcción de edificios, se destaca el siguiente método:

- La identificación de los aspectos ambientales relacionados con el proceso de construcción;
- La evaluación de los aspectos ambientales: el desarrollo de indicadores, la formulación de los límites de significación y la determinación del impacto ambiental global del proyecto de construcción.

Con el fin de evaluar la gravedad del impacto, un modelo de matriz con varios criterios de evaluación de cada aspecto ambiental se desarrolla. Después, se escogen los indicadores desarrollados que se centran principalmente en la evaluación del desempeño ambiental de las obras de construcción y sus correspondientes procesos y operaciones. La literatura llega a un consenso sobre los aspectos ambientales asociados con el proceso de construcción. El sistema comunitario de gestión y auditoría medioambientales (EMAS)<sup>177</sup> proporciona una

---

<sup>176</sup> GANGOLELLS. Op. cit., p. 558– 571.

<sup>177</sup> European Union. Regulation (EC) No. 761/2001 of the European Parliament and of the Council of 19 March 2001 allowing voluntary participation by organisations in a community eco-management and audit scheme (EMAS).

lista normalizada e integral de los aspectos ambientales que cubre casi la totalidad de los aspectos mencionados.

Clasificando los aspectos ambientales en; Las emisiones atmosféricas, los vertidos de agua, la prevención, el reciclado, la reutilización, transporte y eliminación de residuos sólidos y otros, en particular los residuos peligrosos, la utilización y contaminación del suelo, el uso de recursos naturales y materias primas (incluida la energía), las cuestiones locales (ruido, vibraciones, olores, polvo, apariencia visual, etc.), cuestiones de transporte, riesgos de accidentes e impactos medioambientales derivados o que puedan derivarse de los incidentes, accidentes y potencial situaciones de emergencia y los efectos sobre la biodiversidad.

Con el fin de incluir criterios detallados para ayudar a los tomadores de decisiones a determinar si un aspecto ambiental es significativo, una escala de cuatro intervalos fue desarrollado: impactos inexistentes, los impactos no significativos, marginalmente impactos significativos e impactos muy significativos.

De manera que ésta metodología incluye el desarrollo de 20 indicadores ambientales, tanto directos como indirectos, basados en datos cuantitativos, desarrollados en el análisis estadístico de 55 proyectos de construcción de nuevo inicio.

En conclusión, Gangolells et al.<sup>178</sup> expone una metodología cuantitativa para hacer frente a posibles impactos ambientales adversos durante la etapa de pre-construcción que compara el impacto ambiental global asociado con la construcción de varios proyectos y clasifica la importancia de los impactos ambientales de estos proyectos.

---

<sup>178</sup> GANGOLELLS. Op. cit., p. 558– 571.

Morales et al.<sup>179</sup> sugieren que la EI fue creada para ser utilizada a través de un programa de ordenador, que consiste en una base de datos para la planificación, organización, control y gestión de todas las fases de construcción basado en la teoría de Caso de Razonamiento Base. La evaluación de la conformidad de las actividades involucradas en el proceso de producción, procedimientos, materiales y otros recursos permitió mantener la calidad del producto, garantizando la reducción de las pérdidas y la generación de residuos, así como asegurar una ejecución correcta del medio ambiente. La escala de la EI podría ser una herramienta barata, accesible y relevante para el control de impacto ambiental y la reducción que permite la planificación y especificación de material para minimizar los efectos negativos de construcción causados en el medio ambiente.

**5.4.6.4. Evaluación Ambiental En Proyectos De Energía** La energía ha sido reconocida como uno de los recursos más importantes para el desarrollo económico. Como los combustibles fósiles se están agotando exponencialmente, las energías renovables, que se generan a partir de recursos naturales como la luz del sol, el viento, la lluvia, las mareas y el calor geotérmico, han sido reconocido como el último recurso para el desarrollo económico futuro.

Métodos de criterios múltiples se están volviendo populares para ayudar a los gobiernos y las empresas en la evaluación de los planes del sector de la energía, las políticas, proyectos y asuntos selecciones del sitio, etc. Esto sugiere que los avances tecnológicos mejoran la economía del combustible y promueven bajar los combustibles fósiles de carbono, ya que no son los más eficaces para mejorar el desempeño ambiental<sup>180</sup>.

---

<sup>179</sup> MORALES, Gilson. JUNGLES Antonio Edésio. SCHEIDEMANTEL, Sheila Elisa Klein. GUARDA Juliana. EI Scale – an Environmental Impact Assessment Scale Related to the Construction Materials Used in the Reinforced Concrete. Vol.53, n. 6: pp. 1511-1518, November-December 2010 ISSN 1516-8913 Printed in Brazil.

<sup>180</sup> CHESTER Mikhail. And HORVATH Arpad. Environmental Assessment Of Passenger Transportation Should Include Infrastructure And Supply Chains. Environ. Res. Lett. **4** (2009) 024008 (8pp). doi:10.1088/1748-9326/4/2/024008.

Kang et al.<sup>181</sup> desarrolla un modelo MCDM integrado ; Modelado Estructural (ISM) que tiene en cuenta los beneficios, oportunidades, costos y riesgos, mediante un proceso de Análisis De Red Difusa (FANP). Como métodos de toma de decisiones se están volviendo populares para ayudar a los gobiernos y las empresas en la evaluación de los proyectos del sector de la energía.

El rendimiento de combustible del transporte, rendimiento bio-aceite, y el consumo de electricidad también juegan un papel importante en la determinación de la huella de gases de efecto invernadero, por lo que hay potencial para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero con mejoras en la generación de electricidad<sup>182</sup>.

**5.4.6.5. Evaluación Ambiental En Proyectos De Transporte** Se ha demostrado que el transporte de mercancías contribuye a alrededor del 5,5% de las emisiones globales de gases de efecto invernadero<sup>183</sup>. por lo tanto, es muy importante y urgente la correcta evaluación ambiental y la posible oportunidad para la creación de un sistema logístico sostenible con el medio ambiente.

La evaluación ambiental en el sector transporte debe dirigirse no sólo a las emisiones del tubo de escape y las emisiones durante la producción de combustible, pero también a los impactos asociados a la producción del vehículo y sus componentes. Los vehículos eléctricos y eléctricos híbridos son más ecológicos sobre una base del ciclo de vida en comparación con los vehículos convencionales de gasolina y diesel tienen un menor impacto ambiental, debido al

---

<sup>181</sup> KANG, He-Yau . HUNG, Meng-Chan. PEARN, W. LEE Amy. and KANG, Mei-Sung, An Integrated Multi-Criteria Decision Making Model for Evaluating Wind Farm Performance. *Energies* 2011, 4, 2002-2026; doi:10.3390/en4112002.

<sup>182</sup> ZHANG, Yanan. HU, Guiping and Brow Robert. Life cycle assessment of the production of hydrogen and transportation fuels from corn stover via fast pyrolysis. *Environ. Res. Lett.* 8 (2013) 025001 (13pp). doi:10.1088/1748-9326/8/2/025001.

<sup>183</sup> MCKINNON, A. "Green logistics: the carbon agenda," 2010. [http://www.logforum.net/pdf/6\\_3\\_1\\_10.pdf](http://www.logforum.net/pdf/6_3_1_10.pdf).

bajo consumo de combustible y las emisiones<sup>184</sup>. Es por esto que se concluye que para el desarrollo de proyectos de inversión, los vehículos eléctricos son los más amigables con el medio ambiente.

La ECV de los biocombustibles están empezando a desarrollarse y proporcionará las evaluaciones ambientales necesarias para ajustar principalmente el componente de 'la producción de combustible' de ésta ECV<sup>185</sup>.

Las emisiones del ciclo de vida son criterios importantes para la evaluación de materias primas de biomasa y biocombustibles, otros indicadores de sostenibilidad también se deben considerar para asegurar que los biocombustibles no cambien los impactos ambientales a lo largo de su ciclo de vida de una categoría de impacto a otro<sup>186</sup>.

Zang et al.<sup>187</sup> propone un modelo que se dirige a la interacción entre la autoridad logística, operadores logísticos, y también incorpora explícitamente el impacto de las economías de escala en un parque logístico.

## **5.5. LIMITACIONES DE LA EVALUACIÓN AMBIENTAL**

La Comisión Mundial de Represas señala que el proceso de EIA es a menudo limitada por cinco problemas principales: las actitudes resistentes, la integración estructural insuficiente de la EIA en la formulación de políticas / decisión, el

---

<sup>184</sup> MESSAGIE, Maarten. LEBEAU, Kenneth. COOSEMANS, Thierry. MACHARIS Cathy and MIERLO Joeri van. Environmental and Financial Evaluation of Passenger Vehicle Technologies in Belgium. Sustainability 2013, 5, 5020-5033; doi:10.3390/su5125020.

<sup>185</sup> CHESTER. Op. cit., p. 8.

<sup>186</sup> ZAIMES, George. And KHANNA, Vikas. Microalgal Biomass Production Pathways: Evaluation Of Life Cycle Environmental Impacts. Biotechnology for Biofuels 2013, 6:88.

<sup>187</sup> ZHANG, Dezhi. LI, Shuangyan. and QIN Jin. An Optimal Hierarchical Decision Model for a Regional Logistics Network with Environmental Impact Consideration. Hindawi Publishing Corporation □e Scientific World Journal Volume 2014, Article ID 542548, 15 pages.

alcance insuficiente de la EIA , las inadecuadas evaluaciones de procedimientos, y la pobre calidad técnica de la EIA<sup>188</sup>.

Las políticas burocráticas entre los ministerios ambientales y no ambientales, han limitado la legislación y la aplicación de la evaluación ambiental estratégica a la evaluación ambiental. El aumento de la tensión entre los ministerios de medio ambiente y no ambientales ha limitado el papel de la planificación EA como una herramienta de toma de decisiones participativa. Además de la política burocrática, nos encontramos con que la escasa participación pública y la falta de énfasis en el análisis social en la planificación de EA pueden haber comprometido aún más la utilidad de la planificación de EA<sup>189</sup>.

Varias limitaciones en el proceso de EIA se mantienen, incluyendo aquellos asociados con la incertidumbre y el significado de las proyecciones de impacto. Éstas limitaciones están directamente relacionadas con la retroalimentación entre ciencia y política, con lagunas de información en la comprensión científica descubierta a través del proceso de EIA.<sup>190</sup> En consecuencia de que la EIA es una cuestión compleja, no sólo por su amplio alcance, sino también debido a la amplia gama de atributos que influyen en su evaluación, Se tiene que lidiar con atributos difíciles de definir y componentes que pueden implicar factores tanto cuantitativos como cualitativos<sup>191</sup>.

La experiencia generalizada de la EIA como una herramienta de gestión ambiental anticipatoria ha generado un debate considerable sobre el grado en que se está logrando sus propósitos<sup>192</sup>. Alshuwaikhat<sup>193</sup> señala que, los países en desarrollo

---

<sup>188</sup> TULLOS. Op. cit., p. 1-16.

<sup>189</sup> ZHU. Op. cit.

<sup>190</sup> TULLOS. Op. cit., p. 1-16.

<sup>191</sup> KAYA, Tolga. KAHRAMA, Cengiz. An Integrated Fuzzy AHP–ELECTRE Methodology For Environmental Impact Assessment. *Expert Systems with Applications* 38 (2011) 8553–8562.

<sup>192</sup> JAY, Op. cit.

tienen "sólo un número limitado de sistemas de evaluación ambiental en pleno funcionamiento".

Ahora bien, como resultado de la política burocrática, la Ley EIA tiene limitaciones de diseño; un alcance limitado y un papel ambiguo de las autoridades ambientales en la regulación de la planificación de la evaluación ambiental<sup>194</sup>. Adicionalmente, las preocupaciones sobre la responsabilidad de la evaluación ambiental incluyen las relativas a quién debe realizar las evaluaciones de impacto<sup>195</sup>.

Asimismo, la exposición legal, la dificultad y el costo de cambiar el impacto, las inquietudes de las partes interesadas y el efecto en la imagen pública de la organización o el proyecto, se consideran preocupaciones empresariales y algunos autores recomiendan la exclusión de estos criterios en el proceso de evaluación, con el argumento de que podrían dar lugar a resultados de la evaluación sesgada, o que los resultados podrían sean mal utilizados.<sup>196</sup>

En los últimos años la necesidad de aumentar la participación del público en la EIA, y la eficacia de los mecanismos alternativos para lograr el objetivo de preservación ambiental, han sido temas centrales en la literatura de la EIA<sup>197</sup>.

Sin embargo, a pesar de la acogida internacional de la EIA, y su integración legal y procesal en muchos sistemas de planificación de proyectos, se han generado cada vez mas preguntas planteando si la EIA está logrando sus propósitos. Debido a que existe una creciente insatisfacción por el hecho de que la influencia

---

<sup>193</sup> ALSHUWAIKHAT, H. Strategic environmental assessment can help solve environmental impact assessment failures in developing countries. *Environmental Impact Assessment Review* 2005. 25, 307–317.

<sup>194</sup> ZHU. Op. cit.

<sup>195</sup> EDMONDS, R.L. The Sanxia (Three Gorges) project: the environmental argument surrounding China's super dam. *Global Ecology and Biogeography Letters* 1992. 2, 105–125.

<sup>196</sup> PÓDER. Op. cit., p. 732–43.

<sup>197</sup> O'FAIRCHEALLAIGH, Ciaran. Public participation and environmental impact assessment: Purposes, implications, and lessons for public policy making. *Environmental Impact Assessment Review* 30 (2010) 19–27.

de la EIA es relativamente limitada y que parece estar cayendo por debajo de su plena potencial. Incluso sus objetivos más inmediatos de asegurar que las consecuencias ambientales de la evolución se tengan debidamente en cuenta y mejorarse en su caso, sólo están siendo reunidas en un grado limitado<sup>198</sup>.

En respuesta a estas preocupaciones, la Evaluación Ambiental Estratégica (EAE), adoptó como parte de la estrategia ambiental del Banco Mundial en 2001, algunas pautas para la integración rallando el EIA con las políticas y la planificación, para que el proceso sea más transparente y accesible a el público<sup>199</sup>, en miras de que los proyectos que se deriven de estos últimos se sujeten a un marco general y se garantice la participación de los gobiernos y actores locales, para llevar a cabo una mejor planificación.

En conclusión, La EIA fue considerada típicamente como un factor útil que contribuye, pero que no es totalmente integrada en los modelos institucionales de toma de decisiones. La única área de la toma de decisiones donde la EIA jugó un papel consistente fue en el establecimiento de condiciones de los permisos de planificación<sup>200</sup>. En consecuencia, han sido recomendadas medidas específicas para fortalecer los sistemas de EIA, tales como mecanismos formales que aseguren 'seguimiento' de la EIA en relación con los proyectos, como la vinculación con los sistemas de gestión ambiental.

---

<sup>198</sup> JAY. Op. cit.

<sup>199</sup> BRAVO. Op. cit., p. 147-170.

<sup>200</sup> JAY. Op. cit.

## 5.6. TABLA DE METODOLOGÍAS PARA LA EVALUACIÓN AMBIENTAL EN PROYECTOS DE INVERSIÓN.

**Tabla 8. Metodologías para la Evaluación Ambiental en Proyectos de Inversión.**

METODOLOGÍA	REFERENCIA DE METODOLOGÍA APLICADA	TIPO DE VARIABLE	DESCRIPCIÓN	VENTAJAS	LIMITACIONES
EVALUACIÓN DE RIESGO AMBIENTAL (ERA) Y EVALUACIÓN DE RIESGO ECOLÓGICO (ERE)	EPA [29]	Cuantitativa	Modelo conceptual para la ERE, el cual en cada fase, varios tipos de modelos son aplicables, es decir, mecanicista, probabilística, empírico, el razonamiento, a partir de datos suministrados por experimentos o bases de datos..	Analiza las características de los ecosistemas, las fuentes y los factores de estrés ambientales.	La adquisición de la cantidad y calidad de datos adecuados en el proceso es crítico.
EVALUACIÓN DE IMPACTO (EI)	De Smedt [23]	Cuantitativa	Metodología que comparar el uso de herramientas científicas para la El satisfactoria utilizada por los investigadores y los responsables políticos en casos seleccionados.	Compara el uso de herramientas científicas para lograr una El satisfactoria.	Brecha potencial entre las contribuciones de los investigadores y los tipos de instrumentos de evaluación que los responsables políticos están dispuestos a utilizar.
EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA)	Nouri y Jassbi [70]	Cuantitativa	Modelo dinámico, las directrices propuestas que exponen los efectos de evaluación de impacto ambiental que pueden ser mejorados en un entorno simulado y, finalmente, se seleccionando la mejor estrategia de decisión.	Flexible, considera el uso de una relación de causa y efecto entre los elementos y recoge las experiencias de expertos en un modelo.	El modelo no se puede utilizar a través de cambiar variables y elementos, por lo que los datos estarán relacionados con un campo específico y por lo tanto puede no se extienda a otros proyectos similares.
	International Asociación for	Cualitativa	Nueve Principios básicos generales de aplicación EIA	Involucra a todos los interesados en el proceso	La subjetividad existente en identificar cuál es el nivel o el

METODOLOGÍA	REFERENCIA DE METODOLOGÍA APLICADA	TIPO DE VARIABLE	DESCRIPCIÓN	VENTAJAS	LIMITACIONES
	Impact Assessment (IAIA). [40]			de evaluación ambiental.	alcance de la EIA y si el proyecto a merita el desarrollo de la misma.
	Schweizer et al. [93]	Cuantitativa	Metodología en la cual la información sobre las tendencias de un sistema puede ser descubierta a través del método de Balance de Impacto Cruzado (BIC) el cual proporciona una comprobación explícita para la consistencia interna de los escenarios cualitativos	Proporciona información sobre tendencias de un sistema y realiza un análisis de sensibilidad, que puede tener profundas implicaciones para los resultados y recomendaciones de un estudio de cambio ambiental.	La subjetividad en los juicios para la relación entre variables, debido que se establecen por expertos.
EVALUACIÓN AMBIENTAL ESTRATÉGICA (EAE)	La Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA)	Cuantitativa	Metodología que desarrolla un conjunto básico de indicadores ambientales, 37 en total. Los indicadores ambientales desarrollados van acompañados de un riguroso proceso de validación.	Metodología válida y flexible.	Falta de información adecuada, los intereses inmediatos de los funcionarios electos y las políticas burocráticas entre los ministerios ambientales y no ambientales.
EVALUACIÓN DEL CICLO DE VIDA (ECV)	Portha et al. [81]	Cuantitativa	Divide la ECV en cuatro pasos correspondientes a un conjunto de normas ISO estandarizados	Incluye todas las cargas y el impacto en el ciclo de vida de un producto o un proceso.	El valor de referencia y ponderación para los impactos pueden causar controversias.
	Ingwersen y Cabezas. [43]	Cuantitativa	Metodología para adaptar las cuatro métricas integradas de uso con la ECV, que comprenden; información en tierra (Huella Ecológica), de	Integra múltiples impactos en una sola unidad de medida basada en un principio	Limitaciones en la información completa del sistema y la falta de comprensión de las relaciones ambientales.

METODOLOGÍA	REFERENCIA DE METODOLOGÍA APLICADA	TIPO DE VARIABLE	DESCRIPCIÓN	VENTAJAS	LIMITACIONES
			energía ( <i>Emergy</i> ), monetaria (Valor Neto Verde Añadido), y el índice de orden del sistema (Información de <i>Fisher</i> ).	científico o económico común.	
	Yu et al. [122]	Cuantitativa	Metodología que integra los métodos paramétricos con la ECV, donde se propone un enfoque de análisis de sensibilidad para ayudar a los usuarios a encontrar el parámetro de diseño que tiene la influencia más significativa en el comportamiento ambiental del proyecto	Ayuda a los diseñadores a estimar el impacto de cada parámetro de diseño en el comportamiento ambiental del producto.	Un parámetro de diseño puede tener diferentes efectos de influencia en diferentes emisiones al medio ambiente.

METODOLOGÍA	SECTORES	REFERENCIA DE METODOLOGÍA APLICADA	TIPO DE VARIABLE	DESCRIPCIÓN	VENTAJAS	LIMITACIONES
EVALUACIONES AMBIENTALES SECTORIALES	SECTOR HÍDRICO	Yilmazt et al. [121]	Cuantitativa	Metodología de gestión de los recursos hídricos que facilita las decisiones basadas en indicadores con respecto a las dimensiones ambientales, sociales y económicos, desde una perspectiva de múltiples criterios.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Permiten establecer un marco de referencia de las metodologías que se están utilizando en la práctica para la evaluación ambiental en</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La subjetividad de los expertos para determinar los enfoques cualitativos de la evaluación ambiental.</li> <li>• La validez de las</li> </ul>
	SECTOR INDUSTRIAL	Hofer et al. [38]	Cuantitativa	Metodología integrado por el Lean Producción (LP) que es una estrategia o filosofía que promueve el uso de las prácticas, como el Kanban, un tipo de sistema de programación,		

METODOLOGÍA	SECTORES	REFERENCIA DE METODOLOGÍA APLICADA	TIPO DE VARIABLE	DESCRIPCIÓN	VENTAJAS	LIMITACIONES
				la gestión de calidad total (TQM) y el justo a tiempo (JIT), para reducir al mínimo la chatarra y residuos .	proyectos de inversión.	bases de datos.
		Leoppolo et al. [47]	Cuantitativa	Modelo ambiental de Lean Management Ambiental (LM) introduce la variable ambiental a lo largo de todos los procesos, imponente eco-eficiencia en la producción y el uso de los recursos, materiales y energía, y también la introducción de los objetivos de reducción de los impactos ambientales.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se presentan estudios de caso que validan las metodologías mencionadas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacitación del personal en <i>software</i> especializados.</li> </ul>
		Yang et al. [119]	Cuantitativa	Metodología de marco multicriterio para la evaluación de la sostenibilidad basada en ECV. Que se controla mediante la propuesta de un marco de evaluación con una serie de indicadores.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se utilizan métricas integradas, proporcionan una cobertura más amplia de los aspectos de sostenibilidad desde múltiples perspectivas teóricas.</li> </ul>	
	SECTOR CONSTRUCCIÓN	Chen et al. [15]	Cuantitativa	Metodología capaz de evaluar cuantitativamente los niveles de contaminación y peligro de los procesos y proyectos de construcción.		
		Gangolells et al. [34]	Cuantitativa	Metodología propuesta es capaz de comparar el impacto medioambiental global de diversos proyectos de construcción para clasificar la importancia de los diversos impactos ambientales de cada uno de estos proyectos.		
		Morales et al. [66]	Cuantitativa	Metodología IE utilizada a través de un programa de ordenador, que consiste en una base de datos para la planificación,		

METODOLOGÍA	SECTORES	REFERENCIA DE METODOLOGÍA APLICADA	TIPO DE VARIABLE	DESCRIPCIÓN	VENTAJAS	LIMITACIONES
				organización, control y gestión de todas las fases de construcción basado en la teoría de Caso de Razonamiento Base.		
	SECTOR ENERGÍA	Kang et al [53]	Cuantitativa	Modelo MCDM integrado ; modelado estructural (ISM) que tiene en cuenta los beneficios, oportunidades, costos y riesgos (BOCR) mediante un proceso de análisis de red difusa (FANP).		
	SECTOR TRANSPORTE	Zang et al. [125]	Cuantitativa	Metodología que se dirige a la interacción entre la autoridad logística, operadores logísticos, y los usuarios de logística y también incorpora explícitamente el impacto de las economías de escala un parque logístico.		

## 6. CONCLUSIONES

- El desarrollo económico ha provocado un proceso de degradación ambiental de difícil resolución, en consecuencia se ha generado la necesidad de establecer metodologías adecuadas que permitan a los tomadores de decisión realizar juicios informados en todas las etapas de realización de un proyecto. Haciendo énfasis en el uso de metodologías debido a que hacen más probable iluminar los problemas potenciales, en comparación con el uso de indicadores de impacto ambientales individuales.
- Para lograr el desarrollo sostenible, integrando los tres pilares; económico, social y principalmente ambiental, se requiere, en primer lugar, que existan metodologías de evaluación, que permitan cuantificar los posibles impactos negativos de un proyecto, sobre el medio ambiente, con el fin de tomar medidas de prevención o mitigación.
- Las políticas burocráticas, la tensión entre los ministerios ambientales y no ambientales, la escasa participación pública, el alcance limitado, la responsabilidad sobre quien la debe realizar y el papel ambiguo de las autoridades ambientales en la regulación de la planificación, han sido las razones por las cuales la evaluación ambiental tiene limitaciones y por consecuencia ha sido cuestionada a nivel mundial.
- Los países en desarrollo tienen "sólo un número limitado de sistemas de evaluación ambiental en pleno funcionamiento". Es por esto que se asegura que la única área de la toma de decisiones donde la evaluación de impacto ambiental juega un papel consistente, es en el establecimiento de condiciones de permisos de planificación. Lo que confirma la hipótesis de que la

evaluación ambiental sólo se tiene en cuenta como un requisito legal en la realización de un proyecto de inversión, mas no como estrategia global enfocada a la sostenibilidad.

- Una cooperación más estrecha entre los evaluadores de impacto ambiental, evaluadores de riesgos y expertos mixtos permitiría obtener información más eficaz en el proceso de evaluación ambiental. La evaluación de impacto ambiental es considerada típicamente como un factor útil que contribuye, pero que no es totalmente integrada en los modelos institucionales de toma de decisiones en el desarrollo de proyectos de inversión.
- La importancia, necesidad y complejidad de la evaluación ambiental, la han convertido en una temática científica estudiada y desarrollada a nivel mundial con una tendencia creciente promedio aproximada del 10% entre el 2007 y 2014. Siendo Estados Unidos, Italia, España, Reino Unido y Brasil los países con la mayor participación en la dinámica de producción de artículos científicos sobre evaluación ambiental.
- La dirección de la investigación de la evaluación ambiental en proyectos de inversión va orientada a conocer los principales conceptos que definen la evaluación ambiental, las diferentes metodologías de evaluación que existen, y su énfasis en el ámbito global de la sostenibilidad.
- Las principales líneas de investigación en la literatura de metodologías utilizadas para la evaluación ambiental son la definición de los conceptos asociados a la evaluación ambiental, las metodologías existentes en un sector específico, aplicadas a un estudio de caso y el ámbito legal que incluye la investigación del desarrollo de leyes y normativas enfocadas a la sostenibilidad.

- A través de la revisión de la literatura se identificaron 18 metodologías de evaluación ambiental en total, clasificadas en: Seis conceptos; Evaluación de Riesgo Ambiental y Ecológico 1, Evaluación de Impacto 1, Evaluación de Impacto Ambiental 3, Evaluación del Ciclo de Vida 3, Evaluación Ambiental Estratégica 1 Y Evaluaciones Ambientales Sectoriales; hídrico 1, industrial 3, construcción 3, energía 1 y transporte 1.
- En la literatura científica de evaluación ambiental se encuentran metodologías aplicadas principalmente a cinco sectores; hídrico, industrial, construcción, energía y transporte. Sin embargo, la literatura está sesgada hacia proyectos industriales y de construcción en específico, ya que tienen el 34% de las metodologías totales seleccionadas, convirtiéndose en los sectores con mayor avance en literatura científica.
- Es evidente la ausencia de autores que lideren la investigación de esta temática, ya que en el top 14 de los autores principales sólo se encuentra el 12% de los artículos totales y el 88% restante se trata de autores diferentes en cada artículo.
- Comparando los 229 artículos se evidenció que los Estados Unidos con el (17%) es el país con mayor número de publicaciones, seguido por Italia con el (10%) y España (8%). Es importante resaltar que Colombia (2%) ocupa el puesto número 17 en el ranking, con 5 publicaciones.
- Dentro de las principales diez universidades en el mundo, con dos o más publicaciones sobre el tema, el 40% pertenece a universidades de los Estados Unidos, lo que indica el nivel de avance y la ventaja que tiene este país en investigación de la evaluación ambiental a nivel mundial. Adicionalmente. Se destaca la revista *Sustainability* por ser la que más realiza publicaciones sobre

la evaluación ambiental, convirtiéndose en una fuente actual de literatura, vital para el desarrollo de futuras investigaciones.

## 7. RECOMENDACIONES

- Debido a que la evaluación ambiental es parte primordial en el desarrollo sostenible y en es un campo de la investigación que está en desarrollo, en el cual cada día se hacen avances y se crean nuevas metodologías aplicables a proyectos de inversión, se debería continuar realizando investigaciones sobre esta temática, que permitan una mejor comprensión y contextualización de las metodologías para evaluación ambiental utilizadas en la actualidad.
- Las futuras investigaciones que se realicen sobre evaluación ambiental en proyectos de inversión deben desarrollarse mediante herramientas científicas como la implementada, dado que esta temática presenta atributos difíciles de definir y componentes que pueden implicar factores tanto cuantitativos como cualitativos. Lo que representaría un beneficio para el fortalecimiento del programa educativo de la carrera de ingeniería industrial.
- Sería bueno que se desarrolle un proyecto de investigación que permita determinar cuales son las metodologías mas aplicadas en la formulación de proyectos en diferentes entornos geográficos y sectores económicos.
- Por ser interdisciplinario, las universidades deben ser las abanderadas en la adopción de métodos rigurosos de evaluación ambiental en la formulación de proyectos de inversión, con el fin de contribuir al desarrollo sostenible.

## BIBLIOGRAFÍA

ABAZA, H., BISSER, R., & SADLER, B. Environmental Impact Assessment and Strategic Environmental Assessment : Towards an Integrated Approach. UNEP. (2004).

ALSHUWAIKHAT, H. Strategic environmental assessment can help solve environmental impact assessment failures in developing countries. Environmental Impact Assessment Review 2005. 25, 307–317.

ATKINSON, G. Measuring Corporate Sustainability. J. Environ. Plann. Manag. 2000, 43, 235–252.

AUBIN, J. PAPATRYPHON, E. VAN DER WERF, H. CHATZIFOTIS, S. Assessment Of The Environmental Impact Of Carnivorous Finfish Production Systems Using Life Cycle Assessment. Aubin et al. / Journal of Cleaner Production 17 (2009) 354–361.

AZAPAGIC, A., & CLIFT, R. Life cycle assessment and multiobjective optimisation. Journal of Cleaner Production . (1999). 7(2), 135-143. [http://dx.doi.org/10.1016/S0959-6526\(98\)00051-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0959-6526(98)00051-1).

BINA Olivia. A Critical Review Of The Dominant Lines Of Argumentation On The Need For Strategic Environmental Assessment. Environmental Impact Assessment Review 27 (2007) 585–606. Doi:10.1016/j.eiar.2007.05.003.

BOUVART F., PRIEUR A. Comparison of life cycle GHG Emissions and energy

consumption of combined electricity and H<sub>2</sub> production pathways with CCS: selection of technologies with natural gas, coal and lignite as fuel for the European HYPOGEN programme, *Energy Procedia* (2009) 1, 3779-3786.

BRAVO, Luis Carlos. ESPEJEL, Ileana. Evaluación ambiental estratégica, propuesta para fortalecer la aplicación del ordenamiento ecológico Caso de estudio “La región Mar de Cortés”. *Gestión y Política Pública*. Volumen Xvi Número 1 | Semestre De 2007. pp. 147-170.

BOYD, I., Research: A Standard For Policy-Relevant Science. *Nature* 501, 159–160. (2013).

BREZET, Ecodesign: A Promising Approach to Sustainable Production and Consumption, UNEP, Delft, The Netherlands, 1997.

BUCKLEY, Chris. FRIEDRICH, Elena. BLOTTNITZ, Harro von. Life-Cycle Assessments In The South African Water Sector: A Review And Future Challenges. ISSN 1816-7950 (On-line) = *Water SA* Vol. 37 No. 5 WRC 40-Year Celebration Special Edition 2011.

CARTER T R, JONES R N, LU X, BHADWAL S, CONDE C, MEARN S L O, O'NEILL B C, ROUNSEVELL M D A AND ZUREK M B 2007 New assessment methods and the characterisation of future conditions *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the IPCC ed M L Parry et al (Cambridge: Cambridge University Press) pp 133–71. de la Rue du Can S and Price L 2008 Sectoral trends in global energy use and greenhouse gas emissions *Energy Policy* 36 1386–403.

CHEHEBE, J. Análise do ciclo de vida de produtos. Rio de Janeiro: Qualitymark. (1998).

CHEN Z, LI H, Wong CTC. Environmental management of urban construction projects in China. *Journal of Construction Engineering and Management* 2000;126(4):320–4.

CHEN Z, LI H. *Environmental Management In Construction: A Quantitative Approach*. London: Taylor & Francis; 2006.

CHESTER Mikhail. And HORVATH Arpad. Environmental Assessment Of Passenger Transportation Should Include Infrastructure And Supply Chains. *Environ. Res. Lett.* 4 (2009) 024008 (8pp). doi:10.1088/1748-9326/4/2/024008.

CLOQUELL-BALLESTER V-A, MONTERDE-DIAZ R, Santamarina-Siurana M-C. Indicators validation for the improvement of environmental and social impact quantitative assessment. *Environ Impact Asses Rev* 2006 ;26:79-105.

CLOQUELL-Ballester V-A, MONTERDE-Diaz R, SANTAMARINA-Siurana M-C. Indicators validation for the improvement of environmental and social impact quantitative assessment. *Environ Impact Asses Rev* 2006;26:79-105.

Comisión Europea 2002.

Comisión Nacional de Medio Ambiente (Conama) (2002), Programa de electrificación rural de Chile, informe final, [www.conama.gob.cl](http://www.conama.gob.cl).

CURRAN, M. A., *Environmental Life Cycle Assessment*, McGraw-Hill, New York, USA, 1997.

D. BURCHART-KOROL. Significance Of Environmental Life Cycle Assessment (Lca) Method In The Iron And Steel Industry. METALURGIJA 50 (2011) 3, 205-208.

De SMEDT Peter. The Use of Impact Assessment Tools to Support Sustainable Policy Objectives in Europe. Research, part of a Special Feature on Landscape Scenarios and Multifunctionality – Making Land Use Assessment Operational. Ecology and Society 15(4): 30. <http://www.ecologyandsociety.org/vol15/iss4/art30/DESPEISSE>, M.; MBAYE, F.; BALL, P.D.; EVANS, S.; Levers, A. Emergence of sustainable manufacturing practices. Int. J. Prod. Plan. Control 2012, 23, 354–376.

DONNELLY, Alison. JONES Mike. O'MAHONY, Tadhg. BYRNE, Gerry. Selecting Environmental Indicator For Use In Strategic Environmental Assessment. Environmental Impact Assessment Review 27 (2007) 161–175.

DONNELLY, C.R. Safe and secure – Risk Based Techniques For Dam Safety. International Water Power And Dam Construction, Wilmington Media Ltd., 2006. December 7.

EDMONDS, R.L. The Sanxia (Three Gorges) project: the environmental argument surrounding China's super dam. Global Ecology and Biogeography Letters 1992. 2, 105–125.

EHRENFELD, J.R.; GERTLER, N. Industrial Ecology In Practice: The Evolution Of Interdependence At Kalundborg. J. Ind. Ecol. 1997, 1, 67–79.

EMMERSON RHC, MORSE GK, LESTER JN and EDGE DR The Life-Cycle Analysis Of Small Scale Sewage-Treatment Processes. (1995) J. CIWEM. 9 317-325.

EPA. Guidelines For Ecological Risk Assessment; 1998.

Europa 2020. Available online: [http://ec.europa.eu/europe2020/europe-2020-in-a-nutshell/flagship-initiatives/index\\_it.htm](http://ec.europa.eu/europe2020/europe-2020-in-a-nutshell/flagship-initiatives/index_it.htm) (accessed on 1 October 2013).

European Union. Regulation (EC) No. 761/2001 of the European Parliament and of the Council of 19 March 2001 allowing voluntary participation by organisations in a community eco-management and audit scheme (EMAS).

FISHER, R.A. On The Mathematical Foundations Of Theoretical Statistics. *Philos. Trans. R. Soc. London.* 1922, 222, 309–368.

FONG, K.F.; LEE, C.K. Investigation on zero grid-electricity design strategies of solid oxide fuel cell trigeneration system for high-rise building in hot and humid climate. *Appl. Energy* 2014, 114, 426–433.

GANGOLELLS Marta, CASALS Miquel, GASSO Santiago, FORCADA Nuria, ROCA, FUERTES Xavier Alba. A Methodology For Predicting The Severity Of Environmental Impacts Related To The Construction Process Of Residential Buildings. *Building and Environment* 44 (2009) 558– 571. doi:10.1016/j.buildenv.2008.05.001.

GRAEDELAND, T.; ALLENBY B. *Design for Environment*, Prentice. Hall, Upper Saddle River, NJ, USA, 1996.

HASSELLOV, Martin. JAMES W. READMAN James F. RANVILLE Karen Tiede. Nanoparticle analysis and characterization methodologies in environmental risk assessment of engineered nanoparticles. *Ecotoxicology* (2008) 17:344–361 DOI 10.1007/s10646-008-0225-x.

HAWKINS, Troy. HENDRICKSON Chris. A Mixed-Unit Input-Output Model for Environmental Life-Cycle Assessment and Material Flow Analysis. *Environmental Science & Technology* / VOL. 41, NO. 3, 2007.

HOFER, C.; EROGLU, C.; HOFER, A.R. The Effect Of Lean Production On Financial Performance: The Mediating Role Of Inventory Leanness. *Int. J. Prod. Econ.* 2012, 138, 242–253.

HOLMAN RA, STANLEY J, OZKAN-HALLER T Applying Video Sensor Networks to nearshore environment monitoring. *IEEE Pervasive Computing*, (2003). 2(2): 14-21.

*IAIA (International Association for Impact Assessment). (1999). and the UK Institute of Environmental Management and Assessment (1999) Principles of EIA best practice. IAIA, Fargo, North Dakota, USA.*

IAIA. (2002). *Impact Assessment in the Corporate Context*. IAIA Business & Industry Series No. 1, International Association For Impact Assessment.

IAIA. (2009). *International Association for Impact Assessment. What is Impact Assessment.*

INGWERSEN, Wesley. CABEZAS, Heriberto. Et al. Integrated Metrics for Improving the Life Cycle Approach to Assessing Product System Sustainability. Wesley Ingwersen. *Sustainability* 2014, 6, 1386-1413; doi:10.3390/su6031386.

International Organization for Standardization - ISO. (2006a). *ISO 14040: environmental management: life cycle assessment: principles and framework*. 2nd ed. Geneva.

International Organization for Standardization - ISO. (2006b). ISO 14044: environmental management – life cycle assessment - requirements and guidelines. Geneva.

International Organization for Standardization- ISO. (2006). ISO 14040: environmental management: life cycle assessment: principles and framework. 2nd ed. Geneva.

IOPPOLO, Giuseppe. CUCURACHI, Stefano. SALOMONE, Roberta. SAIJA, Giuseppe. CIRAULO, Luigi. Industrial Ecology and Environmental Lean Management: Lights and Shadows. Sustainability 2014, 6, 6362-6376; doi:10.3390/su6096362.

IOSIF, F. HANROT, J.P. BIRAT, D. ABLITZER, International Journal of Life Cycle Assessment, 15 (2010), 304 –310.

ISO 14041 (2000) Environmental management-life cycle assessment- goal and scope definition.

ISO 14042 (2000) Environmental management - life cycle assessment - life cycle impact assessment, Genève.

ISO 14043 (2000) Environmental management-life cycle assessment- life cycle interpretation, Genève.

JAY Stephen. JONES Carys. THERIVEL, R. Environmental impact assessment: Retrospect and prospect. Available online 16 January 2007. doi:10.1016/j.eiar.2006.12.001

KANG, He-Yau . HUNG, Meng-Chan. PEARN, W. LEE Amy. and KANG, Mei-Sung, An Integrated Multi-Criteria Decision Making Model for Evaluating Wind Farm Performance. *Energies* 2011, 4, 2002-2026; doi:10.3390/en4112002.

KATAYAMA, K. Spatial Order And Typology Of Hakka Dwellings. In Proceedings of the International Symposium on Innovation and Sustainability of Structures in Civil Engineering, Xiamen, China, 28–30 October 2011.

KAYA, Tolga. KAHRAMA, Cengiz. An Integrated Fuzzy AHP–ELECTRE Methodology For Environmental Impact Assessment. *Expert Systems with Applications* 38 (2011) 8553–8562.

KIM, Daeho. KIM, Jimin. KOO, Choongwan. HONG, Taehoon An Economic and Environmental Assessment Model for Selecting the Optimal Implementation Strategy of Fuel Cell Systems—A Focus on Building Energy Policy. *Energies* 2014, 7, 5129-5150; Doi:10.3390/en7085129.

KOSIBA, Piotr. Self-Organizing Feature Maps And Selected Conventional Numerical Methods For Assessment Of Environmental Quality.. Vol. 78, No. 4: 335-343, 2009.

LASSON, J., THERIVEL, R., CHADWICK, A., Introduction to Environmental Impact Assessment: Principles and Procedures, Process, Practice and Prospects, second ed. UCL Press, ISBN 1- 2005. 85728-945-5, 496 pp.

LATTEMANN, Sabine. HÖPNER, Thomas. Environmental Impact And Impact Assessment Of Seawater Desalination. *Desalination* 220 (2008) 1–15.

LEE, N., C. KIRKPATRICK. Evidence- based policy-making in Europe: an evaluation of European Commission integrated impact assessments. *Impact Assessment and Project Appraisal* 2006. 24 (1):23-33.

MAKARENKO Iryna. Challenges of Environmental Impact Assessment (EIA) Procedure for Transboundary Projects in the Black Sea Basin. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 12: 445-452 (2012) DOI: 10.4194/1303-2712-v12\_2\_35

MAYER, A. L.; PAWLOWSKI, C. W.; FATH, B. D.; CABEZAS, H Applications of fisher information to the sustainable management of environmental systems. In *Exploratory Data Analysis Using Fisher Information*; Frieden, B.R., Gatenby, R.A., Eds.; Springer: London, UK, 2007; pp. 217–244. *Building and Environment* 44 (2009) 558– 571.

MCKINNON, A. “Green logistics: the carbon agenda,” 2010. <http://www.logforum.net/pdf/63110.pdf>.

MENDOZA, G. A., & PRABHU, R. Qualitative multi-criteria approaches to assessing indicators of sustainable forest resource management. *Forest Ecology and Management*, 174, 329–343. (2003).

MESSAGIE, Maarten. LEBEAU, Kenneth. COOSEMANS, Thierry. MACHARIS Cathy and MIERLO Joeri van. Environmental and Financial Evaluation of Passenger Vehicle Technologies in Belgium. *Sustainability* 2013, 5, 5020-5033; doi:10.3390/su5125020.

MORALES, Gilson. JUNGLES Antonio Edésio. SCHEIDEMANTEL, Sheila Elisa Klein. GUARDA Juliana. EI Scale – an Environmental Impact Assessment Scale

Related to the Construction Materials Used in the Reinforced Concrete. Vol.53, n. 6: pp. 1511-1518, November-December 2010 ISSN 1516-8913 Printed in Brazil.

NAS. Sustainability and the U.S. EPA; Committee on Incorporating Sustainability in the U.S. Environmental Protection Agency, National Research Council, National Academy of Sciences: Washington, DC, USA, 2011.

NIGRI, Elbert Muller. BARROS, Aline Capanema. ROCHA, Sonia Denise Ferreira. FILHO, Eduardo Romeiro. Assessing Environmental Impacts Using A Comparative LCA Of Industrial And Artisanal Production Processes: "Minas Cheese" case. Food Sci. Technol, Campinas, 34(3): 522-531, July-Sept. 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1678-457X.6356>.

NILSON, M., BJÖRKLUND, A., FINNVEDEN, G., JOHANSSON, J. Testing a SEA methodology for the energy sector: a waste incineration tax proposal. Environmental Impact Assessment Review 2005. 25, 1e32.

NOURI J, FATEMI M, DANEKAR A, FAHIMI FG, KARIMI D (2009). Determination of environmentally sensitive zones along Persian Gulf coastlines through geographic information system. J. Food. Agri. Environ. 7(2): 718-725.

NOURI, J. JASSBI, J. JAFARZADEH, N. ABBASPOUR, M. VARSHOSAZ, K. Comparative Study Of Environmental Impact Assessment Methods Along With A New Dynamic System-Based Method. African Journal of Biotechnology Vol. 8 (14), pp. 3267-3275, 20 July, 2009.

NUSS, Philip, ECKELMAN, Matthew J. Life Cycle Assessment of Metals: A Scientific Synthesis. Plos One. July 2014, Volume 9, Issue 7, e101298.

O'FAIRCHEALLAIGH, Ciaran. Public participation and environmental impact assessment: Purposes, implications, and lessons for public policy making. *Environmental Impact Assessment Review* 30 (2010) 19–27.

ODUM, H.T. *Environmental Accounting*; John Wiley & Sons: New York, NY, USA, 1996.

OEHLMANN, Jörg. OETKEN, Matthias. SCHULTE-OEHLMANN Ulrike. A Critical Evaluation Of The Environmental Risk Assessment For Plasticizers In The Freshwater Environment In Europe, With Special Emphasis On Bisphenol A And Endocrine Disruption. *Environmental Research* 108 (2008) 140–149. doi:10.1016/j.envres.2008.07.016.

OLARU, M., PIRNEA, I.C., & SANDRU, M. Monte Carlo Method Application For Environmental Risks Impact Assessment in Investment Projects. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* (2013). 109, 940 – 943.

PACINI, Nic. Environmental Background Assessment: Basic Principles And Practice . *Environmental background Assessment. Ann Ist super sAnItà* 2008 | Vol. 44, no. 3: 258-267.

PARTIDÁRIO MP. Strategic Environmental Assessment—Principles And Potential. In: Petts J, Editor. *Handbook Of Environmental Impact Assessment*, vol. 1. London: Blackwell; 1999.

PERDICOU´LIS, A., HANUSCH, M., KASPERIDUS, H., WEILAND, U. The handling of causality in SEA guidance. *Environmental Impact Assessment Review* 2007. 27, 176–187.

POOPAK, Sotoodehnia.; AGAMUTHU, P. Life Cycle Impact Assessment (LCIA) Of Paper Making Process In Iran. African Journal of Biotechnology Vol. 10(24), pp. 4860-4870, 6 June, 2011. DOI: 10.5897/AJB10.2044.

PORTHA, J. JAUBERT. N, LOURE. PONS, M. Life Cycle Assessment Applied to Naphtha Catalytic Reforming. Oil & Gas Science and Technology – Rev. IFP Energies nouvelles, Vol. 65 (2010), No. 5, pp. 793-805. DOI: 10.2516/ogst/2010019.

REBITZER, G. EKVALL, T. FRISCHKNECHT, R. et al., “Life cycle assessment: part 1: framework, goal and scope definition, inventory analysis, and applications,” Environment International, vol. 30, no. 5, pp. 701–720, 2004.

RILWANI, Momoh. AGBANURE, Fred. An Assessment of the Environmental Impact of Asphalt Production in Nigeria. Anthropologist, 12(4): 277-287 (2010).

ROBU, Brîndușa, CĂLIMAN, Florentina. METHODS AND PROCEDURES FOR ENVIRONMENTAL RISK ASSESSMENT. Environmental Engineering and Management Journal November/December 2007, Vol.6, No.6, 573-592 <http://omicron.ch.tuiasi.ro/EEMJ/>.

ROTMANS, J. Tools for integrated sustainability assessment: a two-track approach. Integrated Assessment Journal 2006. 6(4):35-57.

ROUDGARM P, MONAVARI M, FEGHHI J, NOURI J, KHORASANI N Environmental impact prediction using remote sensing images. J. Zhejiang University-Science, (2008). A 9(3): 381-390; DOI: 10.1631/jzus. A072222.

ROZEMA, J. BOND, A. *Framing Effectiveness In Impact Assessment: Discourse Accommodation In Controversial Infrastructure Development. Environmental Impact Assessment Review (2015). 50 Pp 66–73.*

RUNNING, S. Measurable planetary boundary for the biosphere. *Science (2012). 337, 1458–1459.*

SALHOFER, Stefan. WASSERMANN, Gudrun. BINNER, Erwin. .Strategic environmental assessment as an approach to assess waste management systems. Experiences from an Austrian case study. *Environmental Modelling & Software 22 (2007) 610e618. Doi:10.1016/j.envsoft.2005.12.031.*

SANDHAM, Ia. The quality of environmental impact reports for projects with the potential of affecting wetlands in South Africa. Environmental Assessment Research Group, School of Environmental Sciences, North West University, Private Bag X6001, Potchefstroom 2520, South Africa ISSN 0378-4738 = Water SA Vol. 34 No. 2 April 2008.

SCELSI. L., BONNER M., HODZIC. A., SOUTIS1, C. WILSON, R. SCAIFE, K. Potential Emissions Savings Of Lightweight Composite Aircraft Components Evaluated Through Life Cycle Assessment. *eXPRESS Polymer Letters Vol.5, No.3 (2011) 209–217. DOI: 10.3144/expresspolymlett.2011.20.*

SCHAU, Erwin M. TRAVERSO, Marzia. Life Cycle Costing in Sustainability Assessment—A Case Study of Remanufactured Alternators. *Sustainability 2011, 3, 2268-2288; doi:10.3390/su3112268.*

SCHWEIZER Vanessa Jine. KRIEGLER, Elmar. Improving environmental change research with systematic techniques for qualitative scenarios. *Environmental Research Letters. 7 (2012) 044011 (14pp). doi:10.1088/1748-9326/7/4/044011.*

SHARIFZADEGAN, M., GOLLAR, P., & AZIZI H. Assessing the strategic plan of (2011). tehran by sustainable development approach, using the method of “Strategic Environmental Assessment (SEA)”. *Procedia Engineering* 21 pp 186 – 195.

SHEN LY, TAM VWY. Implementation of environmental management in the Hong Kong construction industry. *International Journal of Project Management* 2002;20(7):535–43.

SIDDHAYE, S.; SHENG, P. “Integration of environmental factors in process modeling for printed circuit board manufacturing, part II: fabrication,” in *Proceedings of the 5th IEEE International Symposium on Electronics and the Environment (ISEE '97)*, pp. 226–233, May 1997.

ŠUPUT, Danijela Z. LAZIĆ Vera L., LEVIĆ, Ljubinko B. KRKIĆ, Nevena M. TOMOVIĆ Vladimir M., PEZO Lato L.. Characteristics Of Meat Packaging Materials And Their Environmental Suitability Assessment. *Hem. Ind.* 67 (4) 615–620 (2013). doi: 10.2298/HEMIND120907104S

TARANTINI, Mario. BUTTOL Patrizia. MAIORINO, Lorenzo. An Environmental Lca Of Alternative Scenarios Of Urban Sewage Sludge Treatment And Disposal. *BIBLID*: 0354-9836, 11, (2007), 3, 153-164. DOI:10.2298/TSCI0703153T.

THÉRIVEL, R. PARTIDARIO, MR. Editors. *The practice of strategic environmental assessment*. London: Earthscan; 1996.

THERIVEL, R.. *Strategic Environmental Assessment in Action*. Earthscan, London, 2004.

THORPE, R. HOLT, R. PITTAWAY, L. MACPHERSON, A. Knowledge within small and medium sized firms: A systematic review of the evidence. En: International Journal of Management Reviews. 2006. Vol. 7, No. 4, p. 257-281.

TIRUTA-BARNA Ligia, BENETTO Enrico, PERRODIN Yves. Environmental Impact And Risk Assessment Of Mineral Wastes Reuse Strategies: Review And Critical Analysis Of Approaches And Applications. Resources, Conservation and Recycling 50 (2007) 351–379.

TRANFIELD, David, DENYER, David. SMART, Palminder. Towards a Methodology for Developing Evidence-Informed Management Knowledge by Means of Systematic Review. En: British Journal of Management. Septiembre, 2003. Vol. 14, No 3, p. 207–22.

TULLOS, Desiree. Assessing the influence of environmental impact assessments on science and policy: An analysis of the Three Gorges Project. \* Journal of Environmental Management xxx (2008) 1–16.

UEDA, Minoru. A Preliminary Environmental Assessment for the Preservation and Restoration of Fujian Hakka Tulou Complexes. *Sustainability* 2012, 4, 2803-2817; doi:10.3390/su4112803.

UNEP Briefs on Economics, Trade and Sustainable Development (2002) .Information and Policy Tools from the United Nations Environment Programme. UNEP's Environmental Impact Assessment Training Resource Manual -Second Edition.

*UNEP. Environmental Impact Assessment Training Resource Manual. (2002).*

VAN DER WERF, HAYO. TZILIVAKIS, John. Environmental Impacts Of Farm Scenarios According To Five Assessment Methods. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 118 (2007) 327–338.

VARGAS, G. y CALVO, G. Seis modelos alternativos de investigación documental para el desarrollo de la práctica universitaria en educación... el caso del proyecto de extensión REDUC - Colombia en la Universidad Pedagógica Nacional. *Revista Educación superior y desarrollo* 5. (1987).

VEGA, J.; I. ORDOÑEZ.; PINILLA, G. Towards a systemic assessment of environmental impact (SAEI) regarding alternative hydrosedimentological management practice in the Canal del Dique, Colombia. *Ingeniería E Investigación* Vol. 33 No. 3, December - 2013 (41-48).

VEGA, L. Toward the systemic parameterization of the environmental dimension., *Revista Ingeniería e Investigación*, Vol. 31, No. 1, April, 2011, pp. 242-253.

VRBAŠKI, Biljana. KRNJETIN, Slobodan. Strategic Environmental Impact Assessment Experiences of the Republic of Serbia. *Prostor* 1[37] 17[2009] 184-191.

WACKERNAGEL, M.; REES, W. *Our Ecological Footprint—Reducing Human Impact on the Earth*; New Society Publishers: Gabriola Island, BC, Canada, 1996; p. 160.

WACKERNAGEL, M.; SCHULZ, N.B.; DEUMLING, D.; LINARES, A.C.; JENKINS, M.; KAPOS, V.; MONFREDA, C.; LOH, J.; MYERS, N.; NORGAARD, R.; et al. Tracking the ecological overshoot of the human economy. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 2002, 99, 9266–9271.

WALLINGTON, Tabatha. BINA, Olivia. THISSEN, Wil. Theorising Strategic Environmental Assessment: Fresh Perspectives And Future Challenges. *Environmental Impact Assessment Review* 27 (2007) 569–584. doi:10.1016/j.eiar.2007.05.007.

WEIMER-JEHLE W ScenarioWizard. Constructing Consistent Scenarios Using Cross-Impact Balance Analysis, Manual. 2010. (Stuttgart: ZIRN).

WSZOA EK, T. KLACZYNSKI, M. MLECZKO, D. And OZGA A.. On Certain Problems Concerning Environmental Impact Assessment of Wind Turbines in Scope of Acoustic. *Acoustic and Biomedical Engineering* 2014 Vol. 125. DOI: 10.12693/APhysPoIA.125.A-38.

WU, Yiping. LIU Shuguang. SOHL, Terry.; YOUNG Claudia. Projecting the land cover change and its environmental impacts in the Cedar River Basin in the Midwestern United States. *Environmental. Research. Letters.* 8 (2013) 024025 (13pp).

YANG, Jin. CHEN, Bin. QI Jinq. ZHOU Shiki. JIANG Meiming. Life-Cycle-Based Multicriteria Sustainability Evaluation of Industrial Parks: A Case Study in China. *The Scientific World Journal* Volume 2012, Article ID 917830, 9 pages. Doi:10.1100/2012/917830.

YANHUA, Z., SONG, H., HONGYAN, L., & BEIBEI, N. (2011). Global Environmental Impact Assessment Research Trends (1973-2009). *Procedia Environmental Sciences* 11, pp 1499 -1507.

YILMAZ , Baris.; HARMANCIOGLU, Nilgun B. Multi-criteria decision making for water resource management: a case study of the Gediz River Basin, Turkey. ISSN 1816-7950 (On-line) = *Water SA* Vol. 36 No. 5 October 2010.

YU, X. SEKHARI, A. NONGAILLARD, A. BOURAS, A. YU, S. A Sensitivity Analysis Approach to Identify Key Environmental Performance Factors. Hindawi Publishing Corporation Mathematical Problems in Engineering Volume 2014, Article ID 918795, 9 pages <http://dx.doi.org/10.1155/2014/918795>.

ZAIMES, George. And KHANNA, Vikas. Microalgal Biomass Production Pathways: Evaluation Of Life Cycle Environmental Impacts. *Biotechnology for Biofuels* 2013, 6:88.

ZHANG, Dezhi. LI, Shuangyan. and QIN Jin. An Optimal Hierarchical Decision Model for a Regional Logistics Network with Environmental Impact Consideration. Hindawi Publishing Corporation e Scientific World Journal Volume 2014, Article ID 542548, 15 pages.

ZHANG, Yanan. HU, Guiping and Brow Robert. Life cycle assessment of the production of hydrogen and transportation fuels from corn stover via fast pyrolysis. *Environ. Res. Lett.* 8 (2013) 025001 (13pp). doi:10.1088/1748-9326/8/2/025001.

ZHU, Da. RU Jiang. Strategic environmental assessment in China: Motivations, politics, and effectiveness. The World Bank, USA Received 24 October 2005; received in revised form 31 January 2007; accepted 19 March 2007. Available online 23 May 2007.

ZIRN. Interdisciplinary Research Unit on Risk Governance and Sustainable Technology Development (2011) Cross-Impact Balance Analysis: Publications ([www.cross-impact.de/english/CIB\\_e\\_Pub.htm](http://www.cross-impact.de/english/CIB_e_Pub.htm), accessed 13 Aug 2011).



## **ANEXOS**

### **ANEXO A. ARTÍCULO PUBLICABLE**

#### **ESTADO DEL ARTE DE LAS METODOLOGÍAS PARA LA EVALUACIÓN AMBIENTAL EN PROYECTOS DE INVERSIÓN.**

---

#### **STATE OF THE ART OF THE METHODOLOGIES FOR ENVIRONMENTAL ASSESSMENT IN INVESTMENT PROJECTS.**

**CAROLINA GONZÁLEZ GUARIN**

Ingeniería Industrial  
Universidad Industrial de Santander  
Caritoggb@gmail.com

**ORLANDO ENRIQUE CONTRERAS PACHECO**

Magíster en Administración  
Tulane University  
Ocontrerasp@gmail.com

#### **RESUMEN**

Éste artículo presenta una investigación realizada sobre metodologías para la evaluación ambiental en proyectos de inversión, en el cual se desarrolla una revisión sistemática para el establecimiento de un marco teórico de referencia que plasme el estado actual la literatura de la temática y contribuya a su conceptualización y comprensión como una herramienta orientada a la sostenibilidad, que permite cuantificar los posibles impactos negativos en el medio ambiente causados en el desarrollo de un proyecto de inversión.

El documento expone cada una de las actividades y procesos realizados en la investigación que permitieron el análisis de la dinámica de producción de artículos científicos referentes a la evaluación ambiental, la comprensión de los conceptos básicos y la identificación de las principales metodologías aplicadas a sectores específicos que se destacaron través del análisis de contenido realizado a los artículos seleccionados.

La investigación desarrollada permitió el análisis de la temática de evaluación ambiental en el marco del ámbito legal, la historia y antecedentes, la definición de los conceptos básicos y la identificación de metodologías aplicadas a proyectos de inversión. Así mismo, se presenta una tabla recopilando las metodologías anteriormente mencionadas, la cual permite la comparación y descripción de las mismas.

Los resultados de ésta investigación, reflejan una tendencia de aumento aproximadamente del 10% anual en la producción de artículos científicos sobre la temática, principalmente en países como Estados Unidos, Italia y España. Se identifican 18 metodologías utilizadas para la evaluación ambiental, de las cuales el 34% están sesgadas a proyectos de inversión del sector industrial y de construcción. Asimismo, se determina que las políticas burocráticas, la tensión entre los ministerios ambientales y no ambientales y la escasa participación pública, son algunas de las limitaciones en la evaluación ambiental.

**PALABRAS CLAVES:** Revisión Sistemática, Metodología Evaluación Ambiental, Proyecto de Inversión, Sostenibilidad.

#### **ABSTRAT**

This project presents a research of environmental assessment methodologies in investment projects, using a systematic review methodology to establish a theoretical framework that reflects the current state of the literature and contribute to its conceptualization and understanding as a tool oriented to sustainability, which quantifies the potential negative impacts on the environment, caused in the development of an investment project.

This document sets out each of the activities and processes carried out in the research that enabled the analysis of the dynamics in scientific articles production relating to environmental assessment, understanding the basic concepts and the identification of the main methodologies applied to specific sectors, which were outstanding through the analysis of the selected articles.

The research developed allowed the analysis of environmental assessment under the legal field, the history and background, the definition of the basic concepts and the identification of 28 methodologies applied to investment projects. Likewise, it presents a table compiling the aforementioned methodologies, which allows comparison and description thereof.

The results of this research show a trend of increasing about 10% annually in the production of scientific papers on the subject, especially in countries like the United States, Italy and Spain. There are 18 methodologies for environmental assessment, of which 34% are biased of industrial and construction investment projects. It was also determined that the bureaucratic politics, the tension between environmental and non-environmental ministries and low public participation are some of the limitations in the environmental assessment.

**KEYWORDS:** Systematic Review, Environmental Assessment Methodology, Investment Project, Sustainability.

---

## 1. INTRODUCCIÓN

Con la globalización de los problemas ambientales, la evaluación del impacto ambiental está atrayendo cada vez más la atención, debido a que el crecimiento económico, está degradando rápidamente los ecosistemas y poniendo en peligro la sostenibilidad a largo plazo de los países en desarrollo. Debido a esto, la evaluación de impacto ambiental ha sido reconocida como una herramienta que puede ayudar en la protección de los ecosistemas y contribuir al desarrollo sostenible (Yanhua, et al, 2011).

La situación actual conduce a la creciente preocupación, de mantener bajo control el impacto sobre el medio ambiente de actividades, productos o servicios (Olaru, et al, 2013) que se encuentren en el marco de realización de un proyecto. Asimismo, pensando en un enfoque de sostenibilidad, se necesitan metodologías que permitan cuantificar los posibles impactos negativos, con el objetivo de prevenirlos o mitigarlos.

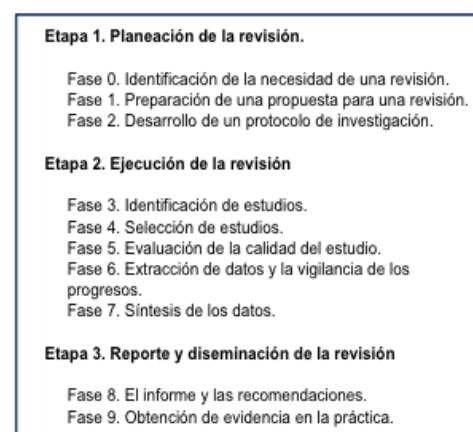
En éste artículo se presenta un estudio analítico del conocimiento acumulado que hace parte de la investigación documental basada en el análisis de documentos escritos y que tiene como objetivo inventariar y sistematizar la producción en el área del conocimiento (Vargas y Calvo, 1987), sobre las metodologías utilizadas para medir el impacto ambiental en proyectos de inversión. En primer lugar, se realizó una búsqueda, recolección y depuración de textos concernientes al tema y analizando los documentos se realiza un marco de la situación actual, del contexto en el que se encuentra esta temática y se señalan las metodologías principales utilizadas para la

evaluación ambiental en proyectos de inversión aplicadas a sectores específicos. Cabe resaltar que a lo largo del documento, se presentan algunos conceptos que mencionan los autores, pero que por efecto del alcance de la investigación, solo serán mencionados, tal como lo hacen los autores en la revisión de la literatura. Finalizando, se presenta en una tabla del resumen de las metodologías mencionadas anteriormente, las cuales se clasificaron respecto a seis conceptos, sirviendo como cuadro informativo y comparativo.

## 2. METODOLOGÍA

Para el desarrollo de ésta investigación se utilizó la metodología de revisión sistemática, la cual adopta métodos explícitos y sistemáticos para la identificación, selección y evaluación crítica de la información sobre un tema de interés (Thorpe, et al, 2006), garantizando que la investigación sea fiable y rigurosa.

En la Figura 1, se presentan los pasos que expone (Tranfield, et al, 2003), los cuales se utilizarán para el desarrollo de la revisión sistemática.



**Figura 9.** Etapas de una revisión sistemática  
Fuente: Tranfield et al. 2003

## 2.1. Protocolo de Investigación

El protocolo de investigación presenta la ecuación de búsqueda (Ver Figura 2 ), los criterios de inclusión y exclusión (Ver Tabla 1) que fueron implementados como directrices de la revisión sistemática desarrollada para la obtención de la mejor evidencia que garantizara la objetividad y calidad de la investigación realizada.

Topic = ((Environmental\* Impact\* Assessment\*) OR (Environmental\* Project\* Impact\* Assessment\*) OR (Environmental\* Strategic\* Assessment\*) OR (Environmental\* Plan\* Impact\* Assessment\*) OR (Environmental\* Life\* Cycle\* Assessment\*) OR (Environmental\* Assessment\* Techniques\*) OR (Environmental\* Impact\* Method\*) OR (Environmental\* Sustainability\* Assessment\* Methodology\*) OR (Environmental\* Evaluation\* Project\*) OR (Environmental\* Evaluation\* Project\* Method\* Impact\*) OR (Environmental\* impact\*) OR (Environmental\* Assessment\*) OR (Environmental\* Risk\* Assessment\*) OR (Environmental\* Preservation\* Method\*) OR (Environmental\* Mitigation\* Method\*))

**Figura 10.** Ecuación de búsqueda

**Tabla 9.** Criterios de inclusión y exclusión

Criterio de inclusión	<p>6. Se incluyeron los documentos registrados en todas las bases de datos (<i>Science Citation Index Expanded</i> (SCI-EXPANDED), <i>Social Sciences Citation Index</i> (SSCI) y <i>Arts &amp; Humanities Citation Index</i> (A&amp;HCI) que conforman la colección conetral de la Web of Science encontrados en la plataforma virtual de la <i>Web of Science</i>.</p> <p>7. Se incluyeron los documentos que se encuentren registrados en la</p>
-----------------------	---

	<p>Web of Science en el intervalo de tiempo comprendido entre 2007 y 2014.</p> <p>8. Se incluyeron solamente los tipos de documento que son artículos.</p> <p>9. Se incluyeron artículos en inglés y español.</p> <p>10. Se incluyeron los artículos con texto completo de la editorial.</p>
Criterio de exclusión	<p>4. Se excluyeron los artículos que no sean en inglés o español.</p> <p>5. Se excluyeron los tipos de documentos que son revisión, editorial, corrección, reporte de caso, resumen, carta, noticias, reunión, libro, biografía y otros.</p> <p>6. Se excluyeron los artículos en inglés y español que no tienen relación directamente con la evaluación ambiental.</p>

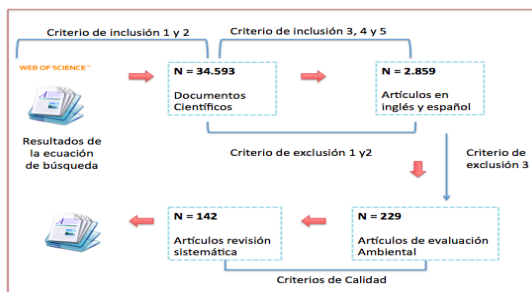
## 2.2. Selección de Estudios

La selección de estudios se hizo desde el momento que se generó la búsqueda de documentos científicos en la plataforma de *Web of Science* aplicando los criterios 1 y 2, dando como resultado de la búsqueda en la plataforma virtual **34.593** documentos científicos divididos entre artículos, revisiones de libro, revisiones, trabajos precedentes, material editorial, resúmenes de reunión, capítulos de libro, artículos biográficos, correcciones, noticias, actas e impresiones. Luego se aplicaron los criterios de inclusión 3, 4 y 5, y de exclusión 1 y 2,

mediante un proceso de refinamiento que permite la plataforma de la *Web of Science* dejando únicamente los artículos disponibles en inglés o español y con acceso abierto, dando como resultado de la búsqueda **2.859** artículos; finalmente, se empleó el criterio de exclusión 3 a través de la lectura de los títulos y los resúmenes de los **2.859** artículos en inglés o español, reduciendo el universo a **229** artículos en inglés o español relacionados con la evaluación ambiental.

### 2.3. Evaluación de Calidad de los Estudios

Tomando como base los artículos seleccionados se realizó la depuración por medio del software *VantagePoint*, por medio del cual se seleccionaron los principales artículos, posteriormente se realizó la lectura completa del contenido de los artículos para su evaluación de acuerdo con los criterios de calidad establecidos, dando como resultado la identificación de **142** artículos adecuados para la revisión que garantizaron la obtención de la mejor evidencia posible. En la Figura 3, se resume el proceso de búsqueda y selección de los artículos científicos.



**Figura 3.** Proceso de Selección de Artículos para Revisión Sistemática.

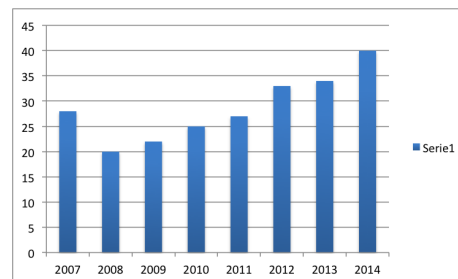
## 3. REPORTE Y DISEMINACIÓN DE LOS RESULTADOS

### 3.1. Análisis Bibliométrico.

El seguimiento realizado a la literatura de la evaluación ambiental mediante el análisis bibliométrico permitió la identificación de la dinámica de producción de artículos científicos relacionados con la temática en el mundo.

Comparando los 229 artículos se evidenció que los Estados Unidos con el (17%) es el país con mayor número de publicaciones, seguido por Italia con el (10%), España (8%), Reino Unido (8%), Brasil (6%), China (5%), Australia (5%), Francia (4%), Alemania (4%), Canadá (4%), México (4%), Holanda (4%), India (3%), África (3%), Suiza (3%), Turquía (3%), Dinamarca (3%). En la Tabla 2, se encuentran los países en orden descendente en número de publicaciones, es importante resaltar que Colombia (2%) ocupa el puesto número 17 en el ranking, con 5 publicaciones.

De acuerdo con la Figura 4, se muestra que la evaluación ambiental es una temática con una tendencia creciente en el número de artículos producidos. De ésta manera se observa que a pesar de que no se había terminado el año 2014 en el momento que se realizó la búsqueda, se presenta también un crecimiento con respecto al año anterior.



**Figura 4.** Producción de Artículos por Años de Publicación.

En la Tabla 2, se presenta el top 14 de los autores principales, con dos publicaciones. De manera que es evidente la ausencia de autores que lideren la investigación de ésta temática, ya que en el top 14 sólo se encuentra el 12% de los artículos totales y el 88% restante se trata de autores diferentes en cada artículo.

AUTORES	PUBLICACIONES
BINA Olivia	2
BUCKLEY Chris	2
CHEN Bin	2
CHESTER Mikhail	2
DE ALMEIDA Buschinelli	2
FINKBEINER Matthias	2
FRIEDRICH Elena	2
FUERTES Alba	2
LEHMANN Annekattrin	2
MATTHEWS Scott	2
RODRIGUES Stachetti	2
RODRIGUES Aparecida	2
SALA Serenella	2

**Tabla 10.** Autores Principales

En la literatura científica de evaluación ambiental se encuentran metodologías aplicadas principalmente a cinco sectores; hídrico, industrial, construcción, energía y transporte. sin embargo, la literatura está sesgada hacia proyectos industriales y de construcción en específico, ya que tienen el 34% de las metodologías totales seleccionadas, convirtiéndose en los sectores con mayor avance en literatura científica.

A través de la revisión de la literatura se identificaron 18 metodologías de evaluación ambiental en total, clasificadas en: Seis

conceptos; Evaluación de Riesgo Ambiental y Ecológico 1, Evaluación de Impacto 1, Evaluación de Impacto Ambiental 3, Evaluación del Ciclo de Vida 3, Evaluación Ambiental Estratégica 1 Y Evaluaciones Ambientales Sectoriales; hídrico 1, industrial 3, construcción 3, energía 1 y transporte 1.

### **3.2. Metodologías para la Evaluación Ambiental en Proyectos de Inversión**

Numerosas metodologías se han utilizado para predecir y evaluar el impacto ambiental. Existe una literatura considerable sobre los métodos de evaluación del impacto ambiental y de sus funciones, fortalezas, debilidades y uso relativo (Nouri , et al, 2009)

De acuerdo al análisis de la revisión de la literatura, se clasifican las principales metodologías de evaluación ambiental de acuerdo a seis conceptos, como se expone en la Tabla 3, los cuales se definen, se dividen en subcategorías de metodologías aplicadas por autores específicos y se exponen sus ventajas y limitaciones.

**Tabla 3.** Metodologías Para La Evaluación Ambiental En Proyectos De Inversión.

METODOLOGÍA	REFERENCIA DE METODOLOGÍA APLICADA	TIPO DE VARIABLE	DESCRIPCIÓN	VENTAJAS	LIMITACIONES
EVALUACIÓN DE RIESGO AMBIENTAL (ERA) Y EVALUACIÓN DE RIESGO ECOLÓGICO (ERE)	EPA [29]	Cuantitativa	Modelo conceptual para la ERE, el cual en cada fase, varios tipos de modelos son aplicables, es decir, mecanicista, probabilística, empírico, el razonamiento, a partir de datos suministrados por experimentos o bases de datos..	Analiza las características de los ecosistemas, las fuentes y los factores de estrés ambientales.	La adquisición de la cantidad y calidad de datos adecuados en el proceso es crítico.
EVALUACIÓN DE IMPACTO (EI)	De Smedt [23]	Cuantitativa	Metodología que comparar el uso de herramientas científicas para la EI satisfactoria utilizada por los investigadores y los responsables políticos en casos seleccionados.	Compara el uso de herramientas científicas para lograr una EI satisfactoria.	Brecha potencial entre las contribuciones de los investigadores y los tipos de instrumentos de evaluación que los responsables políticos están dispuestos a utilizar.
EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA)	Nouri y Jassbi [70]	Cuantitativa	Modelo dinámico, las directrices propuestas que exponen los efectos de evaluación de impacto ambiental que pueden ser mejorados en un entorno simulado y, finalmente, se seleccionando la mejor estrategia de decisión.	Flexible, considera el uso de una relación de causa y efecto entre los elementos y recoge las experiencias de expertos en un modelo.	El modelo no se puede utilizar a través de cambiar variables y elementos, por lo que los datos estarán relacionados con un campo específico y por lo tanto puede no se extienda a otros proyectos similares.
	International Asociación for Impact Assessment (IAIA).[40]	Cualitativa	Nueve Principios básicos generales de aplicación EIA	Involucra a todos los interesados en el proceso de evaluación ambiental.	La subjetividad existente en identificar cuál es el nivel o el alcance de la EIA y si el proyecto a merita el desarrollo de la misma.

METODOLOGÍA	REFERENCIA DE METODOLOGÍA APLICADA	TIPO DE VARIABLE	DESCRIPCIÓN	VENTAJAS	LIMITACIONES
	Schweizer et al. [93]	Cuantitativa	Metodología en la cual la información sobre las tendencias de un sistema puede ser descubierta a través del método de Balance de Impacto Cruzado (BIC) el cual proporciona una comprobación explícita para la consistencia interna de los escenarios cualitativos	Proporciona información sobre tendencias de un sistema y realiza un análisis de sensibilidad, que puede tener profundas implicaciones para los resultados y recomendaciones de un estudio de cambio ambiental.	La subjetividad en los juicios para la relación entre variables, debido que se establecen por expertos.
EVALUACIÓN AMBIENTAL ESTRATÉGICA (EAE)	La Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA)	Cuantitativa	Metodología que desarrolla un conjunto básico de indicadores ambientales, 37 en total. Los indicadores ambientales desarrollados van acompañados de un riguroso proceso de validación.	Metodología válida y flexible.	Falta de información adecuada, los intereses inmediatos de los funcionarios electos y las políticas burocráticas entre los ministerios ambientales y no ambientales.
EVALUACIÓN DEL CICLO DE VIDA (ECV)	Portha et al. [81]	Cuantitativa	Divide la ECV en cuatro pasos correspondientes a un conjunto de normas ISO estandarizados	Incluye todas las cargas y el impacto en el ciclo de vida de un producto o un proceso.	El valor de referencia y ponderación para los impactos pueden causar controversias.
	Ingwersen y Cabezas. [43]	Cuantitativa	Metodología para adaptar las cuatro métricas integradas de uso con la ECV, que comprenden; información en tierra (Huella Ecológica), de energía ( <i>Emergy</i> ), monetaria (Valor Neto Verde Añadido), y el índice de orden del sistema (Información de	Integra múltiples impactos en una sola unidad de medida basada en un principio científico o económico común.	Limitaciones en la información completa del sistema y la falta de comprensión de las relaciones ambientales.

METODOLOGÍA	REFERENCIA DE METODOLOGÍA APLICADA	TIPO DE VARIABLE	DESCRIPCIÓN	VENTAJAS	LIMITACIONES
			<i>Fisher</i> ).		
	Yu et al. [122]	Cuantitativa	Metodología que integra los métodos paramétricos con la ECV, donde se propone un enfoque de análisis de sensibilidad para ayudar a los usuarios a encontrar el parámetro de diseño que tiene la influencia más significativa en el comportamiento ambiental del proyecto	Ayuda a los diseñadores a estimar el impacto de cada parámetro de diseño en el comportamiento ambiental del producto.	Un parámetro de diseño puede tener diferentes efectos de influencia en diferentes emisiones al medio ambiente.

METODOLOGÍA	SECTORES	REFERENCIA DE METODOLOGÍA APLICADA	TIPO DE VARIABLE	DESCRIPCIÓN	VENTAJAS	LIMITACIONES
EVALUACIONES AMBIENTALES SECTORIALES	SECTOR HÍDRICO	Yilmazt et al. [121]	Cuantitativa	Metodología de gestión de los recursos hídricos que facilita las decisiones basadas en indicadores con respecto a las dimensiones ambientales, sociales y económicos, desde una perspectiva de múltiples criterios.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Permiten establecer un marco de referencia de las metodologías que se están utilizando en la práctica para la evaluación ambiental en proyectos de</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La subjetividad de los expertos para determinar los enfoques cualitativos de la evaluación ambiental.</li> <li>• La validez de las bases de datos.</li> </ul>
	SECTOR INDUSTRIAL	Hofer et al. [38]	Cuantitativa	Metodología integrado por el Lean Producción (LP) que es una estrategia o filosofía que promueve el uso de las prácticas, como el Kanban, un tipo de sistema de programación, la gestión de calidad total (TQM) y el justo a		

METODOLOGÍA	SECTORES	REFERENCIA DE METODOLOGÍA APLICADA	TIPO DE VARIABLE	DESCRIPCIÓN	VENTAJAS	LIMITACIONES
				tiempo (JIT), para reducir al mínimo la chatarra y residuos .	inversión.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacitación del personal en <i>software</i> especializados.</li> </ul>
		Leoppolo et al. [47]	Cuantitativa	Modelo ambiental de Lean Management Ambiental (LM) introduce la variable ambiental a lo largo de todos los procesos, imponente eco-eficiencia en la producción y el uso de los recursos, materiales y energía, y también la introducción de los objetivos de reducción de los impactos ambientales.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se presentan estudios de caso que validan las metodologías mencionadas.</li> </ul>	
		Yang et al. [119]	Cuantitativa	Metodología de marco multicriterio para la evaluación de la sostenibilidad basada en ECV. Que se controla mediante la propuesta de un marco de evaluación con una serie de indicadores.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se utilizan métricas integradas, proporcionan una cobertura más amplia de los aspectos de sostenibilidad desde múltiples perspectivas teóricas.</li> </ul>	
	SECTOR CONSTRUCCIÓN	Chen et al. [15]	Cuantitativa	Metodología capaz de evaluar cuantitativamente los niveles de contaminación y peligro de los procesos y proyectos de construcción.		
		Gangolells et al. [34]	Cuantitativa	Metodología propuesta es capaz de comparar el impacto medioambiental global de diversos proyectos de construcción para clasificar la importancia de los diversos impactos ambientales de cada uno de estos proyectos.		
		Morales et al. [66]	Cuantitativa	Metodología IE utilizada a través de un programa de ordenador, que consiste en una base de datos para la planificación,		

METODOLOGÍA	SECTORES	REFERENCIA DE METODOLOGÍA APLICADA	TIPO DE VARIABLE	DESCRIPCIÓN	VENTAJAS	LIMITACIONES
				organización, control y gestión de todas las fases de construcción basado en la teoría de Caso de Razonamiento Base.		
	SECTOR ENERGÍA	Kang et al [53]	Cuantitativa	Modelo MCDM integrado ; modelado estructural (ISM) que tiene en cuenta los beneficios, oportunidades, costos y riesgos (BOCR) mediante un proceso de análisis de red difusa (FANP).		
	SECTOR TRANSPORTE	Zang et al. [125]	Cuantitativa	Metodología que se dirige a la interacción entre la autoridad logística, operadores logísticos, y los usuarios de logística y también incorpora explícitamente el impacto de las economías de escala un parque logístico.		

#### 4. CONCLUSIONES

Las principales líneas de investigación en la literatura de metodologías utilizadas para la evaluación ambiental son la definición de los conceptos asociados a la evaluación ambiental, las metodologías existentes en un sector específico, aplicadas a un estudio de caso y el ámbito legal que incluye la investigación del desarrollo de leyes y normativas enfocadas a la sostenibilidad.

Asimismo, la importancia, necesidad y complejidad de la evaluación ambiental, la han convertido en una temática científica estudiada y desarrollada a nivel mundial con una tendencia creciente promedio aproximada del 10% entre el 2007 y 2014. Siendo Estados Unidos, Italia, España, Reino Unido y Brasil los países con la mayor participación en la dinámica de producción de artículos científicos sobre evaluación ambiental.

Es evidente la ausencia de autores que lideren la investigación de ésta temática, ya que en el top 14 de los autores principales sólo se encuentra el 12% de los artículos totales y el 88% restante se trata de autores diferentes en cada artículo.

Comparando los 229 artículos se evidenció que los Estados Unidos con el (17%) es el país con mayor número de publicaciones, seguido por Italia con el (10%) y España (8%). Es importante resaltar que Colombia (2%) ocupa el puesto número 17 en el ranking, con 5 publicaciones.

Dentro de las principales diez universidades en el mundo, con dos o más publicaciones sobre el tema, el 40% pertenece a universidades de los Estados Unidos, lo que

indica el nivel de avance y la ventaja que tiene éste país en investigación de la evaluación ambiental a nivel mundial. Adicionalmente. Se destaca la revista *Sustainability* por ser la que más realiza publicaciones sobre la evaluación ambiental, convirtiéndose en una fuente actual de literatura, vital para el desarrollo de futuras investigaciones.

El desarrollo económico ha provocado un proceso de degradación ambiental de difícil resolución, en consecuencia se ha generado la necesidad de establecer metodologías adecuadas que permitan a los tomadores de decisión realizar juicios informados en todas las etapas de realización de un proyecto. Haciendo énfasis en el uso de metodologías debido a que hacen más probable iluminar los problemas potenciales, en comparación con el uso de indicadores de impacto ambientales individuales.

Para lograr el desarrollo sostenible, integrando los tres pilares; económico, social y principalmente ambiental, se requiere, en primer lugar, que existan metodologías de evaluación, que permitan cuantificar los posibles impactos negativos de un proyecto, sobre el medio ambiente, con el fin de tomar medidas de prevención o mitigación.

Las políticas burocráticas, la tensión entre los ministerios ambientales y no ambientales, la escasa participación pública, el alcance limitado, la responsabilidad sobre quien la debe realizar y el papel ambiguo de las autoridades ambientales en la regulación de la planificación, han sido las razones por las cuales la evaluación ambiental tiene limitaciones y por consecuencia ha sido cuestionada a nivel mundial.

Los países en desarrollo tienen "sólo un número limitado de sistemas de evaluación ambiental en pleno funcionamiento". Es por esto que se asegura que la única área de la toma de decisiones donde la evaluación de impacto ambiental juega un papel consistente, es en el establecimiento de condiciones de permisos de planificación. Lo que confirma la hipótesis de que la evaluación ambiental sólo se tiene en cuenta como un requisito legal en la realización de un proyecto de inversión, mas no como estrategia global enfocada a la sostenibilidad.

Una cooperación más estrecha entre los evaluadores de impacto ambiental, evaluadores de riesgos y expertos mixtos permitiría obtener información más eficaz en el proceso de evaluación ambiental. La evaluación de impacto ambiental es considerada típicamente como un factor útil que contribuye, pero que no es totalmente integrada en los modelos institucionales de toma de decisiones en el desarrollo de proyectos de inversión.

## 5. REFERENCIAS

CHEN Z, LI H. Environmental Management In Construction: A Quantitative Approach. London: Taylor & Francis; 2006.

De SMEDT Peter. The Use of Impact Assessment Tools to Support Sustainable Policy Objectives in Europe. Research, part of a Special Feature on Landscape Scenarios and Multifunctionality – Making Land Use Assessment Operational. Ecology and Society 15(4): 30.

<http://www.ecologyandsociety.org/vol15/iss4/art30/D>

ESPEISSE, M.; MBAYE, F.; BALL, P.D.; EVANS, S.; Levers, A. Emergence of sustainable manufacturing practices. Int. J. Prod. Plan. Control 2012, 23, 354–376.

EPA. Guidelines For Ecological Risk Assessment; 1998.

GANGOLELLS Marta, CASALS Miquel, GASSO Santiago, FORCADA Nuria, ROCA, FUERTES Xavier Alba. A Methodology For Predicting The Severity Of Environmental Impacts Related To The Construction Process Of Residential Buildings. Building and Environment 44 (2009) 558–571. doi:10.1016/j.buildenv.2008.05.001.

HOFER, C.; EROGLU, C.; HOFER, A.R. The Effect Of Lean Production On Financial Performance: The Mediating Role Of Inventory Leanness. Int. J. Prod. Econ. 2012, 138, 242–253.

IAIA (International Association for Impact Assessment). (1999). and the UK Institute of Environmental Management and Assessment (1999) Principles of EIA best practice. IAIA, Fargo, North Dakota, USA.

INGWERSEN, Wesley. CABEZAS, Heriberto. Et al. Integrated Metrics for Improving the Life Cycle Approach to Assessing Product System Sustainability. Wesley Ingwersen. Sustainability 2014, 6, 1386-1413; doi:10.3390/su6031386.

IOPPOLO, Giuseppe. CUCURACHI, Stefano. SALOMONE, Roberta. SAIJA, Giuseppe. CIRAULO, Luigi. Industrial Ecology and Environmental Lean

Management: Lights and Shadows. Sustainability 2014, 6, 6362-6376; doi:10.3390/su6096362.

KANG, He-Yau . HUNG, Meng-Chan. PEARN, W. LEE Amy. and KANG, Mei-Sung, An Integrated Multi-Criteria Decision Making Model for Evaluating Wind Farm Performance. Energies 2011, 4, 2002-2026; doi:10.3390/en4112002.

KATAYAMA, K. Spatial Order And Typology Of Hakka Dwellings. In Proceedings of the International Symposium on Innovation and Sustainability of Structures in Civil Engineering, Xiamen, China, 28–30 October 2011.

MORALES, Gilson. JUNGLES Antonio Edésio. SCHEIDEMANTEL, Sheila Elisa Klein. GUARDA Juliana. EI Scale – an Environmental Impact Assessment Scale Related to the Construction Materials Used in the Reinforced Concrete. Vol.53, n. 6: pp. 1511-1518, November-December 2010 ISSN 1516-8913 Printed in Brazil.

NOURI J, FATEMI M, DANEKAR A, FAHIMI FG, KARIMI D (2009). Determination of environmentally sensitive zones along Persian Gulf coastlines through geographic information system. J. Food. Agri. Environ. 7(2): 718-725.

NOURI, J. JASSBI, J. JAFARZADEH, N. ABBASPOUR, M. VARSHOSAZ, K. Comparative Study Of Environmental Impact Assessment Methods Along With A New Dynamic System-Based Method.

African Journal of Biotechnology Vol. 8 (14), pp. 3267-3275, 20 July, 2009.

OLARU, M., PIRNEA, I.C., & SANDRU, M. Monte Carlo Method Application For Environmental Risks Impact Assessment in Investment Projects. Procedia - Social and Behavioral Sciences (2013). 109, 940 – 943.

PACINI, Nic. Environmental Background Assessment: Basic Principles And Practice . Environmental background Assessment. Ann Ist super sAnItà 2008 | Vol. 44, no. 3: 258-267.

PORTHA, J. JAUBERT. N, LOURE. PONS, M. Life Cycle Assessment Applied to Naphtha Catalytic Reforming. Oil & Gas Science and Technology – Rev. IFP Energies nouvelles, Vol. 65 (2010), No. 5, pp. 793-805. DOI: 10.2516/ogst/2010019.

SCHWEIZER Vanessa Jine. KRIEGLER, Elmar. Improving environmental change research with systematic techniques for qualitative scenarios. Environmental Research Letters. 7 (2012) 044011 (14pp). doi:10.1088/1748-9326/7/4/044011.

THORPE, R. HOLT, R. PITTAWAY, L. MACPHERSON, A. Knowledge within small and medium sized firms: A systematic review of the evidence. En: International Journal of Management Reviews. 2006. Vol. 7, No. 4, p. 257-281. TRANFIELD, David, DENYER, David. SMART, Palminder. Towards a Methodology for Developing Evidence-

Informed Management Knowledge by Means of Systematic Review. En: British Journal of Management. Septiembre, 2003. Vol. 14, No 3, p. 207–22.

VARGAS, G. y CALVO, G. Seis modelos alternativos de investigación documental para el desarrollo de la práctica universitaria en educación... el caso del proyecto de extensión REDUC - Colombia en la Universidad Pedagógica Nacional. Revista Educación superior y desarrollo 5. (1987).

YANG, Jin. CHEN, Bin. QI Jinq. ZHOU Shiki. JIANG Meiming. Life-Cycle-Based Multicriteria Sustainability Evaluation of Industrial Parks: A Case Study in China. The Scientific World Journal Volume 2012, Article ID 917830, 9 pages. Doi:10.1100/2012/917830.

YANHUA, Z., SONG, H., HONGYAN, L., & BEIBEI, N. (2011). Global Environmental Impact Assessment Research Trends (1973-2009). Procedia Environmental Sciences 11, pp 1499 - 1507.

YILMAZ , Baris.; HARMANCIOGLU, Nilgun B. Multi-criteria decision making for water resource management: a case study of the Gediz River Basin, Turkey. ISSN 1816-7950 (On-line) = Water SA Vol. 36 No. 5 October 2010.

YU, X. SEKHARI, A. NONGAILLARD, A. BOURAS, A. YU, S. A Sensitivity Analysis Approach to Identify Key Environmental Performance Factors. Hindawi Publishing Corporation Mathematical Problems in Engineering

Volume 2014, Article ID 918795, 9 pages  
<http://dx.doi.org/10.1155/2014/918795>.

ZHANG, Yanan. HU, Guiping and Brow Robert. Life cycle assessment of the production of hydrogen and transportation fuels from corn stover via fast pyrolysis. Environ. Res. Lett. 8 (2013) 025001 (13pp). doi:10.1088/1748-9326/8/2/025001.