

UCH-FC  
Q. Ambiental  
G 984  
C. 1



FACULTAD DE CIENCIAS  
UNIVERSIDAD DE CHILE

**“ANÁLISIS DE LAS METODOLOGÍAS DE EVALUACIÓN DE IMPACTO  
AMBIENTAL PARA PROYECTOS DEL SECTOR MINERO Y ENERGÉTICO  
NACIONAL”**

Seminario de Título entregado a la Universidad de Chile en cumplimiento parcial  
de los requisitos para optar al Título de:

**Químico Ambiental**

**Javiera Paz Gutiérrez Espinosa**

Director de Seminario de Título: Luciano Bastías  
Profesor Patrocinante: Ricardo Serrano



Septiembre de 2016  
Santiago – Chile

**ESCUELA DE PREGRADO – FACULTAD DE CIENCIAS – UNIVERSIDAD DE CHILE**



## INFORME DE APROBACIÓN SEMINARIO DE TÍTULO

Se informa a la Escuela de Pregrado de la Facultad de Ciencias, de la Universidad de Chile que el Seminario de Título, presentado por la candidata:

**JAVIERA PAZ GUTIÉRREZ ESPINOSA**

“ANÁLISIS DE LAS METODOLOGÍAS DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL PARA PROYECTOS DEL SECTOR MINERO Y ENERGÉTICO NACIONAL”

Ha sido aprobado por la Comisión de Evaluación, en cumplimiento parcial de los requisitos para optar al Título de Químico Ambiental

### COMISIÓN DE EVALUACIÓN

Luciano Bastías  
Director Seminario de Título

Firma manuscrita de Luciano Bastías en tinta negra, sobre una línea horizontal.

Ricardo Serrano  
Profesor Patrocinante

Firma manuscrita de Ricardo Serrano en tinta negra, sobre una línea horizontal.

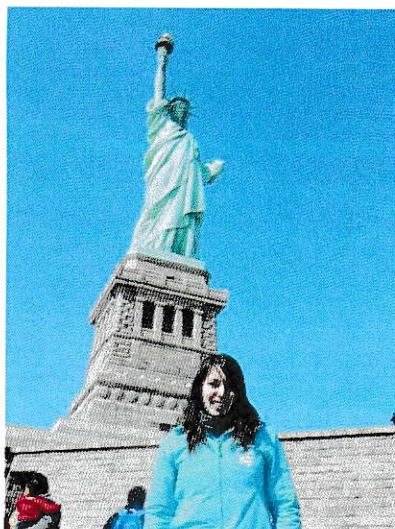
Gustavo Salinas  
Presidente

Firma manuscrita de Gustavo Salinas en tinta azul, sobre una línea horizontal.

Isel Cortés  
Corrector

Una línea horizontal negra para la firma de Isel Cortés.

Santiago de Chile, septiembre de 2016



Javiera Paz Gutiérrez Espinosa siempre ha tenido un amor especial por la química, desde una etapa temprana, persiguiendo el ejemplo que sus padres han mostrado. Nació un miércoles 2 de noviembre en Santiago de Chile, toda su infancia la vivió junto a su padre José Luis Gutiérrez Gaete, su madre María Eugenia Espinosa Serrano y su hermano José Luis Eulogio Gutiérrez Espinosa.

Su escolaridad la dividió en el Colegio Divina Pastora en la comuna de La Florida, hasta el año 1999, y en el Colegio Pedro de Valdivia de la comuna de Peñalolén, donde se graduó el año 2006.

Sus contemporáneos la conocen como una persona afable, cordial y empática, estas características la llevaron a realizar voluntariados dentro del país.

A partir de sus ansias por conocer más sobre las ciencias químicas y defender las causas ambientales, tomó la decisión de postular a la carrera de Química Ambiental en la Universidad de Chile el año 2007, la cual culmina con la entrega de este seminario.

Su curiosidad, actualmente, la mueve en busca de nuevas oportunidades de desarrollo profesional alrededor del mundo.

A mis estrellas que están en el cielo

*“No camines delante de mí, puede que no te siga. No camines detrás de mí, puede que no te guíe. Camina junto a mí y sé mi amigo”*

Albert Camus.

## AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero agradecer a Dios, quien me ha bendecido infinitamente en el camino que he recorrido.

A mi padre, quien siempre ha dado todo por nuestra familia, que me enseñó a volar y soñar sin límites. A mi madre, que con su ejemplo me inspiró a ser la mejor persona que pueda ser y que me levantó cuando me sentí perdida. Y a mi hermano, mi compañero de siempre, quien eternamente me da ánimos, me cuida y me entrega una sonrisa cuando lo necesito. A mi familia, en especial a mi abuelo Eulogio, que siempre ha orado por mí y a tía Ruth que siempre me impulsó a crecer intelectualmente.

También quisiera agradecer a mis amigos, mi familia escogida, Romina y Roberto, sin quienes mi vida sería aburrida, gracias por las risas, las locuras, la compañía y su confianza en mí, sin ustedes este camino hubiese sido muy difícil. A mi amiga Valeria, quien me impulsó a dar lo mejor de mí académicamente y que nunca dejó de creer en mí. A Guillermo, gracias por la ayuda con Excel, el constante ánimo y gracias por tu linda amistad. A Ivo Balic, mi gran amigo de la vida, sé que siempre confió en mí y en mis capacidades, gracias por las clases de matemáticas y por las risas de siempre. Así como también, a cada persona que, con su amistad, me ha apoyado en este camino.

Quiero agradecer a Cristián, que ha sido mi pilar en todo momento, gracias por escucharme, consolarme y empujarme a ser mejor cada día. Gracias por su amor y cuidados, por su eterna paciencia y nunca dejar que me rindiera. También a su familia, que me ha acogido y me han hecho sentir parte de ellos.

Al profesor Ricardo Serrano, gracias a sus consejos y sus guías que me ayudaron a realizar este trabajo, sin su ayuda no podría haberlo hecho. A la profesora Cecilia Labbé, quien nos impulsa a ser mejores profesionales día a día. A Marisol por su trabajo impecable y su cariño infinito, faltan personas como ella en este mundo. Agradecer a cada académico de la carrera, que me entregaron los conocimientos para convertirme en químico ambiental.

Finalmente quiero agradecer a Luciano Bastías y a Alfonso Vial, de la consultora GAC, por apoyarme en este proyecto, aún en los momentos difíciles.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>2</b>
1.1 Antecedentes Generales.....	2
1.1.1 Definiciones.....	4
1.2 Evaluación de Impacto Ambiental .....	6
1.2.1 Generalidades de la evaluación de impacto ambiental .....	6
1.2.2 Metodologías más utilizadas .....	7
1.3 Planteamiento del Problema .....	13
1.3.1 Legislación de impacto ambiental en América Latina y otros países. ....	14
1.3.2 Situación actual en Chile. ....	15
1.3.3 Limitaciones de las metodologías.....	16
1.4 Propuesta de Estudio.....	17
1.5 Objetivos.....	17
1.5.1 Objetivo general .....	17
1.5.2 Objetivos específicos.....	17
<b>II. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>19</b>
2.1 Selección de proyectos para el estudio comparativo.....	19
2.2 Determinación y comparación de las metodologías utilizadas para el EsIA en los proyectos seleccionados.....	21
2.3 En qué situaciones se utiliza cada tipo de metodología. ....	23
2.4 Identificación de debilidades y fortalezas de las metodologías.....	23
2.5 Comparación entre métodos nacionales y extranjeros.....	23
2.6 Propuesta metodológica. ....	23
<b>III. RESULTADOS .....</b>	<b>24</b>
3.1 Selección de proyectos.....	24
3.2 Información de la Matriz Comparativa.....	30
3.3 La evaluación de impacto ambiental en el ámbito internacional.....	32
<b>IV. DISCUSIÓN .....</b>	<b>37</b>
<b>V. CONCLUSIONES .....</b>	<b>45</b>
<b>VI. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>46</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Efectos o circunstancias de los proyectos o actividades que están obligados a presentar Estudio de Impacto Ambiental (EIA) en Chile.....	4
<b>Tabla 2.</b> Representación gráfica de Matriz de Leopold.....	10
<b>Tabla 3.</b> Ventajas y desventajas de metodologías de identificación de impactos (UNU, 2006).....	13
<b>Tabla 4.</b> Número de proyectos e inversión en el periodo 2005-2015.....	24
<b>Tabla 5.</b> Proyectos analizados, consultora realizadora del EIA de cada proyecto y año de presentación al SEIA.....	28
<b>Tabla 6.</b> Matriz comparativa de los 32 proyectos mineros y energéticos escogidos. ....	29

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Proceso metodológico de una evaluación de impacto ambiental.....	7
<b>Figura 2.</b> Calificación de la Magnitud y la Importancia de los impactos en la metodología de Leopold.....	10
<b>Figura 3.</b> Diagrama de consulta Delphi.....	12
<b>Figura 4.</b> Gráfico de Inversión por cada sector productivo periodo 2005-2015.....	25
<b>Figura 5.</b> Proyectos aprobados con inversiones sobre MMU\$500.....	25
<b>Figura 6.</b> Representación gráfica de la matriz comparativa, sin considerar las metodologías.....	30
<b>Figura 7.</b> Análisis de etapas de construcción, operación y cierre.....	31
<b>Figura 8.</b> Metodologías utilizadas en los proyectos analizados.....	32
<b>Figura 9.</b> Etapas de la evaluación de impacto ambiental y social.....	33

## RESUMEN

La evaluación de impacto ambiental es un proceso sistemático para identificar, predecir y evaluar los efectos ambientales de las acciones y proyectos propuestos.

El análisis se realizó en base al capítulo de predicción y evaluación de impacto ambiental de los Estudios de Impacto Ambiental (EIA) existentes en el SEIA (Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental) de proyectos aprobados. Los proyectos fueron escogidos en base las siguientes características: fecha de calificación entre abril del 2005 y junio del 2015, monto de inversión sobre 500 MMU\$ y tipologías de energía (b y c) y de minería (i) (definidas en el Decreto Supremo N°95/2001, respectivamente)

Se encontraron 32 proyectos del área energética y minera que cumplían con las características, a partir de esos proyectos se buscó determinar los tipos de metodologías utilizadas para la identificación y calificación de los impactos ambientales.

El estudio se realizó en base a la investigación del cumplimiento de ciertos criterios definidos a partir del Decreto Supremo N°95/2001 y de las bases generales de la evaluación de impacto ambiental. Los criterios utilizados fueron: tipo de proyecto (minería o energía), si se cumplía con la identificación, calificación y valorización o jerarquización de los impactos ambientales generados por el proyecto, trazabilidad del estudio, si las metodologías carecían de diferencias comparativas, si realizaban el análisis de los impactos para cada etapa del proyecto (construcción, operación y cierre o abandono), si utilizaba modelos, simulaciones, mediciones o cálculos matemáticos para la predicción y evaluación de los impactos ambientales, si realizaban justificación metodológica y si consideraban el tratamiento separado de los impactos en suelo, agua, aire y biota. Además, se determinó el tipo de metodología utilizada por cada proyecto para la identificación y calificación de impactos ambientales.

Los resultados del estudio demostraron que, de los 32 proyectos, 30 utilizaron alguna variación de la matriz de causa-efecto, 5 utilizaron lista de chequeo, 1 utilizó método Delphi y otra utilizó sobreposición cartográfica.

En base a estos resultados se recomienda realizar una descripción de los criterios utilizados para escoger la metodología de evaluación de impactos, describir las limitaciones que posee la metodología escogida en cada caso, describir cada paso del análisis realizado y citar las fuentes que utilizaron para escoger la metodología.



## ABSTRACT

The environmental impact assessment is a systematic approach to identify, predict and evaluate the environmental effects of proposed projects and actions process.

The analysis was performed based on the chapter prediction and evaluation of environmental impact of existing in the SEIA System (Environmental Impact Assessment) Environmental Impact Assessments (EIA) from approve projects. The projects were chosen based on the following characteristics: rating date between April 2005 and June 2015, investment amount of 500 MMU \$ and types of energy (b and c) and mining (i) (as defined in Supreme Decree N°95 / 2001, respectively)

32 projects in the energy sector and mining industries that met the characteristics were found from these projects sought to determine the types of methodologies used for identification and assessment of environmental impacts.

The study was conducted based on the investigation of compliance with certain criteria defined from Supreme Decree N° 95/2001 and the general basis of environmental impact assessment. The criteria used were: type of project (mining and energy), if complied with the identification, qualification and valuation or ranking of environmental impacts generated by the project, traceability study whether methodologies lacked comparative differences, if they made the analysis of impacts for each stage of the project (construction, operation and closure or abandonment), if used models, simulations, measurements and mathematical calculations for the prediction and assessment of environmental impacts, if performed methodological justification and whether they considered the separate treatment of impacts on soil, water, air and biota. In addition, the type of methodology used by each project for the identification and assessment of environmental impacts was determined.

The study results showed that, of the 32 projects, 30 used some variation of the cause-effect matrix, 5 used checklist, 1 used Delphi method and the other one use cartographic overlay.

Based on these results, it is recommended to describe the criteria used to choose the impact assessment methodology, describe the limitations of the methodology chosen in each case, describe each step of the analysis performed and cite the sources used to choose the methodology Methodology.

## I. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Antecedentes Generales

Hasta antes de los años 70, los problemas en el medio ambiente no eran considerados una parte importante dentro del desarrollo industrial, pero debido al agravamiento de los problemas ambientales surge la necesidad de incorporar el medio ambiente como una variable de garantía del progreso.

En 1950, una serie de catástrofes llevó el tema ambiental a la preocupación pública, entre ellas estuvo el envenenamiento por mercurio de Minamata (Japón, 1950-60), la muerte de unas cuatro mil personas en Londres por un episodio de contaminación atmosférica (1952) y la muerte masiva de aves por efecto del DDT (dicloro difenil tricloroetano) y otros insecticidas en USA, relatada por Rachel Carson en su libro "La Primavera Silenciosa" (1962).

En 1972, científicos del MIT y de otras universidades, liderados por Donella Meadows, unidos en el llamado "Club de Roma", publicaron el informe "Los Límites del Crecimiento", que planteó las dificultades del crecimiento poblacional y económico, en términos de la limitada disponibilidad de materias primas y energía, así como de la contaminación generada. Junto con esto nace la noción de desarrollo sustentable, la cual busca incorporar las variables ambientales en la conciencia global y así instaurar que no puede existir el progreso como un concepto sólido y estable si no se comienza a considerar la conservación del ambiente como una parte fundamental dentro de la sociedad.

El crecimiento económico y la protección ambiental son aspectos complementarios; sin una protección adecuada del medio ambiente, el crecimiento se vería menoscabado y sin crecimiento, fracasa la protección ambiental. (Cruz y col, 2009)

En este sentido, la evaluación de impacto ambiental compone una de las herramientas de protección ambiental que ayuda a fortalecer la toma de decisiones a nivel de políticas, planes, programas y proyectos, ya que incorpora variables que tradicionalmente no han sido consideradas durante su planificación, diseño o implementación.

La evaluación de impacto ambiental es un instrumento de gestión que permite que las políticas ambientales puedan ser cumplidas y, más aún, que ellas se incorporen tempranamente en el proceso de desarrollo y de toma de decisiones. Por ende, evalúa y permite corregir las acciones humanas y evitar, mitigar o compensar sus eventuales impactos ambientales negativos, actuando de manera preventiva en el proceso de gestión. (Espinoza, 2007)

Con la ayuda de este instrumento se intenta proponer la mejor forma de realizar el proyecto para generar, si es posible, una mejora en el ambiente afectado o, de no ser posible una mejora, que el proyecto provoque el menor daño posible.

En Chile, la Evaluación de Impacto Ambiental es considerado uno de los principales instrumentos para prevenir que se genere deterioro ambiental. El Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) entró en vigencia el 03 de abril de 1997 (D.S. N° 30, 1997, MINSEGPRES), este instrumento ha permitido que exista una prevención de los impactos que pueden generar las inversiones públicas y privadas, o hacer que, cuando se generen impactos desfavorables significativos, exista una mitigación de ellos.

Luego, el D.S. N°30/1997 fue modificado por el D.S. N°95/2001. En base a este decreto, se determina la necesidad de realizar un Estudio de Impacto Ambiental (EIA) en base a la generación de efectos, características o circunstancias de acuerdo a lo definido por el artículo 11 de este decreto (D.S. N°95/2001, artículo 4°) "El titular de un proyecto o actividad que se someta al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, lo hará presentando una Declaración de Impacto Ambiental, salvo que dicho proyecto o actividad genere o presente alguno de los efectos, características o circunstancias contemplados en el artículo 11 de la Ley y en los artículos siguientes de este Título, en cuyo caso deberá presentar un Estudio de Impacto Ambiental".

A continuación, la Tabla 1 muestra los efectos, características o circunstancias que dan origen a la necesidad de presentar un Estudio de Impacto Ambiental (EIA). (D.S. N°95/2001, Título II)



**Tabla 1.** Efectos o circunstancias de los proyectos o actividades que están obligados a presentar Estudio de Impacto Ambiental (EIA) en Chile.

FUNDAMENTO JURÍDICO Decreto 95, 2001	EFECTOS, CARACTERÍSTICAS O CIRCUNSTANCIAS DEL PROYECTO O ACTIVIDAD
Artículo 5	Genera o presenta riesgo para la salud de la población, debido a la cantidad y calidad de efluentes, emisiones o residuos que genera o produce.
Artículo 6	Genera efectos adversos significativos sobre la cantidad y calidad de los recursos naturales renovables, incluidos el suelo, agua y aire.
Artículo 8	Genera reasentamiento de comunidades humanas o alteración significativa de los sistemas de vida y costumbres de grupos humanos.
Artículo 9	Se localiza próximo a población, recursos y áreas protegidas, susceptibles de ser afectados, así como el valor ambiental del territorio en que se pretende emplazar.
Artículo 10	Genera o presenta alteración significativa, en términos de magnitud o duración, del valor paisajístico o turístico de una zona.
Artículo 11	Genera o presenta alteración de monumentos, sitios con valor antropológico, arqueológico, histórico y, en general, los pertenecientes al patrimonio cultural.

Elaboración: Toro, 2009. Basado en D.S. N°95/2001

De acuerdo a lo planteado en la Tabla 1, se busca que los proyectos realicen un estudio como una forma de minimizar el impacto que pueden generar en el medio ambiente, tanto como medio natural o medio humano.

### 1.1.1 Definiciones

Como una forma de facilitar la comprensión de este estudio, a continuación, se definen algunos términos que son considerados importantes y que serán utilizados de manera repetida en este análisis:

- **Evaluación de impacto ambiental o evaluación ambiental.** Es un instrumento utilizado de forma previa a la implementación de un proyecto, actividad u obra, y por tanto es considerada una herramienta preventiva ya que evalúa los impactos

que puede ocasionar un proyecto para luego prevenir, controlar, mitigar y compensar los impactos que genera en el medio ambiente. Dentro de las actividades que debe realizar se encuentra la identificación de impactos, la descripción del medio afectado, la predicción y estimación de impactos, la selección de la alternativa de la actuación propuesta de entre las opciones que se hayan valorado para cubrir las demandas establecidas y el resumen y presentación de la información. (Canter, 1998)

- **Estudio de Impacto Ambiental (EIA).** Es definido por la Ley N°19.300 como “el documento que describe pormenorizadamente las características de un proyecto o actividad que se pretenda llevar a cabo o su modificación. Debe proporcionar antecedentes fundados para la predicción, identificación e interpretación de su impacto ambiental y describir la o las acciones que ejecutará para impedir o minimizar sus efectos significativamente adversos” (Ley N°19.300/2010)
- **Factores Ambientales.** Son todas las características medibles que puede tener las relaciones de los elementos del ambiente entre sí y de éstos con las personas. Para que algo pueda ser considerado un factor ambiental tiene que cumplir una serie de condiciones: tiene que ser fácilmente observable, tiene que ser medible y tiene que ser afectado o afectar de alguna manera (directa o indirecta) al organismo u organismos objeto del estudio. (Garmendia y col, 2005)
- **Focalización o scoping.** El medio, rápido y abierto, empleado tanto para determinar el alcance de las acciones de un proyecto incorporado al proceso de evaluación de impacto ambiental, como para identificar los efectos significativos relativos a la actividad propuesta. Consiste en identificar los impactos que son más probables de ser significativos, con el propósito de enfocar el tiempo y los recursos a los asuntos más importantes. Generalmente la identificación de los impactos claves es llevada a cabo utilizando una combinación de juicios profesionales y la recolección de opiniones de otros actores, especialmente autoridades. (Espinoza, 2007)
- **Gestión ambiental.** A partir de la Carta Fundamental se establecen las bases para tener un ambiente libre de contaminación y evitar su deterioro. Para ello se

implementan conductas, normas, procedimientos, actividades y tecnologías en su conjunto representan la gestión ambiental.

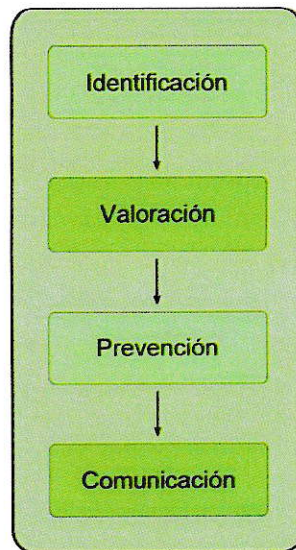
Dentro de la gestión ambiental existen requisitos previos a la aprobación de un proyecto (por ejemplo: evaluación de impacto ambiental, participación ciudadana, evaluación ambiental estratégica, entre otros) y otras medidas posteriores, aplicables a proyectos en operación (por ejemplo: planes de monitoreo, mitigación y riesgos, auditorías ambientales, entre otros).

- **Impacto ambiental.** Alteración del medio ambiente, provocada directa o indirectamente por un proyecto o actividad en un área determinada. Los impactos ambientales serán significativos cuando generen o presenten alguno de los efectos, características o circunstancias de artículo 11 de la Ley N°19.300, conforme establecido en el Título II del Reglamento del SEIA (D.S. N°95/2001)
- **Metodología.** Planteamiento estructurado de cómo llevar a cabo una o varias de las actividades básicas que requiere realizar una evaluación de impacto ambiental. (Canter, 1998)

## **1.2 Evaluación de Impacto Ambiental**

### **1.2.1 Generalidades de la evaluación de impacto ambiental**

En un Estudio de Impacto Ambiental (EIA) se pueden distinguir cuatro bloques de procesos bien diferenciados: identificación, valoración, prevención y comunicación, como se observa en la Figura 1. (Garmendia y col, 2005)



**Figura 1.** Proceso metodológico de una evaluación de impacto ambiental.

Los objetivos en cada uno de estos procesos son distintos, por lo que son diferentes las metodologías adecuadas para realizarlos.

Para la identificación de los impactos, es importante, por una parte, el conocimiento del proyecto para obtener las acciones susceptibles de producir impactos, y, por otra parte, el estudio del entorno para obtener los factores ambientales. Una vez identificados los efectos y/o impactos, se debe asignar un peso a cada uno para determinar su efecto en el medio ambiente, esta asignación de peso puede ser cualitativo o cuantitativo y es lo que se conoce como valoración ambiental. La prevención son las medidas que se determinan que ayudarán a la minimización del daño que puede generar un impacto determinado. Finalmente, la comunicación es la etapa en la que se informan los resultados obtenidos de la evaluación.

Lo importante de realizar este proceso es lograr desarrollar criterios para determinar si un impacto ambiental es significativo o no y, así, lograr tomar las medidas que permitan una disminución del daño ambiental.

### **1.2.2 Metodologías más utilizadas**

De acuerdo a la Universidad de las Naciones Unidas (UNU, 2006), las metodologías de identificación de impacto más utilizadas son:

### 1.2.2.1 Lista de chequeo

Fueron las primeras metodologías en desarrollarse. Consisten en una lista ordenada de factores ambientales que son potencialmente perjudicados por una acción humana. Son un método de identificación exhaustivo, por lo que se usa para evaluaciones de impacto ambiental preliminares, ya que garantiza que ningún impacto relevante sea omitido. Por esto es que son muy útiles como herramientas para la estructuración en las etapas iniciales de una evaluación de impacto. Es el método más utilizado en los procesos de la evaluación ambiental para la identificación de impactos y, además, proporcionan una base sistémica y reproducible.

Las listas de chequeo o verificación deben contener los siguientes ítems: suelo, agua, atmósfera, flora, fauna, recursos, recreación, entre otros. Existen diversos tipos de listados (CONAMA, 1994):

- Listados Simples: Contienen sólo una lista de factores, características o variables ambientales con impacto, o una lista de acciones con impacto, o ambos elementos. Permiten asegurarse que un factor particular no sea omitido del análisis. Son más que nada una ayuda-memoria.
- Listados Descriptivos: Estos listados dan orientaciones para una evaluación de los parámetros ambientales impactados. Es decir, se indican, por ejemplo: posibles medidas de mitigación, bases para una estimación técnica del impacto, referencias bibliográficas o datos sobre los grupos afectados.
- Listados Escalonados: Estos listados representan un avance respecto a los anteriores y aspiran a interpretar el mayor o menor significado de los impactos para así facilitar la toma de decisiones. Consisten en una lista de elementos ambientales acompañados de criterios que expresan el valor de esos recursos, así como otra información susceptible de ser puesta en una escala de valores.
- Cuestionarios: Se trata de conjuntos de preguntas sistemáticas sobre categorías genéricas de factores ambientales. Normalmente hay tres



respuestas dependiendo de cuánto se sabe del impacto específico. Por agregación de respuestas se puede tener una idea cualitativa de la importancia de un cierto impacto, tanto negativo como positivo.

### 1.2.2.2 Matrices de interacción (Causa-Efecto)

Representan un tipo de método ampliamente utilizado en el proceso de evaluación de impacto ambiental. Las matrices de causa-efecto consisten en un listado de acciones humanas y otro de indicadores de impacto ambiental, que se relacionan en un diagrama matricial. (CONAMA, 1994). La modalidad más simple de estas matrices muestra las acciones del proyecto en un eje y los factores del medio a lo largo del otro. Cuando se prevé que una actividad va a incidir en un factor ambiental, éste se señala en la celda de cruce, describiéndose en términos de su magnitud e importancia (Canter, 1998).

Se han desarrollado diversos tipos de matrices de interacción. En un principio constituyeron cuerpos estáticos que había que considerar en bloque, pero, con cada vez mayor frecuencia, se ha consolidado la práctica de adaptarlas a las necesidades de problemas particulares, a las características de ciertos medios, o a las posibilidades de los diferentes países para aplicarlas, especialmente cuando la información disponible es insuficiente (Espinoza, 2007).

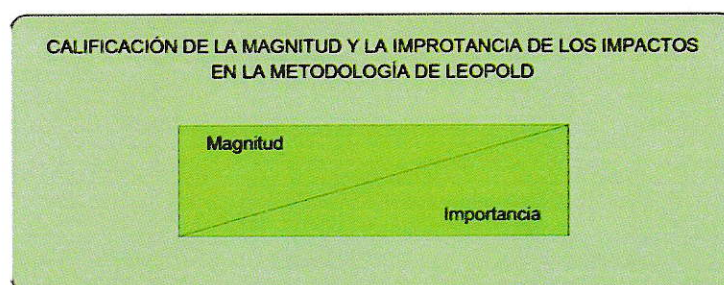
**La Matriz de Leopold** es probablemente la más conocida y es utilizada, de forma directa o con modificaciones, en los procesos de evaluación ambiental. Se construyó en 1971 por el Dr. Luna Leopold y sus colaboradores, Frank Clarke, Bruce Hanshaw, y James Balsley, para el Servicio Geológico del Departamento del Interior de Estados Unidos de América. Inicialmente fue diseñado para evaluar los impactos asociados con proyectos mineros y posteriormente ha resultado útil en proyectos de construcción de obras.

La forma en que se elabora la Matriz de Leopold es la siguiente:

- a) Identifican en la matriz todas las acciones que forman parte del proyecto en estudio.
- b) Para cada acción del proyecto se debe colocar una línea diagonal en el casillero de intersección de cada característica ambiental donde es posible

un impacto. Esta división del casillero en dos áreas tiene por objeto separar la magnitud y la importancia del impacto.

- c) En el extremo superior izquierdo de cada casillero con diagonal se califica la magnitud del impacto en forma proporcional en una escala de uno a diez. Se antepone al valor un signo “+” si el impacto es positivo. (Figura 2).
- d) En el extremo inferior derecho de cada casillero con diagonal se utiliza la misma escala para calificar la importancia del posible impacto en una escala de 1 a 10. (Figura 2)



**Figura 2.** Calificación de la Magnitud y la Importancia de los impactos en la metodología de Leopold.

A continuación, en la Tabla 2 se muestra en forma gráfica como se queda la Matriz de Leopold (CONAMA, 1994):

**Tabla 2.** Representación gráfica de Matriz de Leopold.

	A	B	C	D	E
a		7 9			
b				9 5	

Dónde a, b, etc., son acciones del proyecto y A, B, etc., son características ambientales.

### 1.2.2.3 Diagramas de redes: (Espinoza, 2007)

Las redes son una extensión de los diagramas de flujo a fin de incorporar impactos de largo plazo. Los componentes ambientales están generalmente

interconectados, formando tramas o redes y a menudo se requiere de aproximaciones ecológicas para identificar impactos secundarios y terciarios. Las condiciones causantes de impacto en una red son establecidas a partir de listas de actividades del proyecto.

El desarrollo de una red requiere indicar los impactos que resultan de cada actividad del proyecto. Se utilizan, en orden jerárquico, los impactos primarios (Directos), los impactos secundarios (Indirectos), y así sucesivamente hasta obtener las interacciones respectivas.

#### **1.2.2.4 Sobreposición y SIG**

Los métodos gráficos han estado permanentemente vigentes en diversas categorías de análisis ambiental, particularmente en su proyección espacial. El procedimiento más utilizado es la superposición de transparencias, donde diversos mapas que establecen impactos individuales sobre un territorio son sobrepuestos para obtener un impacto global. Cada mapa indica una característica física, social o cultural, que refleja un impacto ambiental específico. Los mapas pueden identificar, predecir y asignar un valor relativo a cada impacto. La superposición de mapas permite una comprensión del conjunto de impactos establecidos en forma independiente, relacionarlos con diversas características (como aspectos físico-territoriales y socioeconómicos de la población radicada en el área) y establecer de esta forma un impacto global. Para la elaboración de los mapas se utilizan elementos como fotografías aéreas, mapas topográficos, observaciones en terreno, opinión de expertos y de diferentes actores sociales, entre otros. Es relevante que los mapas tengan la misma escala entre sí y que, además, aporten un adecuado nivel de resolución para el tema en análisis.

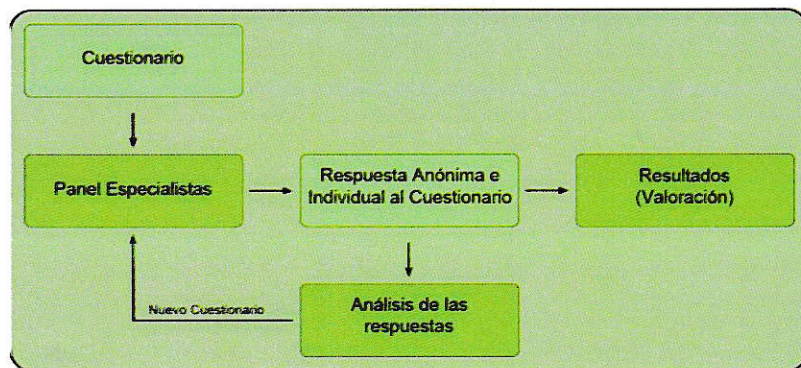
#### **1.2.2.5 Consulta a Expertos**

Este método es ampliamente usado en los procesos de valoración de impacto ambiental y se utiliza típicamente para valorar los impactos específicos de un proyecto sobre los diferentes componentes del ambiente. Las herramientas específicas dentro de la categoría de opinión de expertos, que pueden utilizar para generar la información, incluyen **el estudio Delphi** (Toro, 2009).

Una de las partes más importantes dentro de la evaluación de impacto ambiental es la ponderación de factores ambientales para lograr una valoración cuantitativa, la metodología Delphi es una metodología utilizada para la ponderación de factores ambientales.

Es un método de consulta a expertos de uso común en otros campos científicos, y que se utiliza en las evaluaciones de impacto para calibrar las variables que deben usarse para definir un cierto indicador, por ejemplo, de calidad del agua, o para seleccionar una lista de factores o acciones (Garmendia, 2005).

**El estudio Delphi** es un método de consulta iterativo realizado a un panel de especialistas. La consulta es liderada por un moderador o facilitador y básicamente consiste en hacer circular un cuestionario con preguntas relacionadas con la valoración ambiental de las componentes (VAC) y del impacto resultante (IR) y los resultados de las circulaciones anteriores para consensuar opiniones, valores y representar de forma integrada todos los puntos de vista de los especialistas, quienes participan de forma anónima. A continuación, se muestra un diagrama explicativo del proceso Delphi (Figura 3):



**Figura 3.** Diagrama de consulta Delphi.

Este proceso hace que el individuo revise sus opiniones de manera que, si lo considera conveniente, puede cambiarlas. La metodología Delphi es por lo tanto un esquema de comunicación que se puede utilizar para facilitar y enriquecer el flujo de información dentro de un grupo con un propósito muy específico, sobre el cual los miembros se declaran expertos (Toro, 2009).

A partir de las metodologías más utilizadas, la UNU presenta una tabla que muestra las ventajas y desventajas de cada metodología, la tabla 3 muestra esta información:

**Tabla 3.** Ventajas y desventajas de metodologías de identificación de impactos (UNU, 2006)

METODOLOGÍA	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Lista de Chequeo	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fácil de entender y usar.</li> <li>Óptimo en estudios preliminares.</li> <li>Pondera y clasifica de forma simple.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>No distingue entre los impactos directos e indirectos.</li> <li>No relaciona acción con impacto.</li> <li>La incorporación de valoración puede ser controversial.</li> </ul>
Matrices de Interacción	<ul style="list-style-type: none"> <li>Relaciona acción con impacto.</li> <li>Buen método para mostrar resultados de la EIA.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>No distingue entre los impactos directos e indirectos.</li> <li>Puede contar un impacto dos veces.</li> </ul>
Diagrama de Redes	<ul style="list-style-type: none"> <li>Relaciona acción con impacto</li> <li>Considera impactos de Segundo orden.</li> <li>Incluye impactos directos e indirectos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Muy compleja cuando se utiliza más allá de la versión simplificada.</li> </ul>
Sobreposición	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fácil de comprender</li> <li>Concentra y demuestra impactos espaciales.</li> <li>Buena herramienta de localización.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Puede ser engorrosa.</li> <li>Poco adecuada para considerar la duración y probabilidad de un impacto.</li> </ul>
SIG y Sistema de consulta a expertos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Excelente para identificación de impactos y análisis territorial.</li> <li>Buena para experimentar distintos escenarios.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fuerte dependencia de los conocimientos y datos.</li> <li>A menudo complejas y costosas.</li> </ul>

### 1.3 Planteamiento del Problema

Durante todo el proceso de evaluación ambiental no se debe perder de vista el objetivo del análisis que se va a realizar del proyecto: valorar de forma apropiada las acciones sobre el entorno para decidir si el proyecto es viable o no desde el punto de vista ambiental. La valoración es una parte vital de la evaluación ya que de esto depende el impacto que se generará en el medio ambiente, gran parte de los problemas ambientales que se presentan en la actualidad son debido a una minimización del impacto que generaría una actividad, como los problemas derivados de la utilización de

DDT (dicloro difenil tricloroetano) y otros compuestos bioacumulativos, el cambio climático y así sucesivamente.

Una de las primeras evaluaciones que va a tener cualquier proyecto o actividad humana, siempre va a ser una valoración económica: una actividad se considera rentable si los beneficios superan los costes de la misma.

La evaluación de impacto ambiental se realiza para detectar y valorar efectiva y pertinentemente los impactos ambientales, culturales y socio-económicos del proyecto que se busca realizar. Por esto es que es importante escoger la metodología correcta que permita entregar un análisis completo para minimizar los efectos negativos del proyecto y generar un beneficio para el área de emplazamiento.

### **1.3.1 Legislación de impacto ambiental en América Latina y otros países.**

Los primeros Estudios de Impacto Ambiental (EIA) en América Latina fueron llevados a cabo en Brasil (para la empresa Sobradinho en 1972) y en Argentina/Uruguay (Central Hidroeléctrica Binacional de Salto Grande, en 1975, estudio que fue financiado por el Banco Mundial) (Verocai, 2011b).

Colombia ha integrado en su legislación la evaluación de impacto ambiental como una herramienta fundamental para la prevención del deterioro ambiental que pueden generar actividades de producción de bienes y servicios. Posee compromisos internacionales, respaldados por tratados, que le exigen la aplicación de la evaluación de impacto ambiental y el mejoramiento continuo de los procesos, siendo necesario una evaluación periódica de las evaluaciones ambientales que se aplican en el país con el fin de mejorarlas (Toro, 2009).

En Colombia, la ejecución de obras, el establecimiento de industrias o el desarrollo de cualquier actividad, que, de acuerdo con la ley y los reglamentos, pueda producir deterioro grave a los recursos naturales renovables o al medio ambiente o introducir modificaciones considerables o notorias al paisaje requerirán de una Licencia Ambiental (Ley N°99/1993). Estarán sujetos a licencia ambiental únicamente los proyectos, obras y actividades que se enumeran en los artículos 8° y 9° del Decreto N°2041/2014.

Actualmente, todos los países de América Latina disponen de sistemas institucionales y normativa para la implementación de la evaluación de impacto ambiental, algunos de ellos desde los años 1970 (Verocai, 2011a).

El concepto de evaluación de impacto ambiental en España se encuentra acorde a los fundamentos mundialmente usados, se entiende por evaluación de impacto ambiental al procedimiento administrativo instrumental respecto de aprobación o de adopción de planes y programas, así como respecto de autorización de proyectos o, en su caso, respecto de la actividad administrativa de control de los proyectos sometidos a declaración responsable o comunicación previa, a través del cual se analizan los posibles efectos significativos sobre el medio ambiente de los planes, programas y proyectos. La evaluación ambiental incluye tanto la «evaluación ambiental estratégica» como la «evaluación de impacto ambiental» (Ley N°21/2013, Artículo 5°).

En España, una ley de 1986 define los proyectos o actuaciones sometidos o exceptuados del proceso de evaluación de impacto ambiental. En Gran Bretaña (Reino Unido), los Estudios de Impacto Ambiental (EIA) y su evaluación son realizados bajo la tutela de los gobiernos locales. Sin embargo, si un proyecto no es aprobado, el proponente puede recurrir al respectivo ministerio (según la actividad económica correspondiente). El ministerio puede otorgarle la autorización, sujeta al cumplimiento de determinados requisitos o compromisos (Oyarzún, 2008).

### **1.3.2 Situación actual en Chile.**

En 2012 entró en vigencia el Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (RSEIA), D.S. N°40 del Ministerio del Medio Ambiente, el cual derogó los Decretos Supremos N°30/1997 y N°95/2001, ambos del Ministerio Secretaría General de la Presidencia. Este nuevo decreto actualiza los procedimientos de evaluación ambiental y los adecúa a las exigencias impuestas por la Ley 20.417/2010, que modificó la Ley de Bases Generales del Medio Ambiente y creó la nueva institucionalidad ambiental “Ministerio del Medio Ambiente”.

El Servicio de Evaluación Ambiental (SEA) fue creado por la Ley N°20.417, publicada en el Diario Oficial el 26 de enero de 2010, que modificó la Ley N°19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente. Su función central es tecnificar y administrar el instrumento de gestión ambiental denominado “Sistema de Evaluación de Impacto

Ambiental" (SEIA), cuya gestión se basa en la evaluación ambiental de proyectos ajustada a lo establecido en la norma vigente, fomentando y facilitando la participación ciudadana en la evaluación de los proyectos.

El SEA cumple la función de uniformar los criterios, requisitos, condiciones, antecedentes, certificados, trámites, exigencias técnicas y procedimientos de carácter ambiental que establezcan los ministerios y demás organismos del Estado competentes, mediante el establecimiento, entre otros, de guías trámite.

Si un proyecto de inversión o actividad se encuentra incorporado en el listado mencionado en la Ley N°19.300, debe someterse obligatoriamente al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA). Si se encuentra excluido, no requiere de una evaluación, aunque el proponente puede voluntariamente someter su proyecto al SEIA. En todos los casos, sin embargo, debe cumplirse con la normativa ambiental vigente; a falta de normativa nacional se usan como referencia las normas suizas. (Espinoza, 2001)

Es importante tomar en cuenta que los tratados y convenciones suscritos y refrendados por Chile tienen la fuerza de leyes y por lo tanto deben ser considerados como tales durante el proceso de evaluación de impacto ambiental. (Oyarzún, 2008)

### **1.3.3 Limitaciones de las metodologías**

La mayor parte de las metodologías para la valoración de impactos ambientales fueron creadas con propósitos específicos para ser usados en proyectos puntuales, y han sido adaptados, en algunas ocasiones, de manera muy general a otros tipos de proyectos, ocasionando sesgos, pérdida de detalle y en general baja objetividad.

En todos los casos se ha encontrado algún tipo de limitante económico, temporal, social, conceptual o de manejo, que hacen necesario un ejercicio de toma de decisiones de manera previa a su utilización en los Estudios de Impacto Ambiental. (Toro, 2009, p. 53). De acuerdo con el Servicio de Evaluación Ambiental (SEA), el 29% de los grandes proyectos de energía, industriales, comerciales y mineros con evaluación de impacto ambiental aprobada se judicializó en los últimos cuatro años. (Lagos, 2013).

De acuerdo a esto, lo ideal sería contar con criterios de diseño para una metodología aplicable a la elaboración de los Estudios de Impacto Ambiental (EIA) para proyectos del área energética y minera, que permitan elaborar estudios más claros y con



información más precisa, lo que conllevaría a tomar mejores decisiones con respecto a la viabilidad de los proyectos.

#### **1.4 Propuesta de Estudio**

El presente seminario de título propone realizar un análisis de las metodologías utilizadas en la evaluación de impacto ambiental de proyectos nacionales. El enfoque se realizará en la fase previa al ingreso al SEA en el área energética y minera como una forma de analizar los proyectos que, generalmente, son los que requieren de una mayor inversión para ser realizados. Los proyectos serán analizados en base al decreto N°95/2001. Mediante el reconocimiento de las ventajas y desventajas de las diferentes metodologías utilizadas por distintas consultoras y la comparación de las metodologías usadas a nivel nacional e internacional, se buscará determinar cuál es la mejor metodología, o la más completa, para el desarrollo un Estudio de Impacto Ambiental (EIA) de un proyecto determinado.

#### **1.5 Objetivos**

##### **1.5.1 Objetivo General**

- Proponer criterios para elaborar una metodología que permita llevar a cabo Estudios de Impacto Ambiental (EIA) que cumplan con el marco legal vigente y sean más efectivos y válidos.

##### **1.5.2 Objetivos Específicos**

- Establecer diferencias y/o similitudes en los criterios, parámetros y valoración relativa, utilizados para el Estudio de Impacto Ambiental (EIA) de proyectos mineros y energéticos nacionales de gran magnitud, ingresados al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) en la última década.
- Establecer las mejores características de las metodologías utilizadas por consultoras seleccionadas en base a su representatividad en la muestra.
- Establecer las aplicaciones generales y específicas de cada metodología, mediante el estudio de casos.

- Determinar si se requiere complementar los criterios que se utilizan en las metodologías nacionales o instaurar metodologías más completas, en base a la comparación con lo que se establece para EIA en la legislación de otros países con tradición en políticas ambientales.
- Discutir posibles criterios de diseño de una metodología en base a los resultados del estudio.

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1 Selección de proyectos para el estudio comparativo.

Para escoger los proyectos que fueron analizados, se ingresó al sitio web e-seia (<http://www.sea.gob.cl/>) y se buscaron los proyectos del área energética y minera que fueron calificados entre abril del 2005 y junio del 2015 y que, además, considerasen un monto de inversión superior a MMUS\$500,0000.

De acuerdo al D.S. N°95/2001, Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (RSEIA), ingresarán al SEIA “Los proyectos o actividades susceptibles de causar impacto ambiental, en cualesquiera de sus fases”. Conforme al RSEIA, los proyectos que ingresen al SEIA serán clasificados con distintas tipologías de acuerdo al sector productivo del que provengan, para el caso de este estudio se consideraron las tipologías b y c (sector energético) y la i para el sector minero.

A continuación, se detalla la descripción de cada tipología (D.S. N°95/2001):

**b) Líneas de transmisión eléctrica de alto voltaje y sus subestaciones.** Se entenderá por líneas de transmisión eléctrica de alto voltaje aquellas líneas que conducen energía eléctrica con una tensión mayor a veintitrés kilovoltios (23 kV).

Asimismo, se entenderá por subestaciones de líneas de transmisión eléctrica de alto voltaje aquellas que se relacionan a una o más líneas de transporte de energía eléctrica, y que tienen por objeto mantener el voltaje a nivel de transporte.

**c) Centrales generadoras de energía mayores a 3 MW.**

**i) Proyectos de desarrollo minero,** incluidos los de carbón, petróleo y gas, comprendiendo las prospecciones, explotaciones, plantas procesadoras y disposición de residuos y estériles.

Se entenderá por **proyectos de desarrollo minero** aquellas acciones u obras cuyo fin es la extracción o beneficio de uno o más yacimientos mineros, y cuya capacidad de extracción de mineral es superior a cinco mil toneladas (5.000 t) mensuales.

Se entenderá por prospecciones al conjunto de obras y acciones a desarrollarse con posterioridad a las exploraciones mineras, conducentes a minimizar las

incertidumbres geológicas, asociadas a las concentraciones de sustancias minerales de un proyecto de desarrollo minero, necesarias para la caracterización requerida y con el fin de establecer los planes mineros, en los cuales se basa la explotación programada de un yacimiento.

Se entenderá por exploraciones al conjunto de obras y acciones conducentes al descubrimiento, caracterización, delimitación y estimación del potencial de una concentración de sustancias minerales, que eventualmente pudieren dar origen a un proyecto de desarrollo minero.

Se entenderá por proyectos de desarrollo minero correspondientes a petróleo y gas, aquellas acciones u obras cuyo fin es la explotación de yacimientos, comprendiendo las actividades posteriores a la perforación del primer pozo exploratorio, la instalación de plantas procesadoras, ductos de interconexión y disposición de residuos y estériles.

Extracción industrial de áridos, turba o greda. Se entenderá que estos proyectos o actividades son industriales:

i.1. si, tratándose de extracciones en pozos o canteras, la extracción de áridos y/o greda es igual o superior a diez mil metros cúbicos mensuales (10.000 m<sup>3</sup>/mes), o cien mil metros cúbicos (100.000 m<sup>3</sup>) totales de material removido durante la vida útil del proyecto o actividad, o abarca una superficie total igual o mayor a cinco hectáreas (5 há);

i.2. si, tratándose de extracciones en un cuerpo o curso de agua, la extracción de áridos y/o greda es igual o superior a cincuenta mil metros cúbicos (50.000 m<sup>3</sup>) totales de material removido, tratándose de las regiones I a IV, o cien mil metros cúbicos (100.000 m<sup>3</sup>) tratándose de las regiones V a XII, incluida la Región Metropolitana, durante la vida útil del proyecto o actividad; o

i.3. si la extracción de turba es igual o superior a cien toneladas mensuales (100 t/mes), en base húmeda, o a mil toneladas (1.000 t) totales, en base húmeda, de material removido durante la vida útil del proyecto o actividad”.

## 2.2 Determinación y comparación de las metodologías utilizadas para el EIA en los proyectos seleccionados.

Para realizar la comparación metodológica, se revisó el capítulo de la EIA "Predicción y evaluación del impacto ambiental del proyecto o actividad", el cuál describe el tipo de metodología.

Luego de que se reconocieron las metodologías utilizadas en los distintos proyectos, se realizó un análisis por medio de una matriz comparativa para determinar qué tipo de información entregaba la evaluación de impacto de cada proyecto acorde con la normativa (D.S. N° 95/2001, letra g) y con criterios basados en las etapas básicas que debe contener una metodología de evaluación de impacto ambiental (Espinoza, 2007).

A continuación, se describen brevemente los criterios utilizados en el análisis de los proyectos:

- Tipo: Se refiere a si el proyecto es del área energética (energía) o minera (minería).
- Identificar: Pronosticar y analizar los impactos ambientales, revisando el carácter significativo de los impactos y poniendo especial atención si ellos son críticos o irreversibles.
- Calificar: Caracterizar los impactos significativos utilizando metodologías estructuradas que permiten predecir el comportamiento de los distintos tipos de impactos que puedan presentarse (positivos o negativos, primarios o inducidos, de corto o largo plazo, acumulativos o sinérgicos, entre otros).
- Valorar o Jerarquizar: Valorar y jerarquizar los impactos para seleccionar las medidas de mitigación y preparar el plan de manejo adecuado.
- Trazabilidad: El titular/consultor realizó una descripción metodológica detallada, la cual permite realizar un seguimiento de las decisiones que se tomaron y los resultados obtenidos.

- Carecen de Diferencia Metodológica Comparativa: Se buscará diferencias en las descripciones de los procedimientos realizados, así como también de los resultados obtenidos y las conclusiones determinadas.
- Considera Etapas Construcción, Operación y Cierre: “Para tales efectos, se contrastarán cada uno de los elementos del medio ambiente descritos, caracterizados y analizados en la Línea de Base con sus potenciales transformaciones derivadas de la ejecución o modificación del proyecto o actividad, considerando las fases de construcción, operación y cierre o abandono, si las hubiere” (D.S. N°95/2001).
- Modelos, Simulaciones, Mediciones o Cálculos Matemáticos: Este requerimiento se encuentra en el D.S. N°95/2001, letra g, “la predicción y evaluación de los impactos ambientales se efectuará en base a modelos, simulaciones, mediciones o cálculos matemáticos”.
- Justificación Metodológica: Se consideró si el titular/consultor describe o argumenta las razones que lo llevaron a escoger la metodología utilizada para evaluar los impactos del proyecto.
- Tratamiento separado de los impactos en suelo, agua, aire y biota: Se buscó el análisis de los impactos por cada sector medio ambiental.
- Metodologías de identificación y calificación de impactos: A partir de la descripción de cada proyecto se registró la metodología utilizada para la identificación y calificación de los impactos, se detectó que las metodologías utilizadas fueron Lista de Chequeo, Matriz Causa/Efecto, Método Delphi y otra. Para el caso de otra, se encontró un proyecto que utilizó un proceso metodológico que incluía la sobreposición cartográfica como metodología de calificación de impacto ambiental.

Se debe tener claro que las metodologías fueron adaptadas a cada proyecto en particular.

### **2.3 En qué situaciones se utiliza cada tipo de metodología.**

Finalizada la comparación de los proyectos, se realizó una investigación en relación a las características que posee cada proyecto y se estudió si existen criterios similares en diferentes proyectos que han utilizado la misma metodología, de esta manera se buscará unificar criterios para la elección del tipo de metodología que se requerirá para un proyecto.

### **2.4 Identificación de debilidades y fortalezas de las metodologías.**

Se comparó cada metodología utilizada por los proyectos analizados, en base al tipo de información que se obtenía, considerando la línea de estudio sobre la determinación de impactos ambientales y la valoración que requieren éstos y cuál entrega una información más completa y con mayor credibilidad sobre los impactos ambientales que se provocarán.

### **2.5 Comparación entre métodos nacionales y extranjeros.**

En base a proyectos realizados internacionalmente, se investigó que tipo de metodología se escoge de acuerdo a las características del proyecto y se buscó si existen puntos en común entre la información que se recopiló sobre los impactos ambientales de cada proyecto internacional y la información que se obtiene con las metodologías nacionales.

Considerando la historia de la evaluación ambiental de diferentes países se escogieron los que poseen un sistema consolidado en su sistema legal.

### **2.6 Propuesta metodológica.**

En base a la información recopilada se seleccionaron las características más importantes que debería tener la metodología para realizar el Estudio de Impacto Ambiental (EIA) de un proyecto minero o energético para ser validado según lo requerido en el decreto 95 y las características descritas en la bibliografía estudiada.

### III. RESULTADOS

#### 3.1 Selección de proyectos.

A partir de la información obtenida en la plataforma electrónica del Servicio de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) se logra observar que el área predominante en inversión para nuevos proyectos son la energía y la minería.

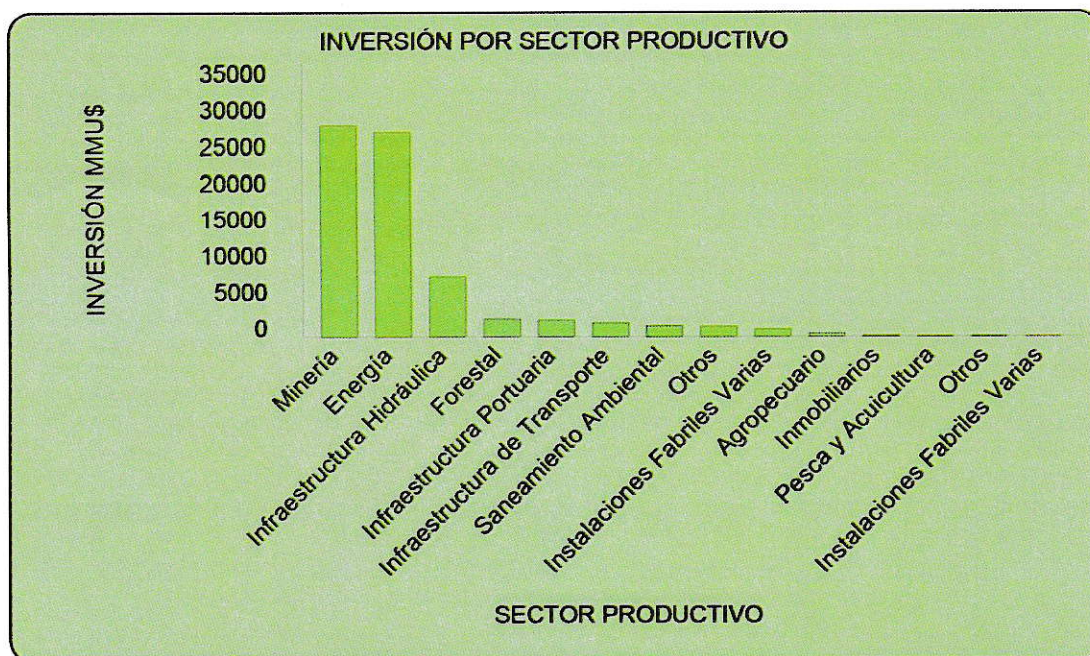
Se observa que de las áreas productivas que presentaron proyecto en el periodo 2005-2015, la minería cubre el 38% de las inversiones y la energía aporta con el 37% del total de las inversiones. La Tabla 4 muestra la inversión que se realizó durante el periodo 2005-2015 de cada sector productivo.

**Tabla 4.** Número de proyectos e inversión en el periodo 2005-2015 (Fuente: Elaboración propia a partir de los datos disponibles en [www.sea.gob.cl](http://www.sea.gob.cl))

TIPO DE PROYECTO	CANTIDAD DE PROYECTOS	SUMA DE INVERSIÓN (MMU\$)
Minería	53	29073
Energía	87	28086
Infraestructura Hidráulica	19	8385
Forestal	4	2440
Infraestructura Portuaria	15	2330
Infraestructura de Transporte	7	1936
Saneamiento Ambiental	36	1485
Otros	36	1372
Instalaciones Fabriles Varias	8	993
Agropecuario	2	520
Inmobiliarios	4	162
Pesca y Acuicultura	10	41
Equipamiento	2	12
Planificación Territorial e Inmobiliarios en Zonas	1	0
<b>TOTAL</b>	<b>284</b>	<b>76834</b>

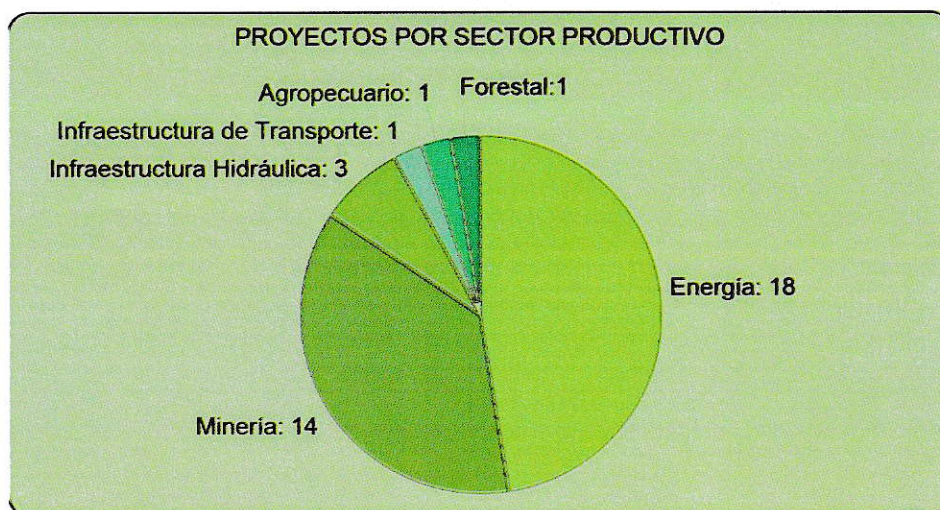
La Figura 4 es una representación gráfica de la Tabla 4, en ella se observa la inversión de cada área productiva, esto demuestra claramente que el área minera y energética son las que presentan proyectos con la mayor inversión.





**Figura 4.** Gráfico de Inversión por cada sector productivo periodo 2005-2015.

A partir de los criterios descritos en la metodología, se encontraron 32 proyectos que cumplían con los requisitos del análisis, de los cuales 18 corresponden al sector energético y 14 al sector minero. En el siguiente diagrama, se muestran los proyectos que se han aprobado en el periodo 2005-2015 con inversiones sobre los MMU\$500.



**Figura 5.** Proyectos aprobados con inversiones sobre MMU\$500.

Por medio de los criterios determinados inicialmente, se obtienen 32 proyectos para realizar el análisis. La tabla 5 muestra los proyectos escogidos para el análisis con su año de presentación al SEIA y la consultora encargada de la realización del Estudio:

Para realizar el análisis se utilizó una matriz simple donde se buscaba el cumplimiento de ciertos criterios por parte de los 32 proyectos. En base a las etapas básicas explicadas para la realización de una evaluación de impacto ambiental y al artículo 12, letra g, del D.S. N° 95 se obtuvieron criterios para establecer si la información obtenida de la metodología utilizada para la realización de los Estudios de Impacto Ambiental (EIA) era completa y útil para determinar si un proyecto era dañino para el medio ambiente.

A continuación, se muestra la letra g del D.S. N°95/2001 utilizado para realizar el análisis:

**“g)** Una predicción y evaluación del impacto ambiental del proyecto o actividad, incluidas las eventuales situaciones de riesgo.

Para tales efectos, se contrastarán cada uno de los elementos del medio ambiente descritos, caracterizados y analizados en la Línea de Base con sus potenciales transformaciones derivadas de la ejecución o modificación del proyecto o actividad, considerando las fases de construcción, operación y cierre o abandono, si las hubiere.

Sin perjuicio de lo anterior, la predicción y evaluación de los impactos ambientales se efectuará en base a modelos, simulaciones, mediciones o cálculos matemáticos. Cuando, por su naturaleza, un impacto no se pueda cuantificar, su evaluación sólo tendrá un carácter cualitativo.

Asimismo, cuando corresponda, la predicción y evaluación de los impactos ambientales se efectuará considerando el estado de los elementos del medio ambiente en su condición más desfavorable.

El uso de procedimientos o metodologías necesarios para cumplir la exigencia señalada en el inciso anterior, deberá estar debidamente justificado.

La predicción y evaluación de los impactos ambientales considerará los efectos, características o circunstancias del artículo 11 de la Ley, atinentes al proyecto o

actividad, y considerará, según corresponda, los impactos directos, indirectos, acumulativos y sinérgicos”.

En la Tabla 6 se muestra la matriz simple que se utilizó para desarrollar la comparación de los 32 proyectos escogidos. En la matriz, la primera columna posee los proyectos analizados y, la primera fila, muestra los criterios que fueron seleccionados para el análisis, los cuales se encuentran definidos en la sección 3 de este seminario (Materiales y Métodos).



**Tabla 5.** Proyectos analizados, consultora realizadora del EIA de cada proyecto y año de presentación al SEIA

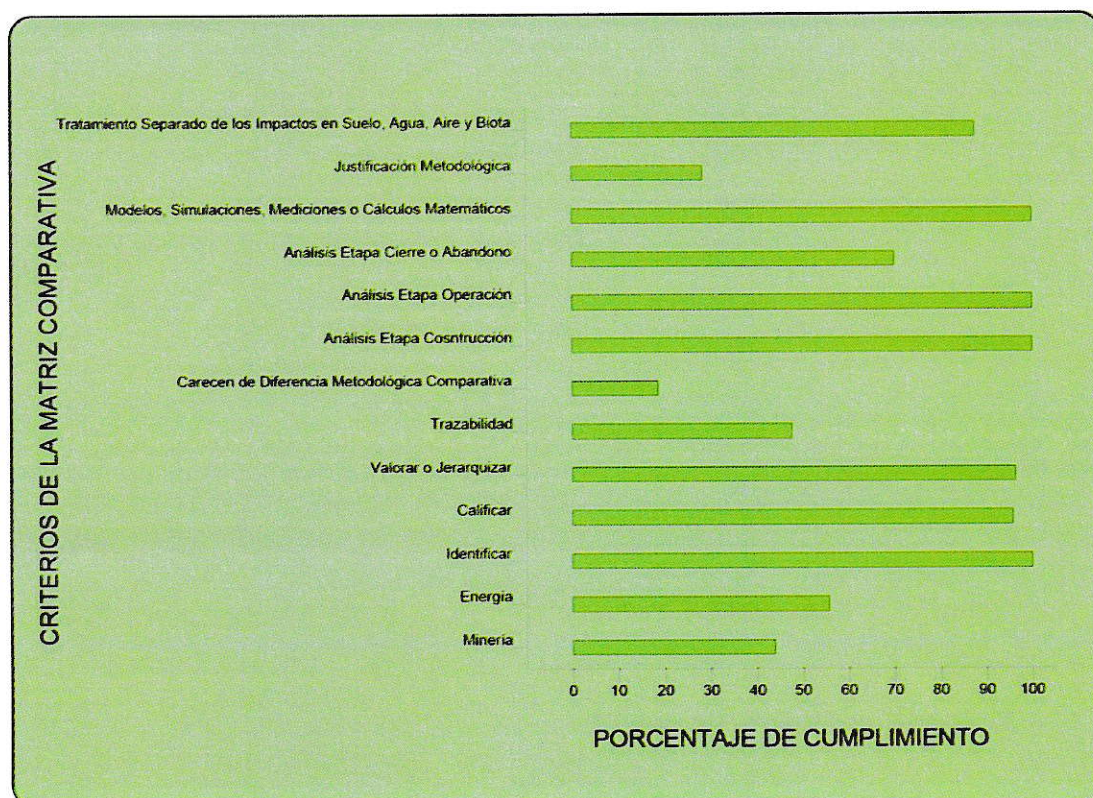
TIPO DE PROYECTO	TIPO DE PROYECTO	AÑO DE PRESENTACIÓN
Modificaciones Proyecto Pascua Lama	Arcadis Geotecnica Consultores S.A.	2004
Central Termoeléctrica Campiche	Consultores EMG	2007
Parque Eólico Sarco	TEBAL Estudios e Ingeniería Ambiental	2012
Sistema de Transmisión de 500 kV Mejillones-Cardones	Jaime Illanes y Asociados	2011
Alfa Solar	Gestión Ambiental Consultores S.A. (GAC)	2013
Proyecto Óxidos Encuentro	Gestión Ambiental Consultores S.A. (GAC)	2012
Ampliación Pampa Blanca	Jaime Illanes y Asociados	2012
Proyecto Hidroeléctrico Alto Maipo	Arcadis Geotecnica Consultores S.A.	2008
Proyecto Central Hidroeléctrica Cuervo	Knight Piésold	2009
Central Termoeléctrica Pacífico	SGA S.A.	2009
Central Eléctrica Luz Minera	+MG Medioambiente y Gestión S.A.	2013
Central Kelar	Consultores EMG	2006
Mansa Mina	Knight Piésold	2004
Proyecto Antucoya	Gestión Ambiental Consultores S.A. (GAC)	2010
Complejo Termoeléctrico Coronel	Consultores EMG	2006
Proyecto Desarrollo Los Bronces	Arcadis Geotecnica Consultores S.A.	2006
Parque Eólico Talinay	KAS Ingeniería	2008
Pampa Hemosa	Pramar Ambiental	2008
Central Termoeléctrica Cochrane	Arcadis Geotecnica Consultores S.A.	2008
Parque Eólico Talinay II	Universidad Católica del Norte	2012
Central Termoeléctrica Los Robles	Consultores EMG	2007
Central Termoeléctrica Punta Alcalde	Gestión Ambiental Consultores S.A. (GAC)	2009
Proyecto Esperanza	Gestión Ambiental Consultores S.A. (GAC)	2007
Infraestructura Energética Mejillones	Jaime Illanes y Asociados	2009
Central Termoeléctrica Energía Minera	SGA S.A.	2008
Proyecto Caserones	Gestión Ambiental Consultores S.A. (GAC)	2008
Proyecto Sierra Gorda	Golder Associates S.A.	2010
Proyecto El Morro	Knight Piésold	2008
Ampliación de Capacidad de Extracción y Procesamiento de Mineral Sulfurado de Minera Escondida	MWH Global	2008
Nuevo Nivel Mina	SGA S.A.	2010
Central Termoeléctrica Castilla	Arcadis Geotecnica Consultores S.A.	2008
Optimización Proyecto Minero Cerro Casale	MWH Global	2011

Tabla 6. Matriz comparativa de los 32 proyectos mineros y energéticos escogidos.

Proyectos	Tipo		Identificar	Calificar	Valorar o Jerarquizar	Trazabilidad	Carecen de Diferencia Metodológica Comparativa	Análisis Etapa Construcción	Análisis Etapa Operación	Análisis Etapa Cierre o Abandono	Modelos Simulaciones Mecánicas o Cálculos Matemáticos	Justificación Metodológica	Tratamiento Separado de los impactos de suelos, agua, aire y vida	Metodologías de Identificación y Calificación de Impactos			
	Minería	Energía												Lista de Chequeo	Matriz Causa-Efecto	Método Delphi	Otra
Modificaciones Proyecto Pascua Lama	✓		✓	S/P	S/P			✓	✓		✓		✓				
Central Termoeléctrica Campiche		✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓		✓		✓	✓			
Parque Eólico Sarco		✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓					✓	
Sistema de Transmisión de 500 kV Mejillones-Carolinos		✓	✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓					✓	
Alfa Solar		✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓				✓	
Proyecto Óxidos Encuentro	✓		✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓		✓			✓	
Ampliación Pampa Blanca	✓		✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓		✓			✓	
Proyecto Hidroeléctrico Alto Maipo		✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓					✓	
Proyecto Central Hidroeléctrica Cuervo		✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓				✓	
Central Termoeléctrica Pacífico		✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓		✓		✓			✓	
Central Eléctrica Luz Minera			✓	✓	✓	✓		✓	✓		✓		✓	✓		✓	
Central Kelar		✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓		✓	
Mansa Mina	✓		✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓		✓	✓		✓	
Proyecto Antucoya	✓		✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓				✓	
Complejo Termoeléctrico Coronel		✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓		✓		✓	✓			
Proyecto Desarrollo Los Bronces	✓		✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓		✓				✓
Parque Eólico Talinay		✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓					✓	
Pampa Hermosa	✓		✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓				✓	
Central Termoeléctrica Cochre		✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓		✓			✓	
Parque Eólico Talinay II		✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓				✓	
Central Termoeléctrica Los Robles		✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓		✓		✓	✓		✓	
Central Termoeléctrica Punta Alcalde		✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓		✓		✓			✓	
Proyecto Esperanza	✓		✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓				✓	
Infraestructura Energética Mejillones		✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓		✓			✓	
Central Termoeléctrica Energía Minera		✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓		✓		✓			✓	
Proyecto Caserones	✓		✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓				✓	
Proyecto Sierra Gorda	✓		✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓				✓	
Proyecto El Morro	✓		✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓				✓	
Ampliación de Capacidad de Extracción y Procesamiento de Mineral Sulfurado de Minera Escondida	✓		✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓		✓			✓	
Nuevo Nivel Mina	✓		✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓		✓			✓	
Central Termoeléctrica Castilla		✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓		✓			✓	
Optimización Proyecto Minero Cerro Casale	✓		✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓		✓			✓	

### 3.2 Información de la Matriz Comparativa

A partir de la matriz, se obtiene un gráfico del porcentaje de proyectos que cumplían con el criterio definido en la matriz. La Figura 6 muestra los criterios de la tabla graficados porcentualmente, sin considerar las metodologías:



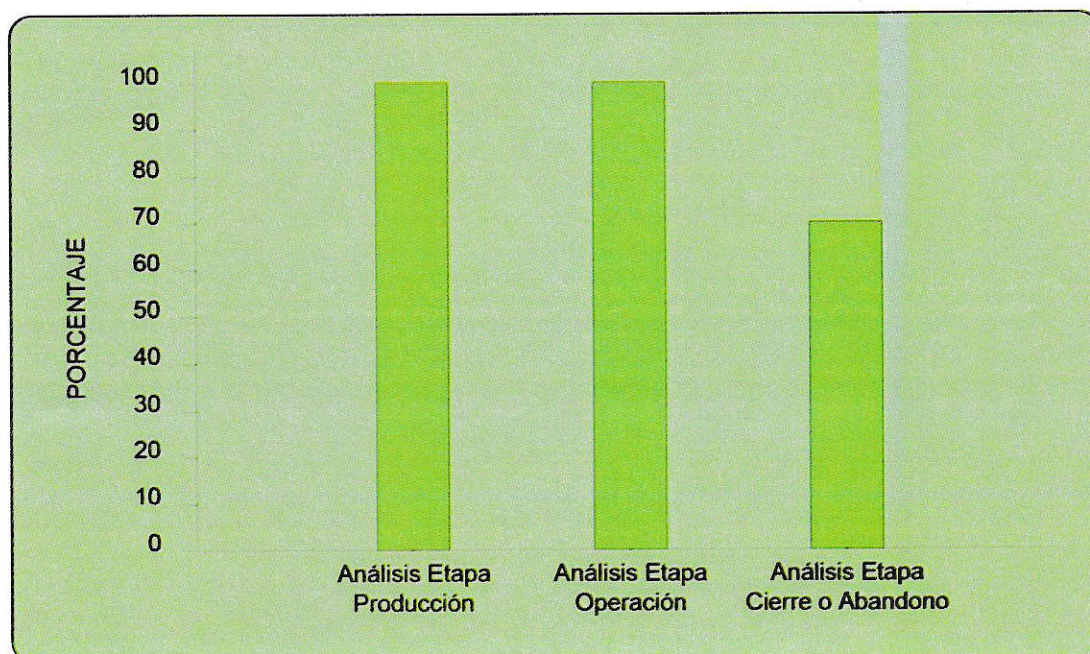
**Figura 6.** Representación gráfica de la matriz comparativa, sin considerar las metodologías.

De los criterios en base a los pasos básicos en la realización de la EIA (Identificar, calificar y jerarquizar), todos los proyectos realizaban el paso de identificación, en el caso de calificación y jerarquización hubo un caso para el cual no se encontró la información necesaria para realizar la comparación, por lo que se calificó como "sin presentar" (S/P).

Si se observa el gráfico, para el caso de la trazabilidad, o sea, la capacidad de comprender todos los pasos realizados durante la evaluación de impacto ambiental, sólo un 47% de los proyectos cumple con el criterio definido.

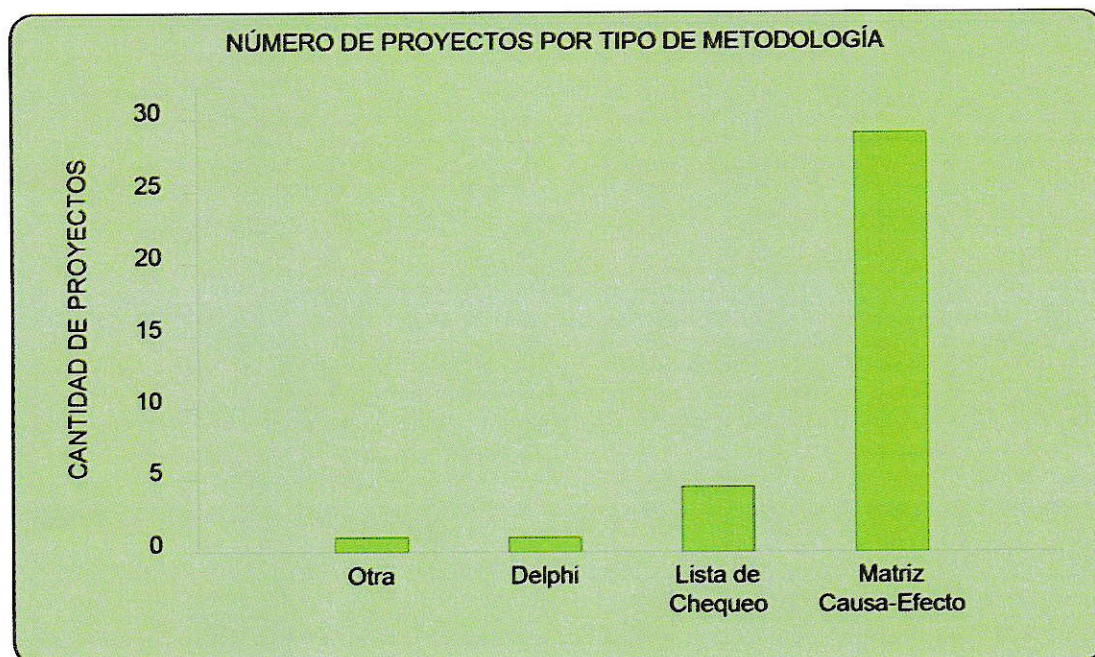
También se puede observar en la matriz que sólo un 28% de los proyectos analizados realizan una justificación metodológica de acuerdo al criterio utilizado.

En el D.S. N°95, letra g, se describe la necesidad de representar las potenciales transformaciones que puede sufrir los elementos del medio ambiente representados en la Línea de Base, incluyendo las fases de construcción, operación y cierre, si las hubiere. Es en base a este criterio que se presenta la Figura 7, la cual muestra que un 72% de los proyectos identifica y califica los impactos relacionados con la etapa de cierre o abandono del proyecto, mientras que el 28% no analiza la fase de cierre.



**Figura 7.** Análisis de etapas de construcción, operación y cierre.

En base a las metodologías utilizadas en cada proyecto, se obtiene el gráfico que se muestra en la Figura 8.



**Figura 8.** Metodologías utilizadas en los proyectos analizados.

El gráfico anterior muestra que, de los 32 proyectos, 30 utiliza algún tipo de variación de la matriz causa-efecto para realizar la identificación y calificación de impacto ambiental, 5 proyectos utilizan lista de chequeo y de los 2 restantes, 1 utiliza la metodología de Delphi y el otro utiliza la sobreposición cartográfica.

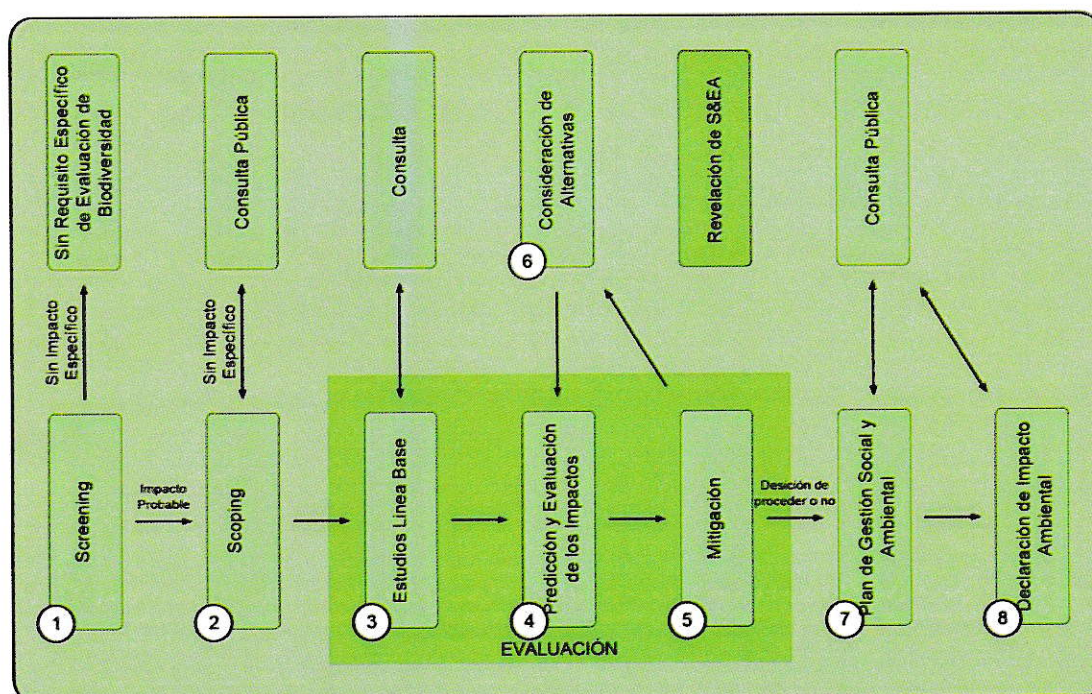
### 3.3 La evaluación de impacto ambiental en el ámbito internacional

Desde el punto de vista internacional, la forma de desarrollar la evaluación de impacto ambiental ha ido evolucionando junto con los requerimientos del mundo actual. Ya sea incluyendo un enfoque relacionado a la participación ciudadana, o realizando un análisis orientado a la ecología, la evaluación de impacto ambiental que se desarrolla hoy en día no es la misma que nació hace, aproximadamente, 40 años.

Dentro de los conceptos que nacen de la evaluación de impacto ambiental, se habla de la evaluación de impacto ambiental y social (S&EA). La S&EA es una forma de identificar, predecir y evaluar el tipo y la magnitud de los impactos potenciales a la biodiversidad, y a las oportunidades de beneficiar la conservación, asociados a cualquier



actividad empresarial o proyecto. (IFC, 2006). La Figura 10 muestra las etapas que se realizan para lograr la evaluación de impacto ambiental y social:



**Figura 9.** Etapas de la evaluación de impacto ambiental y social.

Una de las partes fundamentales de la S&EA es la predicción y evaluación de impactos, la cual implica el análisis de los impactos identificados en base al análisis realizado en la definición de alcances y de la Línea de Base del lugar de emplazamiento. Dicho análisis detallado de los impactos requiere el juicio profesional, y requerirá la colaboración de expertos pertinentes, incluyendo ecólogos, biólogos, sociólogos y economistas.

El resultado de la S&EA se presenta en una Declaración de Impacto Ambiental (DIA), la cual entrega las bases para la consulta pública y es el documento oficial presentado frente a las autoridades.

Otro concepto que ha sido considerado para complementar la evaluación de impacto ambiental es la evaluación de impactos sobre servicios eco-sistémicos. Se ha demostrado que al incorporar este concepto dentro del S&EA se logra obtener una

identificación más eficiente y, también, facilitar un enfoque integrado para obtener información sobre Línea de Base que incluya los conocimientos locales. Otro beneficio es identificar y entender los impactos acumulativos lo que conlleva el poder desarrollar un plan de mitigación mucho más completo (Rosa y Sánchez, 2016).

La evaluación de impactos sobre servicios eco-sistémicos se desarrolla en 5 pasos, de acuerdo a Rosa y Sánchez, los cuales se nombran a continuación (Rosa y Sánchez, 2016).

- a) Paso 1: Identificación de ecosistemas afectados.
- b) Etapa 2: Identificación de los servicios del ecosistema potencialmente afectados y sus beneficiarios.
- c) Etapa 3: Priorizar los servicios ecosistémicos.
- d) Etapa 4: Evaluación de los impactos sobre los servicios ecosistémicos.
- e) Etapa 5: Mitigación de impactos sobre de los servicios del ecosistema.

Los beneficios de aplicar este tipo de evaluación son que mejoran las deficiencias que existen dentro de la evaluación de impacto ambiental pues integra áreas de conocimiento y promueve la participación de las comunidades afectadas por los proyectos. Además, entrega información suficiente para realizar una delimitación del área de influencia mucho más eficiente.

Desde 1970, el proceso de evaluación de impacto ambiental ha ido evolucionando en conjunto con los requerimientos de la sociedad. Richard Morgan (Morgan, 2012) plantea las diferentes formas en que la EIA ha evolucionado como una forma de suplir deficiencias existentes en el proceso inicial, algunos de las evoluciones que la EIA muestra son:

- Evaluación de Impacto Social (SIA),
- Evaluación de Impacto Sanitario (HIA),
- Evaluación Ambiental Estratégica (EAE),
- Evaluación de Impacto Normativo (RIA),
- los Derechos Humanos de Evaluación de Impacto,

- Evaluación del Impacto Cultural,
- la Evaluación de Impacto después de los Desastres Naturales y
- la Evaluación de Impacto en base al Cambio Climático.

Independiente del tipo de evaluación, Morgan plantea que el desafío más grande de la evaluación de impacto ambiental será la de asegurar que todas las formas de evaluación de impacto contribuyan a la evaluación efectiva de las propuestas, sobre la base de principios bien entendidos y compartidos en el ámbito de la evaluación de impacto, y llevado a cabo de una manera integrada y complementaria.

En la mayoría de los países no existe una especificación de la metodología requerida para realizar la identificación y la calificación de los impactos ambientales. Algunos países expresan guías o requerimientos que deben ser considerados dentro de la identificación y valoración de los impactos ambientales.

Para el caso de España, se exige que la identificación de los impactos ambientales derivará del estudio de las interacciones entre las acciones derivadas del proyecto y las características específicas de los aspectos ambientales afectados en cada caso concreto, incluido el paisaje en los términos del Convenio Europeo del Paisaje. Se distinguirán los efectos positivos de los negativos; los temporales de los permanentes; los simples de los acumulativos y sinérgicos; los directos de los indirectos; los reversibles de los irreversibles; los recuperables de los irrecuperables; los periódicos de los de aparición irregular; los continuos de los discontinuos. Se indicarán los impactos ambientales compatibles, moderados, severos y críticos que se prevean como consecuencia de la ejecución del proyecto (Ley N°21/2013, Anexo VI).

La evaluación ambiental en Canadá tiene como objetivos: Identificar posibles efectos ambientales, proponer medidas para mitigar los efectos adversos, predecir la importancia de los efectos ambientales adversos, incluso después que de aplicar la mitigación, Incorporar factores ambientales en la toma de decisiones, dar oportunidad para la participación del público, brindar protección de la salud humana, usar de manera sostenible los recursos naturales, reducir los costos del proyecto y las tardanzas (Toro, 2009).

Los proyectos sometidos a una mediación o panel de revisión, deben incluir propuestas alternativas, así como la finalidad del proyecto y los efectos sobre la sostenibilidad de los recursos renovables (CEAA, 2008). Dentro de la normativa canadiense no se realiza una exigencia sobre el tipo de metodología que se debe utilizar para la valoración e identificación de impactos, pero sí presentan guías completas para el proceso de evaluación de impacto ambiental de distintos tipos de proyectos, estas guías se encuentran publicadas en la página web del CEAA<sup>1</sup>.

En diversos países se utiliza el Análisis del Ciclo de Vida (ACV) de un producto, o sea, se estudia el impacto ambiental que se genera en cada paso de desarrollo de un producto o servicio. La herramienta del Análisis del Ciclo de Vida fue desarrollada en los años sesenta y es utilizada para la prevención de la contaminación desde los setenta. Podemos decir que no existen procedimientos específicos o guías a seguir, pero sí una serie de aproximaciones que pueden ser útiles en función de las necesidades a resolver por medio de esta metodología. (Estévez, 2013)

En este proceso, las principales normas internacionales aplicadas son la ISO 14040 y la ISO14044, ambas del 2006.

Este método ha sido adaptado para diversos procesos productivos, por lo que se podría considerar un estudio que lleve a adaptar esta herramienta para ser utilizada en el área energética y minera de nuestro país. Esta herramienta logra disminuir el impacto ambiental en cada paso que lleva el desarrollo del producto final, por lo que ayuda a que se provoque una producción más limpia del producto.

---

<sup>1</sup> Web CEAA: <http://www.acee-ceaa.gc.ca/default.asp?lang=en&n=F1F30EEF-1>

#### IV. DISCUSIÓN

En la normativa ambiental existe un reglamento, el cual delimita los contenidos mínimos que debe poseer un Estudio de Impacto Ambiental (EIA). Dentro de los contenidos mínimos que debe poseer un EIA se encuentra la necesidad de realizar “Una predicción y evaluación del impacto ambiental del proyecto o actividad, incluidas las eventuales situaciones de riesgo” (D.S. N°95/2001, artículo 12, letra g). La realización de este capítulo es de mucha importancia para comprender los criterios utilizados para la identificación y la valorización de los impactos ambientales que genera un proyecto, sin este paso no se puede determinar el daño ambiental que puede generar la realización del proyecto ni tampoco se pueden tomar medidas de precaución o mitigación para los impactos más significativos.

Dentro de la importancia de realizar una evaluación de impacto ambiental, está el hecho de comunicar los pasos que se realizaron para determinar los impactos ambientales que un proyecto puede generar en su área de emplazamiento. Por esta razón es que es de suma importancia que los Estudios de Impacto Ambiental (EIA) posean una trazabilidad, para que otra persona pueda comprender las etapas de la evaluación.

Por consiguiente, para este análisis se debe entender que el concepto de trazabilidad corresponde a toda la información detallada en el proyecto que explique cómo se determinó cada paso para, en definitiva, concluir el nivel de impacto que generará la realización del proyecto. El concepto de trazabilidad es de suma importancia, ya que disminuye la incertidumbre que se puede producir durante la toma de decisiones. Además, ayuda a tener una mejor comprensión del estudio realizado.

Los componentes de mayor importancia en los Estudios de Impacto Ambiental (EIA) son la identificación y la valoración de impactos. A pesar de ser muy importantes, existe una alta posibilidad de que se obtengan resultados inexactos debido a que se encuentran en un entorno de incertidumbres y, al tratar de identificar y valorar hechos o sucesos probables de una determinada acción antrópica que aún no ha ocurrido sobre un entorno definido, entrega una incerteza dentro del resultado que se puede obtener. Es por esta razón que es de suma importancia tomar todas las medidas necesarias para

que se disminuya lo más posible la incertidumbre de la evaluación, además de explicar de forma detallada los criterios utilizados y las bases de las decisiones tomadas para una correcta comprensión del resultado obtenido.

Dentro del artículo 12, letra g, del D.S. N°95/2001 se expresa que el uso de metodologías debe ser justificado. Cuando se trató de determinar si se realizaba cumplimiento de este inciso, se encontró que no existe una definición de lo que significa de lo que se entiende por “debidamente justificado”, lo que conlleva a una falta de explicación del uso de metodologías. El término “debidamente justificado” conlleva un sin número de interpretaciones, la falta de directrices que definan los requerimientos para los proyectos permite que exista una objetividad que no debería existir. La justificación del uso de metodologías debería ser una forma de comprender las bases o los criterios utilizados para seleccionar una metodología específica para un proyecto determinado, además de ayudar a comprender los pasos que fueron realizados durante el estudio del proyecto entregando una mayor seguridad a las autoridades y a la ciudadanía sobre la información entregada. Si no se describen estos criterios es difícil saber si la metodología utilizada realmente era la más acertada para la determinación de impactos ambientales lo que puede provocar una cierta incertidumbre en los resultados entregados.

La justificación de cada metodología (definiendo criterios escogidos) en base a cada proyecto en particular, podría ayudar a que las metodologías sean adaptadas para cada tipo de proyecto lo que ayudaría a escoger de manera más adecuada el tipo de metodología que entregaría la información más completa dependiendo del proyecto y del lugar de emplazamiento. A largo plazo esto ayudaría a poder generar una comparación más completa de la determinación de impactos ambientales, o sea, saber que metodología entrega la información más clara de acuerdo al tipo de proyecto que se está realizando.

Las metodologías de evaluación de impacto ambiental se refieren a los enfoques desarrollados para identificar, predecir y valorar las alteraciones de una acción. Consiste en reconocer qué variables y/o procesos físicos, químicos, biológicos, socioeconómicos, culturales y paisajísticos pueden ser afectados de manera significativa (Espinoza, 2007). Una metodología deberá analizar, por una parte, los sistemas ecológicos naturales y, por otra, una serie de acciones tecnológicas del hombre de manera que viendo las

interacciones que se producen entre ambos, entregue una idea real del comportamiento de todo el sistema. Los modelos podrán ser dinámicos o estáticos según incluyan o no el factor tiempo (Conesa, 1997).

Independiente de la clasificación que reciben las metodologías se debe observar que tienen criterios y pesos diferentes para cada variable utilizada, lo que debe ser definido al inicio de la selección de la metodología. A partir de la comparación realizada entre los proyectos, se observó que se definía detalladamente cada metodología en la mayoría de los casos, pero no se realizaba una explicación de los criterios que se utilizaron para escoger una metodología por sobre otra. Cabe destacar en este punto, que ésta es una de las dificultades de la evaluación de impacto ambiental, ya que se carece de metodologías universalmente aceptadas y de uso común. Por ello es muy importante detallar los procedimientos utilizados y los alcances de la técnica usada en cada caso.

En el inciso f (D.S. N°95/2001) se describe los requerimientos para realizar la determinación de la Línea de Base del lugar de emplazamiento del proyecto. A continuación, se muestra la letra f del reglamento:

“La Línea de Base, que deberá describir el área de influencia del proyecto o actividad, a objeto de evaluar posteriormente los impactos que, pudieren generarse o presentarse sobre los elementos del medio ambiente.

El área de influencia del proyecto o actividad se definirá y justificará, para cada elemento afectado del medio ambiente, tomando en consideración los impactos ambientales potenciales relevantes sobre ellos.

Deberán describirse aquellos elementos del medio ambiente que se encuentren en el área de influencia del proyecto o actividad, y que dan origen a la necesidad de presentar un Estudio de Impacto Ambiental, en consideración a los efectos, características o circunstancias a que se refiere el artículo 11 de la Ley, sin perjuicio de lo señalado en el artículo siguiente.

Se caracterizará el estado de los elementos del medio ambiente identificados según lo señalado en el inciso anterior, considerando los atributos relevantes del área de influencia, su situación actual y, si es procedente, su posible evolución sin considerar

la ejecución o modificación del proyecto o actividad. Esta descripción considerará, cuando corresponda, los siguientes contenidos:

f.1. El medio físico, que incluirá, entre otros, la caracterización y análisis del clima, la geología, la geomorfología, la hidrogeología, la oceanografía, la limnología, la hidrología y la edafología.

Asimismo, considerará niveles de ruido, presencia y niveles de vibraciones y luminosidad, de campos electromagnéticos y de radiación, calidad del aire y de los recursos hídricos.

f.2. El medio biótico, que incluirá una descripción y análisis de la biota, pormenorizando, entre otros, la identificación, ubicación, distribución, diversidad y abundancia de las especies de flora y fauna que componen los ecosistemas existentes, enfatizando en aquellas especies que se encuentren en alguna categoría de conservación.

f.3. El medio humano, que incluirá información y análisis de la dimensión geográfica, demográfica, antropológica, socioeconómica y de bienestar social y otros similares que aporten información relevante sobre la calidad de vida de las comunidades afectadas.

Asimismo, se describirán los sistemas de vida y las costumbres de los grupos humanos, poniendo especial énfasis en las comunidades protegidas por leyes especiales.

f.4. El medio construido, describiendo su equipamiento, obras de infraestructura, y cualquier otra obra relevante.

Asimismo, se describirán las actividades económicas, tales como industriales, turísticas, de transporte, de servicios y cualquier otra actividad relevante existente o planificada.

f.5. El uso de los elementos del medio ambiente comprendidos en el área de influencia del proyecto o actividad, que incluirá, entre otros, una descripción del uso del suelo, de su capacidad de uso y clasificación según aptitud, si se encuentra regulado por algún instrumento de planificación territorial o si forma parte de un área bajo protección oficial.



f.6. Los elementos naturales y artificiales que componen el patrimonio histórico, arqueológico, antropológico, paleontológico, religioso y, en general, los que componen el patrimonio cultural, incluyendo la caracterización de los Monumentos Nacionales.

f.7. El paisaje, que incluirá, entre otros, la caracterización de su visibilidad, fragilidad y calidad.

f.8. Las áreas donde puedan generarse contingencias sobre la población y/o el medio ambiente, con ocasión de la ocurrencia de fenómenos naturales, el desarrollo de actividades humanas, la ejecución o modificación del proyecto o actividad, y/o la combinación de ellos.

Los contenidos señalados en esta letra, se entenderán como el marco general sobre el cual el titular del proyecto o actividad deberá identificar aquellos elementos del medio ambiente que digan relación con los efectos, características y circunstancias que dan origen a la necesidad de efectuar un Estudio de Impacto Ambiental.

El uso de procedimientos y metodologías necesarios para describir, caracterizar y analizar la Línea de Base, deberá estar debidamente justificado”.

En comparación al inciso g del mismo decreto (predicción y evaluación del impacto ambiental), es notable la falta de detalle que se expresa. El capítulo de predicción y evaluación de impacto ambiental es uno de los más importantes ya que entrega los antecedentes necesarios para tomar una decisión en base al impacto ambiental que puede generar el proyecto. La falta de detalle dentro de la normativa promueve que este capítulo no sea considerado con la importancia que se debe, pues si la normativa no exige un cierto nivel de presentación de información, difícilmente los proyectos comprenderán la trascendencia que posee la información plasmada en este capítulo.

Uno de los puntos que se remarcan del análisis de las prácticas empleadas en el extranjero es la falta de desarrollo que existe de la evaluación de impacto ambiental dentro de Chile. Las entidades gubernamentales internacionales presentan guías complementarias para el desarrollo completo de la evaluación de impacto ambiental, además de expresar criterios mínimos para que un Estudio de Impacto Ambiental (EIA) sea aceptable para la toma de decisiones.

Otro de los problemas que son promovidos por la falta de directrices expresadas por las autoridades es uno de los criterios detectados durante el desarrollo de este análisis, la falta de diferencia comparativa existente entre algunos proyectos escogidos. Cuatro de los proyectos desarrollados por la consultora EMG (grupo de profesionales especializados en las áreas de la Economía, el Medio Ambiente y la Gestión) tenían una presentación muy similar, al igual que dos de los proyectos presentados por la consultora SGA S.A., esta similitud de presentación se observaba desde la introducción del capítulo, hasta algunas conclusiones expresadas. A pesar que los datos de simulaciones y mediciones eran distintos en todos los casos, el hecho de que no haya una variación metodológica tan grande entre el análisis de los proyectos provoca inseguridad sobre la credibilidad de la información presentada.

Del análisis realizado a los 32 proyectos del área minera y energética se puede decir que la metodología utilizada en la mayoría de ellos es la matriz causa-efecto. Esto es cuestionable, ya que, de acuerdo a literatura, esta metodología es poco objetiva en lo relacionado con la calificación de impactos y, por sí sola, no garantiza que se consideren en la evaluación todas las variables que podrían afectar la toma de decisiones, pudiéndose cometer errores por dejar fuera del análisis efectos provocados por acciones o etapas relacionadas con el emplazamiento del proyecto o por utilizar criterios cuantificados o calificados de forma muy subjetiva.

Se encontró que 5 de los 32 proyectos utilizaron en conjunto la matriz causa-efecto con listas de chequeo. Esto permitió, de alguna medida, abarcar una mayor cantidad de variables, lo que ayuda a obtener resultados con mayor respaldo. Sin embargo, éste tipo de metodologías estarían de acuerdo con los requerimientos planteados por normativas obsoletas, ya que tampoco es suficiente. Ninguna de las 2 metodologías considera dentro del análisis los impactos directos, indirectos y sinérgicos, los cuales son importantes para determinar el efecto a corto y largo plazo que puede provocar el proyecto. El universo de análisis existente hoy en día para la identificación y la valoración de impactos ambientales entrega un sin número de métodos basados en criterios menos subjetivos. Por lo tanto, se hubiese esperado que, frente al conocimiento de los deterioros ambientales provocados por proyectos anteriores que no fueron analizados de forma detallada para prevenir estos daños irreversibles, la evolución de las metodologías utilizadas hubiese sido acorde a las exigencias requeridas para

garantizar el menor impacto negativo posible al medio ambiente, pero permitiendo el desarrollo necesario para la rutina del mundo actual.

Otro punto discutible del análisis, es lo relativo a las directrices que regulan las etapas que se deben cumplir en la realización de la evaluación de impacto ambiental de un proyecto. Es importante mejorar los reglamentos entregados por las autoridades, exigir niveles de análisis más completos y detallados y, educar con respecto a la importancia de la prevención y evaluación de impactos ambientales para evitar daños irreversibles al medio ambiente.

Internacionalmente, se están complementando los estudios con nuevas aristas, las cuales fomentan la participación ciudadana temprana e incluyen otras disciplinas para obtener información más completa.

Independiente de la metodología que se escoja para la valoración e identificación de impactos ambientales, lo más importante es mejorar el nivel de detalle que se entrega al presentar el Estudio de Impacto Ambiental (EIA). Es imperativo que las normativas presenten directrices más detalladas de las exigencias que se requieren para presentar un EIA.

El sistema de evaluación en Chile es muy básico en comparación a los sistemas de evaluación utilizados internacionalmente, y sus requerimientos se encuentran muy por debajo de las exigencias que los países desarrollados han llegado a determinar cómo imprescindibles para disminuir los daños ambientales generados por el desarrollo. Falta incluir análisis de impacto ambiental multidisciplinarios para que la información sea más completa y objetiva, además, falta utilizar herramientas como las de modelación, aplicadas a un mayor número de variables, que disminuyan la subjetividad de la valoración de los impactos. Además, se hace necesario eliminar los vacíos en la información entregada por los proyectos, o sea, requerir una descripción más exhaustiva de los pasos realizados durante el Estudio de Impacto Ambiental (EIA) para aminorar la incertidumbre y, también, que los proyectos puedan llegar a resultados más completos que ayuden a tomar decisiones con información que las justifique y respalde.

Se debería considerar la implementación del análisis del ciclo de vida (ACV) como una herramienta de apoyo para la determinación de los impactos ambientales de un proyecto. El ACV es una herramienta de apoyo en la toma de decisiones,

potencialmente, esta herramienta puede ayudar a escoger mejores metodologías para determinar los impactos ambientales que puede provocar un proyecto, lo cual conllevaría a tomar precauciones y minimizar el daño ambiental que podría generar el proyecto.

Luego del análisis de todos los proyectos, se pueden realizar las siguientes recomendaciones para ayudar a la selección de metodologías que sean más acordes al proyecto que se está realizando:

- 1) Describir los criterios o antecedentes que fundamenten la selección de una metodología para la predicción y evaluación de impactos ambientales de cada componente ambiental.
- 2) Justificar técnicamente el uso de la metodología escogida.
- 3) Establecer las limitaciones de la metodología utilizada, además de las ventajas que posee, de esta forma se podrá comprender las razones que llevaron a escoger la metodología como la mejor opción para el análisis.
- 4) Dependiendo de la metodología escogida, describir la forma en que se fue realizando cada paso del análisis, por ejemplo, en el caso de las matrices explicar cómo se construyó la matriz, cómo se determinaron los impactos relevantes, cómo se determinaron los componentes ambientales considerados en la matriz, etc.
- 5) Citar las fuentes de la metodología a utilizar en cada caso.

## V. CONCLUSIONES

En base a la información analizada en el presente seminario de título, es posible concluir al menos que:

1. Debido a que en la revisión de los proyectos seleccionados no se encuentran descripciones detalladas de criterios específicos en base a las características propias de cada proyecto, no es posible establecer diferencias significativas y/o similitudes en los criterios utilizados para escoger la metodología más adecuada para un proyecto energético o minero.
2. Dentro del periodo analizado y en base a los proyectos seleccionados, se concluye que la metodología utilizada de forma predominante fue la matriz causa-efecto, independiente de las características que poseía el proyecto.
3. Los proyectos que utilizaban lista de chequeo, complementaban el análisis con el uso de matrices de causa-efecto.
4. Se debe actualizar la forma en que se realiza la evaluación de impacto ambiental en Chile en comparación a la legislación existente en otros países. Los criterios descritos en los reglamentos nacionales son deficientes al establecer claramente las directrices requeridas para un EIA, se deben pulir los reglamentos de forma que la información entregada sea más completa y clara. Internacionalmente se utiliza el Análisis del ciclo de Vida (ACV) de productos, la cual podría llegar a ser una herramienta complementaria para la predicción y evaluación de impactos ambientales en proyectos del área energética y minera en nuestro país.
5. Para poder diseñar una metodología que sea más adecuada para un proyecto específico, se recomienda realizar una descripción de los criterios utilizados para escoger la metodología de evaluación de impactos, describir las limitaciones que posee la metodología escogida en cada caso, describir cada paso del análisis realizado con la metodología y citar las fuentes que utilizaron para escoger la metodología.

## VI. BIBLIOGRAFÍA

- Andrés Abellán, M. 2006. La evaluación del impacto ambiental de proyectos y actividades agroforestales. Universidad de Castilla La Mancha. España.
- Bárbaro, N y Bertucelli, D. 2007. Metodología para los Estudios de Impacto Ambiental SIN CANTER. Evaluación de Impacto Ambiental. URL: <http://www.exa.unicen.edu.ar/catedras/evaia/Apuntes%20y%20Practicos.php>
- Canadian environmental assessment agency (CEAA). 2008. Considering Aboriginal traditional knowledge in environmental assessments conducted under the Canadian Environmental Assessment Act -- Interim Principles.
- Canter, L. 1998. Manual de Evaluación de Impacto Ambiental: Técnicas para la elaboración de los estudios de impacto. Ed. Mc Graw-Hill. Madrid, España.
- Canter, L y Sadler, B. 1997. A tool kit for effective EIA practice: Review of methods and perspectives on their application. A supplementary report of the international study of the effectiveness of environmental assessment. Environmental and ground water institute, University of Oklahoma, USA; Institute of environmental assessment, UK. International Association for Impact Assessment (IAIA). URL: <http://www.iaia.org/pdf/Training/SRPEASEIS01.pdf>
- Capítulo 4: Predicción y Evaluación de Impactos Ambientales Proyecto Espejo de Tarapacá. GAC. Chile, 2014. URL: [http://seia.sea.gob.cl/archivos/Cap\\_04\\_Prediccion\\_y\\_evaluacion\\_de\\_IA\\_06082014.pdf](http://seia.sea.gob.cl/archivos/Cap_04_Prediccion_y_evaluacion_de_IA_06082014.pdf)
- Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA). 1994. Manual de Evaluación de Impacto Ambiental: Conceptos y Antecedentes Básicos. Editores Espinoza, Pisani y Contreras (CONAMA). Chile.
- Conesa Fdez.-Vítora, V. 1997. Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España.

- Cruz, V; Gallego, E; González de Paula, L. 2009. Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental. Universidad Complutense de Madrid. España. URL: <http://eprints.ucm.es/9445/1/MemoriaEIA09.pdf>
- Decreto Supremo N°40. 2012. Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental. Ministerio del Medio Ambiente. Chile.
- Decreto Supremo N°95. 2001. Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental. Ministerio Secretaría General de la Presidencia. Chile.
- Decreto Número 2041. 2014. Por el cual se reglamenta el Título VIII de la Ley 99 de 1993 sobre licencias ambientales. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Colombia
- Espinoza, G. 2007. Gestión y Fundamentos de Evaluación de Impacto Ambiental. Santiago, Chile.
- Estevan Bolea, M.T. 1984. Evaluación del Impacto Ambiental. Fundación MAPFRE. Madrid, España.
- Estévez, R. 2013. El análisis del ciclo de vida. Ecointeligencia. URL: <http://www.ecointeligencia.com/2013/02/analisis-ciclo-vida-acv/>
- García, L. 2004a. Aplicación del análisis multicriterio en la evaluación de impactos ambientales (Tesis Doctoral). Capítulo 2. Evolución histórica y legal de la Evaluación de Impacto Ambiental. Universidad Politécnica de Cataluña. España. URL: <http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/6830/03Lagl03de09.pdf;jsessionid=898B0BB3FDCF55BC073D383D18B4325E.tdx1?sequence=3>
- García, L. 2004b. Aplicación del análisis multicriterio en la evaluación de impactos ambientales (Tesis Doctoral). Capítulo 3. Metodologías de evaluación del impacto ambiental. Universidad Politécnica de Cataluña. España. URL: <http://tdx.cat/bitstream/handle/10803/6830/04Lagl04de09.pdf?sequence=4>
- Garmendia, A.; Salvador, A.; Crespo, C.; Garmendia, L. 2005. Evaluación de Impacto Ambiental. Pearson educación S.A., Madrid, España.

- Garza, M. 1998. Estudio Comparativo de los Métodos más Utilizados para la Evaluación del Impacto Ambiental. Universidad Autónoma De Nuevo León. Monterrey, México.
- International finance corporation (IFC). 2006. The Social and Environmental Impact Assessment Process. A Guide to Biodiversity for the Private Sector. Environment and social development department. URL: [www.ifc.org/BiodiversityGuide](http://www.ifc.org/BiodiversityGuide)
- Lagos, G. 2013. Minería y Medio Ambiente. Clase Gestión del negocio minero. Santiago, Chile. URL: <http://www.claseejecutiva.cl/blog/2013/11/mineria-y-medio-ambiente/#>
- Leopold, L; Clarke, F; Hanshaw, B; Balsley, J. 1971. A Procedure for Evaluating Environmental Impact. Geological Survey Circular 645. United States Department of the Interior. Washington, USA.
- Ley 21. 2013. De Evaluación Ambiental. Jefatura del Estado. España. URL: <https://www.boe.es/boe/dias/2013/12/11/pdfs/BOE-A-2013-12913.pdf>
- Ley 99. 1993. Ley General Ambiental de Colombia. El Congreso de Colombia. Colombia. Art. 49. p 38. URL: <http://www.minambiente.gov.co/index.php/normativa/leyes>
- Ley 19.300. 2010. Sobre Bases Generales del Medio Ambiente. Ministerio Secretaría General de la Presidencia de la República. Chile. p 11.
- Morgan, R. 2012. Environmental impact assessment: the state of the art. Impact Assessment and Project Appraisal. Rev. 30: 5-14.
- Oyarzún, J. 2008. Evaluación de Impactos Ambientales. Temas Ambientales. Fecha de consulta: 2 de marzo de 2015. URL: [http://www.aulados.net/Temas\\_ambientales/EIA/EIA\\_Jorge\\_Oyarzun.pdf](http://www.aulados.net/Temas_ambientales/EIA/EIA_Jorge_Oyarzun.pdf)
- Payraudeau, S; Van der Werf, H. 2004. Environmental impact assessment for a farming region: a review of methods. Agriculture, Ecosystems and Environment, 107, 1–19.



- Rosa, J.; Sanchez, L. 2016. Advances and challenges of incorporating ecosystem services into impact assessment. *Journal of Environmental Management*. Rev.180: 485–492
- SEIA electrónico. URL: <http://www.sea.gob.cl/>
- Toro, J. 2009. Análisis constructivo del proceso de Evaluación de Impacto Ambiental en Colombia, propuesta de mejora (Tesis doctoral). Editorial Universidad de Granada. España. URL:<http://digibug.ugr.es/handle/10481/2330#.VYovQUbMjEY>
- United Nations University (UNU). 2006. Impact Analysis. Environmental Impact Assessment course. URL: [http://eia.unu.edu/course/index.html%3Fpage\\_id=122.html](http://eia.unu.edu/course/index.html%3Fpage_id=122.html)
- Verocai, I. 2011a.Evolución de las Prácticas de Evaluación de Impacto Ambiental en América Latina. URL: [http://www.ifc.org/wps/wcm/connect/e9659a004c08c04baf0fbf79803d5464/2\\_lara+Verocai\\_Resumen+de+Ponencia.pdf?MOD=AJPERES](http://www.ifc.org/wps/wcm/connect/e9659a004c08c04baf0fbf79803d5464/2_lara+Verocai_Resumen+de+Ponencia.pdf?MOD=AJPERES)
- Verocai, I. 2011b.Evolución del proceso de evaluación de impacto ambiental en Iberoamérica. Día de iberoamérica – Conferencia IAIA. Puebla, México. URL:<http://www.ifc.org/wps/wcm/connect/c36303804c08a21cae31be79803d5464/IberoProceedings.pdf?MOD=AJPERES>