



**UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL**

**DIAGNÓSTICO Y PROPUESTAS PARA EL SISTEMA DE EVALUACIÓN
AMBIENTAL DE CHILE CON MIRAS A EVITAR FUTURAS EMISIONES DE GASES
DE EFECTO INVERNADERO EN NUEVOS PROYECTOS DE INVERSIÓN**

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERA CIVIL

MICHELLE TERESA FREDES CORTÉS

PROFESOR GUÍA:

ALBERTO DE LA FUENTE STRANGER

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:

**EZIO COSTA CORDELLA
ENRIQUE KALISKY KRIGUER**

SANTIAGO DE CHILE

2020

RESUMEN DE LA MEMORIA PARA OPTAR AL
TÍTULO DE: Ingeniera Civil
POR: Michelle Teresa Fredes Cortés
FECHA: marzo 2020
PROFESOR GUÍA: Alberto de la Fuente Stranger

DIAGNÓSTICO Y PROPUESTAS PARA EL SISTEMA DE EVALUACIÓN AMBIENTAL DE CHILE CON MIRAS A EVITAR FUTURAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO EN NUEVOS PROYECTOS DE INVERSIÓN

Las actividades humanas han causado a la fecha un calentamiento global de aproximadamente 1°C por sobre el nivel preindustrial. En el Acuerdo de París el año 2015, se fija como objetivo limitar este calentamiento para que sea mucho menor a 2°C e idealmente no exceder los 1,5°C. Para cumplir el último objetivo, las emisiones globales netas de gases de efecto invernadero (GEI) deben llegar a 0 entre los años 2040 y 2055, alcanzando su peak el 2020 y reduciéndose a la mitad el 2030.

Chile, como país suscrito al Acuerdo de París, debe mitigar sus emisiones de GEI de acuerdo con el objetivo. Pero, hasta la fecha, ha registrado una marcada tendencia al aumento de estas, llegando a duplicarse sus emisiones de GEI entre 1990 y 2016.

La tendencia futura de las emisiones de GEI chilenas se puede estimar al investigar las emisiones que tendrían los proyectos en estado de calificación en el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), el cual se encarga de regular la apropiada consideración de la componente ambiental en los nuevos proyectos y actividades a realizarse en el país, y a través del cual también se podrían aplicar futuras medidas de mitigación de GEI sobre los proyectos aún sujetos a modificación.

Este trabajo tiene como propósito realizar un diagnóstico de esa tendencia de emisiones y recopilar medidas para su mitigación. Para ello, se realiza un estudio del SEIA, la recopilación y estimación de emisiones de GEI de los proyectos en estado de calificación, y su respectivo análisis, para presentar posibles medidas generales para la reducción de emisiones. Los resultados esperados son un listado de medidas generales, concretas y factibles que puedan ser consideradas por los titulares de los proyectos para mitigar o evitar nuevas emisiones de GEI, y una serie de posibles medidas de mitigación para ser remitidas al Ministerio del Medio Ambiente (MMA) y SEA.

*Al cambio, que considero la esencia misma del tiempo
Y la única certeza de la vida*

AGRADECIMIENTOS

A mi profesor guía, Alberto de la Fuente, por presentarme con un proyecto de gran interés para mí. Por darse el tiempo de atender mis dudas, guiarme, y al mismo tiempo darme el espacio para tomar decisiones por mi cuenta.

A mis padres, que con su esfuerzo y apoyo para mi educación me enseñaron a ser constante y perseverar en mis deberes, y me dieron la posibilidad de llegar hasta aquí.

A mis amigos y amigas, por compartir conversaciones, experiencias y risas que tanto hacían falta para mantener la salud mental. Que me mostraron que hay espacio para lo personal.

A mis amigos más cercanos, con los que he reído y he llorado, con los que sobran abrazos y palabras de apoyo. Y en especial, a Diego, Octavio y Sergio, que siempre me han escuchado y que espero sepan también los quiero escuchar.

Y, por último, agradezco a mi compañero de vida, Marcelo, por el inagotable apoyo, paciencia y cariño. Por ser mi boya más firme y confiable cuando hay tormenta en medio del mar que son mis emociones, y mi isla tropical cuando hay buen tiempo. Estoy ansiosa por vivir juntos lo que venga de aquí en adelante.

A todos los que de una u otra forma han sumado algo a mi vida, muchas gracias.

TABLA DE CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1	OBJETIVOS.....	2
1.1.1	Objetivo General.....	2
1.1.2	Objetivos Específicos.....	2
1.2	METODOLOGÍA.....	3
1.3	RESULTADOS ESPERADOS.....	3
2	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1	CAMBIO CLIMÁTICO.....	4
2.1.1	¿Qué es?.....	4
2.1.2	¿Qué efectos tiene?.....	6
2.1.3	¿Qué lo provoca?.....	7
2.2	GASES DE EFECTO INVERNADERO.....	8
2.3	EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO EN CHILE.....	10
2.4	SISTEMA DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL DE CHILE.....	12
2.4.1	Qué es y jerarquía jurídica a la que está sujeto el SEIA.....	12
2.4.2	Procesos del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.....	13
2.4.3	¿Estudio o Declaración de Impacto Ambiental?.....	14
2.4.4	Contenidos del EIA y DIA.....	14
2.4.5	SEIA y Cambio climático.....	16
3	RECOPIACIÓN Y CRITERIOS.....	18
3.1	CÁLCULO DEL TOTAL DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS.....	19
3.2	ESTIMACIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO.....	20
3.3	EL PROCESO DE RECOPIACIÓN.....	22
4	RESULTADOS.....	25
4.1	DESCRIPCIÓN DE LA BASE DE DATOS.....	25
4.2	RESULTADO DE EMISIONES.....	29
4.3	PROYECTOS EMBLEMÁTICOS.....	33
4.4	COMPARACIÓN DE PROYECTOS CON SU RESPECTIVA RCA.....	37
5	DISCUSIÓN.....	38

5.1	SOBRE EL ACCESO A LA INFORMACIÓN.....	38
5.2	RESULTADOS.....	38
5.3	DECLARACIÓN Y ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL.....	40
5.4	CAMBIO DE USO DE SUELO.....	40
5.5	CHILE Y CAMBIO CLIMÁTICO.....	41
6	MEDIDAS PARA MITIGACIÓN.....	42
6.1	Propuesta para los titulares de los proyectos.....	42
6.2	Posibles medidas para implementar en el SEIA desde políticas públicas, normas o el instrumento de gestión ambiental que corresponda.....	43
6.3	Para el Servicio de Evaluación Ambiental.....	45
7	CONCLUSIONES.....	46
8	BIBLIOGRAFÍA.....	48
9	ANEXO.....	50

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 2-1: POTENCIAL DE CALENTAMIENTO GLOBAL DE ALGUNOS GASES DE EFECTO INVERNADERO.	9
TABLA 3-1: GASES ESTIMADOS EN DECLARACIONES Y ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL, SEGÚN FRECUENCIA PERCIBIDA EN LA MUESTRA DE PROYECTOS REVISADA.....	19
TABLA 3-2: EMISIONES CHILENAS DE DISTINTOS GASES EN LA CATEGORÍA ENERGÍA.....	20
TABLA 4-1: DISTRIBUCIÓN PROYECTOS SEGÚN SECTOR PRODUCTIVO.	25
TABLA 4-2: CANTIDAD Y DURACIÓN ETAPAS DE CONSTRUCCIÓN Y ABANDONO.....	26
TABLA 4-3: RECUENTO DE TIPO DE ACTIVIDADES.....	28
TABLA 4-4: ESTIMACIÓN DE EMISIONES SEGÚN TIPO DE INGRESO AL SEIA.	29
TABLA 4-5: SUMA DE ESTIMACIÓN DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO TOTALES DE LA MUESTRA DE PROYECTOS SEGÚN SECTOR PRODUCTIVO.	29
TABLA 4-6: EMISIONES TOTALES POR FASE.	30
TABLA 4-7: EMISIONES POR TIPO DE ACTIVIDAD.	30
TABLA 4-8: MAYORES EMISORES DE LA MUESTRA.	33
TABLA 4-9: PROYECTOS MÁS EMISORES SEGÚN TIPO DE INGRESO AL SEIA.....	34
TABLA 4-10: VIDA ÚTIL Y SECTOR PRODUCTIVO DE PROYECTOS DE MAYORES EMISIONES.	35
TABLA 4-11: PROYECTOS MÁS EMISORES CON RESPECTO A LAS EMISIONES DE CHILE EL 2016.	36
TABLA 4-12: MAYORES EMISORES EN FASE DE CONSTRUCCIÓN.	37
TABLA 4-13: RELACIÓN ENTRE EMISIONES PRESENTADAS EN RCA Y LA PRESENTADA INICIALMENTE POR EL PROYECTO.	37
TABLA 4-14: CAMBIO PORCENTUAL ENTRE LAS EMISIONES PRESENTADAS EN LA RCA Y EN EL PRIMER INGRESO AL SEIA.	37
TABLA 6-1: EJEMPLO TABLA DE EMISIONES POR ACTIVIDADES PARA UNA FASE.....	44
TABLA 6-2: EJEMPLO TABLA RESUMEN DE EMISIONES POR AÑO.	44
TABLA 6-3: FORMATO RECOMENDADO PARA BASE DE DATOS.	45
TABLA 9-1: ESTIMACIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO A EMITIR POR EL PROYECTO.	50
TABLA 9-2: COMPARACIÓN ENTRE EMISIONES DE GEI DEL PROYECTO RESPECTO A LAS DE CHILE.	51
TABLA 9-3: ACTIVIDADES EMISORAS DE GASES DE EFECTO INVERNADERO.....	51

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO 3-1: RELACIONES ENTRE CO ₂ Y GASES CO, NO _x	21
GRÁFICO 3-2: RELACIONES ENTRE N ₂ O Y GASES NO _x , CO.....	21
GRÁFICO 3-3: GAS METANO VERSUS MONÓXIDO DE CARBONO Y ÓXIDOS DE NITRÓGENO.	22
GRÁFICO 4-1: CANTIDAD DE PROYECTOS SEGÚN ORDEN DE DURACIÓN DE LA FASE DE OPERACIÓN.	27
GRÁFICO 4-2: CANTIDAD DE PROYECTOS SEGÚN ORDEN DE INVERSIÓN.	28
GRÁFICO 4-3: INVERSIÓN VERSUS EMISIONES DE LOS PROYECTOS DE LA MUESTRA.	31
GRÁFICO 4-4: LOGARITMOS DE LA INVERSIÓN VERSUS EMISIONES DE LOS PROYECTOS.	31
GRÁFICO 4-5: DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIA ACUMULADA DE LAS EMISIONES/INVERSIÓN DE CADA PROYECTO DE LA MUESTRA.	32

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 2-1: TENDENCIAS CLIMÁTICAS DE ACUERDO CON DISTINTOS REGISTROS DE DATOS.....	5
FIGURA 2-2: IMPACTOS Y RIESGOS PROYECTADOS SEGÚN EL NIVEL DE CALENTAMIENTO GLOBAL ALCANZADO.....	7
FIGURA 2-3: RELACIÓN ENTRE CAMBIO DE TEMPERATURA MUNDIAL Y EMISIONES ACUMULADAS DE CO ₂ DESDE 1870.	8
FIGURA 2-4: EMISIONES TOTALES DE GEI ANUALES ENTRE 1970 Y 2010.....	9
FIGURA 2-5: EMISIONES GLOBALES DE CO ₂ HASTA EL 2017.	10
FIGURA 2-6: BALANCE DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DE CHILE POR SECTOR, ENTRE 1990 Y 2016.....	11
FIGURA 2-7: EMISIONES DE GEI PER CÁPITA POR AÑO DE DISTINTOS PAÍSES Y PROMEDIO MUNDIAL ENTRE 1970 Y 2016.....	11
FIGURA 2-8: JERARQUÍA JURÍDICA DE LOS INSTRUMENTOS DE GESTIÓN AMBIENTAL DE CHILE, SEGÚN EL SEA.....	12
FIGURA 4-1: DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LOS PROYECTOS SEGÚN SECTOR PRODUCTIVO.....	26

1 INTRODUCCIÓN

A la fecha las actividades humanas han causado aproximadamente $1\pm 0,2^{\circ}\text{C}$ de calentamiento global sobre los niveles preindustriales y ya se observan impactos del denominado cambio climático en sistemas humanos y naturales (IPCC, 2018).

El cambio climático es tratado a nivel de las Naciones Unidas en el marco del United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). Cada año desde 1995 se realiza una Convención de las Partes (COP, por sus siglas en inglés) para toma de decisiones. El año 2015 se define en la COP 21 el “Acuerdo de París”, que fija el objetivo de limitar el calentamiento global para que este sea mucho menor a 2°C y hacer esfuerzos para no exceder los $1,5^{\circ}\text{C}$. Para cumplir el último objetivo, las emisiones globales netas de gases de efecto invernadero (GEI) deben llegar a 0 entre 2040 y 2055, alcanzando su peak el 2020 y reducirse a la mitad en 2030 (IPCC, 2018).

A nivel mundial el 2017, las 3 mayores fuentes antropogénicas de emisiones globales de CO_2 (principal GEI) fueron el uso de gas, petróleo y carbón para combustión, cambio de la cubierta y uso de suelo, y el uso de cemento. Cada uno emitió, respectivamente: 33,44 giga toneladas (Gt) (BP, 2018); 4,03 Gt en el período 2006-2015 (Houghton & Nassikas, 2017); y 1,45 Gt el 2016 (Andrew, 2018).

Para la reducción de las emisiones de GEI y adaptación al cambio climático, todas las partes participantes del “Acuerdo de París” deben plantear sus esfuerzos en Compromisos Nacionalmente Determinados, o NDC en inglés.

Chile fijó en su NDC, en materia de emisiones de GEI, el compromiso de: al 2030, reducir 30% las emisiones de GEI -expresadas en CO_2 equivalente- por unidad de PIB, con respecto al 2007, considerando un crecimiento económico que permita implementar las medidas adecuadas para alcanzar este compromiso. El 2007, las emisiones netas de GEI de Chile por unidad de PIB fueron 0,41 toneladas de CO_2 equivalente por miles de millones de pesos chilenos ($\text{t CO}_2 \text{ eq /MMCLP}$), y el 2016 disminuyó hasta 0,38 $\text{t CO}_2 \text{ eq /MMCLP}$ (Ministerio del Medio Ambiente, 2018). Sin embargo, el cambio se debe a un aumento de PIB, ya que las emisiones de GEI de Chile aumentaron. Este compromiso ha sido calificado como insuficiente por diversas organizaciones no gubernamentales (ClimateActionTracker, 2018) por no mantener el calentamiento global debajo de los 2°C . Se requieren objetivos más ambiciosos y mayor acción.

Una oportunidad de abordar las futuras emisiones de GEI en Chile se encuentra en el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), el cual regula que la componente ambiental de los nuevos proyectos y actividades sea apropiadamente considerada. Pero, actualmente, no considera el cambio climático ni emisiones de GEI en su aplicación.

La motivación de este Trabajo de Título es utilizar el conocimiento técnico para mostrar soluciones técnicas generales, factibles de aplicar en los nuevos proyectos y actividades privadas a realizarse en Chile, mientras aún están sujetos a modificaciones dentro del SEIA, para la disminución de emisiones de GEI. Y así promover el cumplimiento tanto de los compromisos suscritos en el Acuerdo de París, como los objetivos que se planteen en futuras Convenciones de las Partes.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo General:

Diagnóstico y propuestas factibles para el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental de Chile a través del análisis del inventario de gases de efecto invernadero de proyectos en estado de calificación dentro del sistema (por tanto, aún sujetos a posibles modificaciones), para la disminución de futuras emisiones de gases de efecto invernadero en nuevos proyectos de inversión.

1.1.2 Objetivos Específicos:

- Recopilar datos disponibles asociados a emisiones de gases de efecto invernadero de proyectos en estado de calificación dentro del SEA. Específicamente, Declaraciones y Estudios de Impacto Ambiental de los proyectos.
- Estimar el inventario de emisiones de GEI de una muestra de los proyectos.
- Analizar y clasificar los inventarios de emisiones de GEI de los proyectos según fuente específica, sector productivo e intensidad.
- Recopilar y comparar con las emisiones finales de una parte de aquellos proyectos de la muestra que cuentan con RCA.
- Recopilación y propuesta de alternativas generales factibles para la disminución de emisiones de GEI de los proyectos o modificaciones que se encuentren en evaluación ambiental y recopilación de medidas aplicables para el SEA y MMA.

1.2 METODOLOGÍA

Estudio del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental

Es fundamental conocer el funcionamiento del SEA y dinámica del SEIA. En esta etapa se investigan el organigrama, las funciones y atribuciones del SEA; los diagramas de flujo de los procesos de Declaración y Estudio de Impacto Ambiental (DIA y EIA, respectivamente); los alcances de cada uno; las Resoluciones de Calificación Ambiental (RCA); y la relación con los distintos agentes involucrados.

Recopilación de datos y análisis

A 6 de mayo de 2019, se encuentran 430 proyectos en estado de calificación en el SEIA. En esta etapa se recopila información y se calculan los inventarios de emisiones de GEI de una muestra de los proyectos en estado de calificación que poseen en su DIA o EIA la estimación de sus emisiones atmosféricas. Se clasifican las emisiones de GEI de cada proyecto según sector productivo, tipo de actividades y sus distintas fases. Se identifican los proyectos más emisores de gases de efecto invernadero y se calculan emisiones GEI por monto de inversión. Además, para una porción de aquellos proyectos que ya cuenten con RCA, se recopilan sus emisiones finales y se comparan con las presentadas originalmente.

Recopilación de posibles medidas de mitigación

Se investiga y plantean alternativas generales, factibles para la disminución de emisiones de GEI de los proyectos. Y se muestran propuestas factibles de aplicar para el MMA y el SEA.

1.3 RESULTADOS ESPERADOS

Los resultados esperados del presente trabajo son generar un catastro de los proyectos que se encuentran en etapa de revisión en el sistema de evaluación ambiental, para generar una estimación de la emisión de gases de efecto invernadero de estos proyectos. A partir de ese catastro y de una revisión bibliográfica, se propondrá un listado de medidas generales, concretas y factibles que puedan ser consideradas por los titulares de los proyectos como alternativas para evitar nuevas emisiones de GEI. A término de esta memoria se contará también con una serie de propuestas sobre mitigación que serán remitidas al ministerio del medio ambiente y servicio de evaluación ambiental.

2 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

En este capítulo se presenta el marco teórico del trabajo a desarrollar. Este permite entender los conceptos y partes claves para facilitar la comprensión del documento al lector.

Los conceptos claves son:

- Cambio climático
- Gases de efecto invernadero
- Emisiones de gases de efecto invernadero de Chile
- Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental de Chile

El objetivo de esta sección es responder sobre cada concepto una o más de las siguientes preguntas: ¿Qué son? ¿Qué efectos tienen? ¿Qué los provoca? ¿Cuál es su importancia?

2.1 CAMBIO CLIMÁTICO

2.1.1 ¿Qué es?

El Cambio Climático se define como el “cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera global y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables”, según el Artículo 1 de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.

Comprende diversas variaciones en el sistema climático del planeta. Estos cambios tienen como factor común el hecho de estar desviados de las tendencias que se conocen históricamente y ser atribuidos a la actividad antropogénica.

Los principales efectos evidenciados que agrupa el término cambio climático son:

- Aumento de la temperatura superficial del planeta.
- Exceso en el balance energético y contenido de calor en el planeta.
- Cambios en la circulación y modo de variabilidad de los vientos a nivel mundial.
- Cambios en el ciclo del agua y la criósfera. Esto incluye al océano, hielo marítimo, glaciares y cobertura nival o de hielo.
- Aumento del nivel del mar.

- Cambios en los extremos climáticos. Como disminución de días fríos y aumento de días con altas temperaturas, y aumento de eventos extremos de precipitación.
- Cambios en el carbón y otros ciclos biogeoquímicos. Como aumento de la concentración de gases de efecto invernadero y acidificación del mar.

En la Figura 2-1 se muestra el registro de distintos sets de datos que ilustran algunos de los cambios mencionados anteriormente.

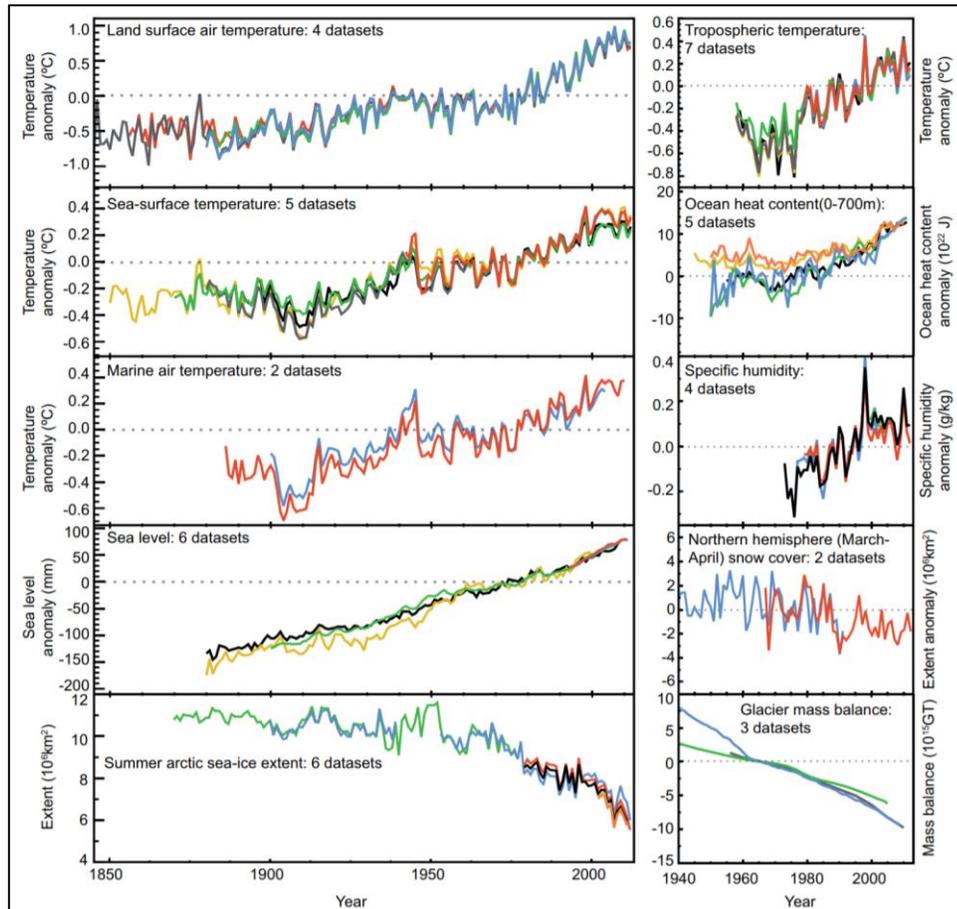


Figura 2-1: Tendencias climáticas de acuerdo con distintos registros de datos.

Fuente: Technical Summary. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.

2.1.2 ¿Qué efectos tiene?

Además de los mismos fenómenos que involucran el cambio del sistema climático del planeta, estos inciden en los ecosistemas a gran y pequeña escala en todo el mundo.

Para resumir los principales impactos y riesgos asociados al cambio climático, el IPCC define 5 *Reasons for Concern* (RCF) o razones para preocuparse, que ilustran las consecuencias del calentamiento global y los límites de adaptación para las personas, las economías y ecosistemas. Estas son:

- Sistemas únicos y amenazados

Algunos sistemas únicos y amenazados, incluyendo ecosistemas y culturas, ya se encuentran en riesgo por el cambio climático. Particularmente, los sistemas de arrecifes de coral y el hielo Ártico.

- Eventos climáticos extremos

Eventos como olas de calor extremo, de precipitación extrema e inundación de costas ya suceden con una frecuencia moderada y aumentarán con el calentamiento global.

- Distribución de los impactos

Los riesgos e impactos se distribuyen de manera desigual y por lo general son mayores para las personas y comunidades en situaciones vulnerables en el mundo. En particular, los riesgos ya son moderados para la producción de cultivos en regiones específicas.

- Impactos globales agregados

Los riesgos de impactos globales agregados ya son moderados, afectando la biodiversidad del planeta y en general la economía global.

- Eventos singulares a gran escala

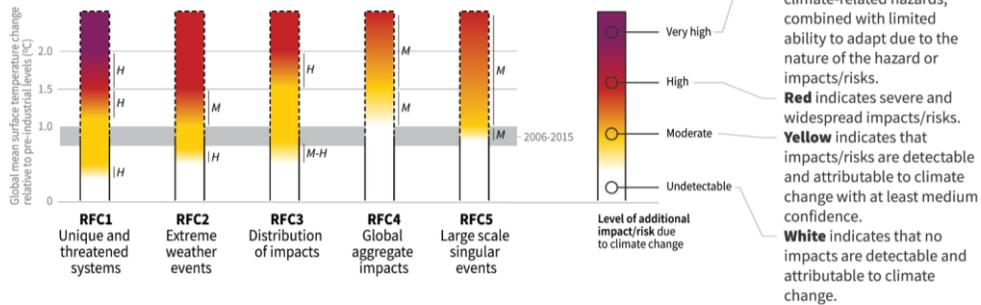
Con el calentamiento, algunos sistemas físicos y ecosistemas pueden estar en riesgo de sufrir cambios abruptos e irreversibles.

La Figura 2-2 muestra el riesgo e impacto de los efectos del calentamiento global, según el cambio de temperatura que se alcance por sobre el nivel pre-industrial. La barra gris horizontal indica el nivel que ya fue alcanzado en el período 2006-2015. Los colores indican la intensidad del riesgo y/o impacto asociado al efecto y las letras al costado de cada barra vertical indican el nivel de confianza en que este sea efectivo. L es bajo, M es medio, H es alto y VH es muy alto.

How the level of global warming affects impacts and/or risks associated with the Reasons for Concern (RFCs) and selected natural, managed and human systems

Five Reasons For Concern (RFCs) illustrate the impacts and risks of different levels of global warming for people, economies and ecosystems across sectors and regions.

Impacts and risks associated with the Reasons for Concern (RFCs)



Impacts and risks for selected natural, managed and human systems

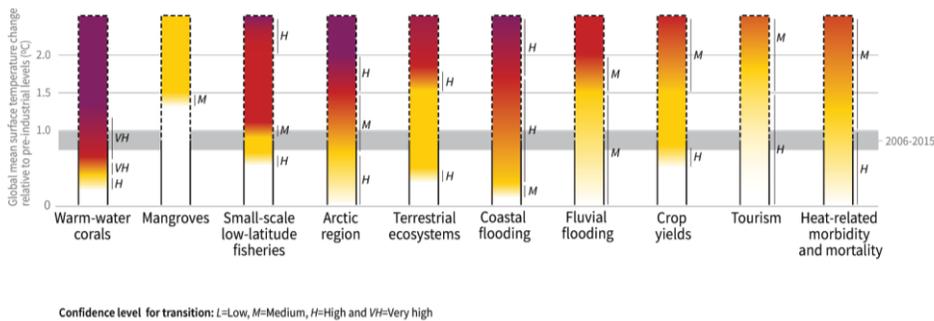


Figura 2-2: Impactos y riesgos proyectados según el nivel de calentamiento global alcanzado. Fuente: (IPCC, 2018).

2.1.3 ¿Qué lo provoca?

En la Figura 2-3 se observa una relación aproximadamente lineal entre emisiones totales acumuladas de CO₂ antropogénico y cambio de temperatura con respecto a los niveles preindustriales. Además, se ilustran predicciones del aumento de temperatura futura frente a distintos escenarios de acción humana. Siendo el escenario más positivo, y el que requiere mayor acción, el RCP2.6 donde el aumento de temperatura media mundial se mantiene por debajo de los 2°C. Por otro lado, en caso de seguir con la tendencia de los últimos años, el RCP8.5, se llegaría a 4.5°C de aumento de temperatura para el 2100.

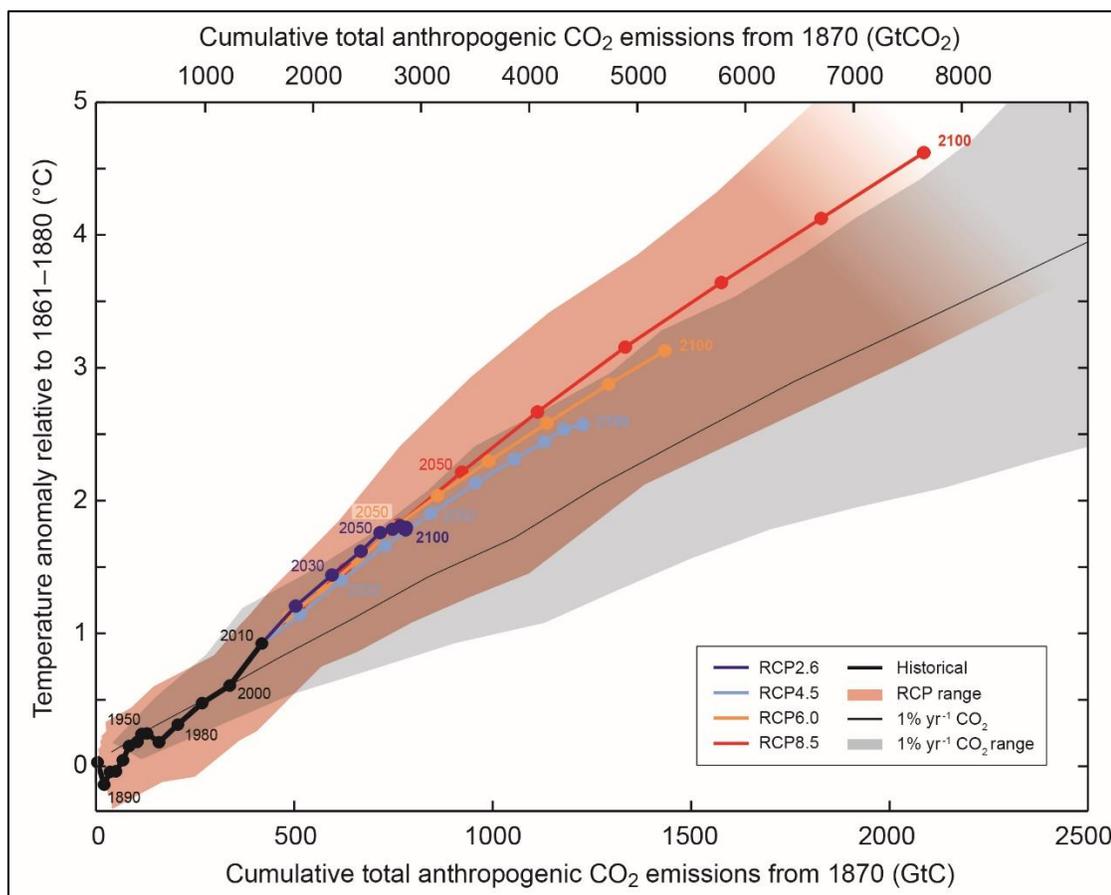


Figura 2-3: Relación entre cambio de temperatura mundial y emisiones acumuladas de CO₂ desde 1870. Fuente: IPCC, 2014: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.

2.2 GASES DE EFECTO INVERNADERO

Los GEI son el componente gaseoso de la atmósfera, natural o antropógeno, que absorbe y emite radiación en determinadas longitudes de onda del espectro de radiación terrestre emitida por la superficie de la Tierra, por la propia atmósfera y por las nubes. Esta propiedad ocasiona el efecto invernadero. Los gases de efecto invernadero primarios de la atmósfera terrestre son el vapor de agua (H₂O), el dióxido de carbono (CO₂), el óxido nitroso (N₂O), el metano (CH₄) y el ozono (O₃). Además, la atmósfera contiene cierto número de gases de efecto invernadero enteramente antropógeno, como los halocarbonos u otras sustancias que contienen cloro y bromo, y contemplados en el Protocolo de Montreal. Además del CO₂, N₂O y CH₄, el Protocolo de Kyoto contempla los gases de efecto invernadero hexafluoruro de azufre (SF₆), los hidrofluorocarbonos (HFC) y los perfluorocarbonos (PFC).

La unidad común que se utiliza para registrar y comunicar el conjunto de gases de efecto invernadero es el dióxido de carbono equivalente o CO₂eq. Para la conversión de distintos gases a esta unidad, se considera el Potencial de Calentamiento Global o GWP por sus siglas en inglés, el cual indica la cantidad de calor que provoca el gas a lo largo de un período de tiempo dado (usualmente 100 años). La Tabla 2-1 muestra los GWP y tiempo

promedio de residencia en la atmósfera del dióxido de carbono, óxido nitroso y metano, los valores GWP incluyen la retroalimentación climática del carbono.

Tabla 2-1: Potencial de calentamiento global de algunos gases de efecto invernadero.

Gas	Tiempo de residencia en la atmósfera (años)	GWP (100 años)
CO ₂	5 a 200	1
N ₂ O	121	298
CH ₄	12,4	34

Fuente: IPCC, 2013: Anthropogenic and Natural Radiative Forcing. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.

Lo anterior quiere decir que las unidades de CO₂eq se obtienen a partir del producto entre las unidades de distintos gases de efecto invernadero y su respecto GWP. Para los gases presentados en la tabla anterior el cálculo sería el siguiente:

$$CO_2eq(u) = CO_2(u) * 1 + N_2O(u) * 298 + CH_4(u) * 34$$

Donde u es la unidad de masa de los gases.

La principal fuente de emisiones de GEI son los combustibles fósiles y procesos industriales. Estos son representados por el área amarilla en la Figura 2-4 a continuación.

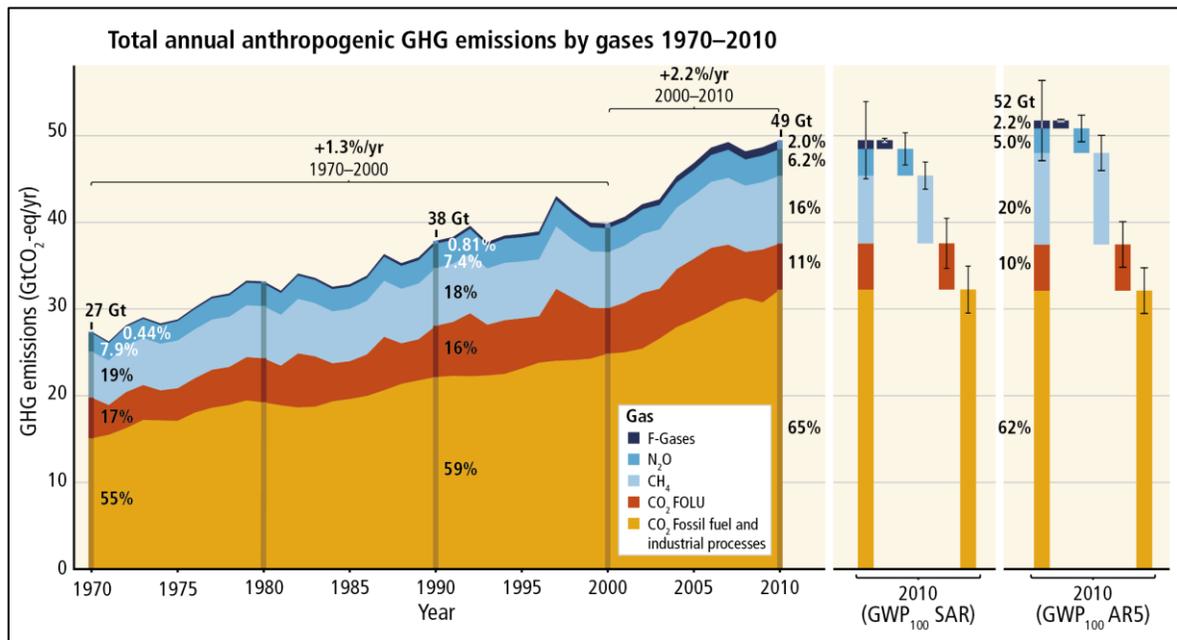


Figura 2-4: Emisiones totales de GEI anuales entre 1970 y 2010.

Fuente: Figura 1.6 del 5to informe del IPCC.

Mientras, dentro de las emisiones de CO₂, mostradas en la Figura 2-5 a continuación, la gran parte se debe a los combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas) y el cambio de uso de suelo. Los combustibles fósiles provocan emisiones desde su proceso de extracción, procesamiento, transporte y combustión final. Mientras que el cambio de uso de suelo se refiere principalmente a la deforestación, debido a que los bosques nativos (entre otros ecosistemas) son capaces de fijar y almacenar una gran cantidad de CO₂ atmosférico.

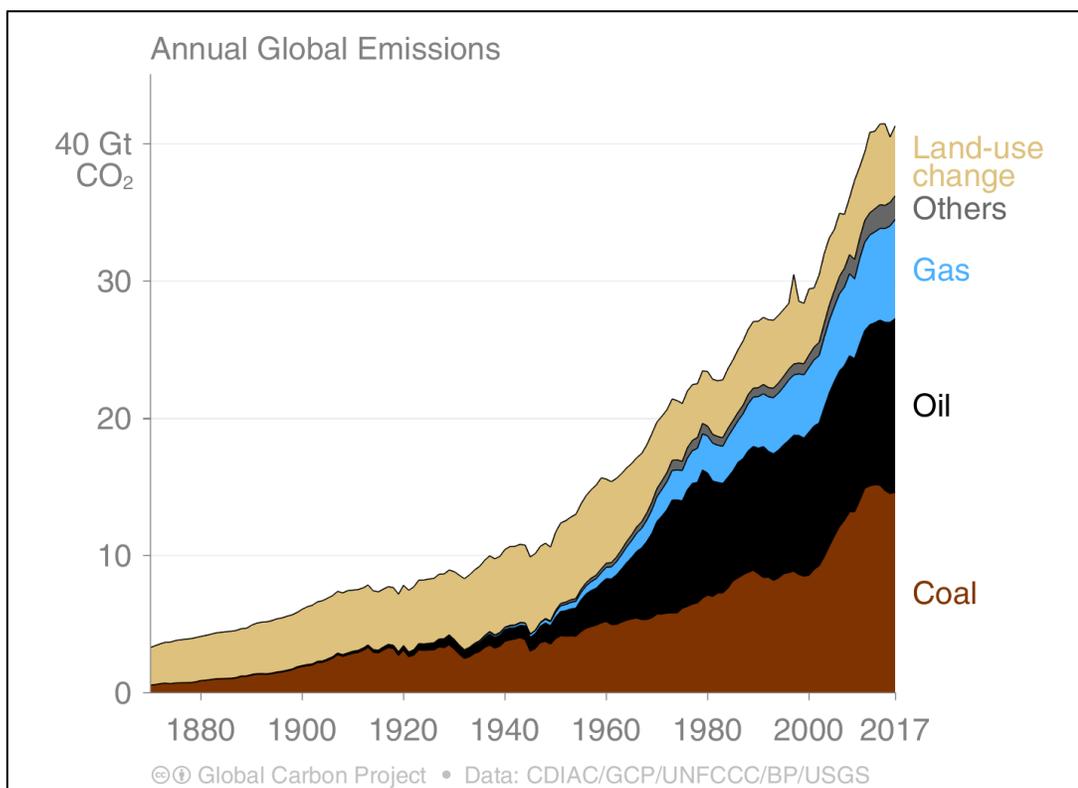


Figura 2-5: Emisiones globales de CO₂ hasta el 2017.

2.3 EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO EN CHILE

Chile, como país suscrito Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático o UNFCCC por sus siglas en inglés, fijó como primer compromiso en materia de emisiones de GEI: al 2030, reducir un 30% las emisiones de GEI -expresadas en CO₂ equivalente- por unidad de PIB, con respecto al nivel alcanzado en 2007, considerando un crecimiento económico futuro que permita implementar las medidas adecuadas para alcanzar este compromiso.

Además, por estar suscrito a la UNFCCC Chile debe emitir cada 2 años un informe de actualización sobre cambio climático y declaración de sus emisiones de gases de efecto invernadero. El último fue emitido el 2018 y cuenta con información hasta el año 2016.

En la Figura 2-6 se pueden observar las emisiones, sumideros (barras apiladas) y el balance (línea) de Gases de Efecto Invernadero chilenos, obtenidos del informe antes mencionado, separadas en categorías según el origen de las emisiones. IPPU corresponde al sector de procesos industriales y uso de productos. Mientras que UTCUTS es el sector uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura. Este último actúa como sumidero gracias a las Tierras Forestales.

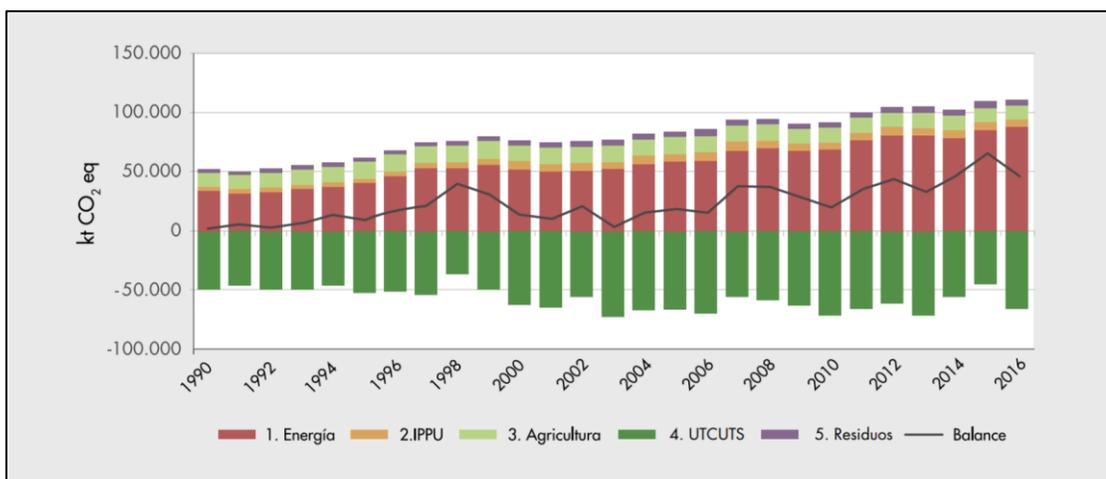


Figura 2-6: Balance de Gases de Efecto Invernadero de Chile por sector, entre 1990 y 2016.
Fuente: TERCER INFORME BIENAL DE ACTUALIZACIÓN DE CHILE SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO 2018.

Entre 1990 y 2016, además de una marcada tendencia al aumento, las emisiones de GEI se han duplicado, desde 52.016 hasta 111.678 kt de CO₂ equivalente.

Considerando el último censo en Chile, en el que se obtiene una población de 17.574.003 personas, las emisiones de GEI per cápita del 2016 son 6,35 toneladas de CO₂ equivalente por habitante.

En la Figura 2-7 se puede observar que la emisión per cápita mundial el 2016 fue menor a 5 toneladas de CO₂ equivalente por habitante. Por lo que Chile está por sobre el promedio mundial en emisiones de GEI per cápita.

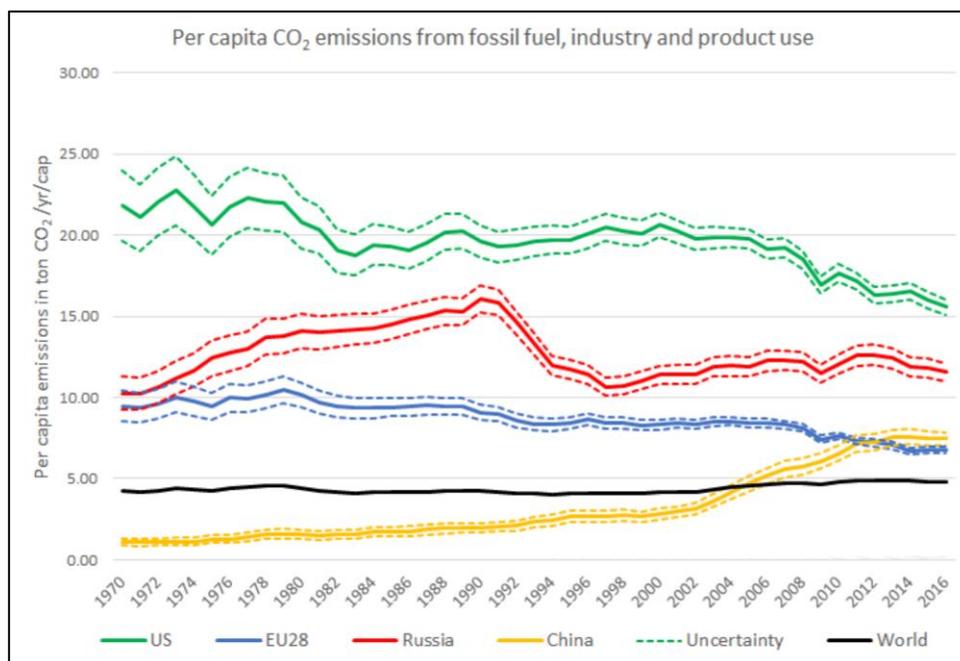


Figura 2-7: Emisiones de GEI per cápita por año de distintos países y promedio mundial entre 1970 y 2016.
Fuente: Fossil CO₂ & GHG emissions of all world countries (2017).

2.4 SISTEMA DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL DE CHILE

2.4.1 Qué es y jerarquía jurídica a la que está sujeto el SEIA

El Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) es un instrumento de gestión ambiental de carácter preventivo administrado por el Servicio de Evaluación Ambiental (SEA). Es decir, permite a la autoridad determinar, antes de la ejecución de un proyecto, si este cumple con la legislación ambiental vigente y si se hace cargo de los potenciales impactos ambientales significativos. (SEA, s.f.)

La Ley N°19.300 de Bases Generales del Medio Ambiente (LBGMA) dispone que los proyectos o actividades en ella señalados sólo podrán ejecutarse o modificarse previa evaluación de su impacto ambiental. Y que los contenidos de carácter ambiental de todos los permisos o pronunciamientos que, de acuerdo con la legislación vigente, deban o puedan emitir los organismos del Estado, serán analizados y resueltos a través del SEIA.

De acuerdo con las mismas publicaciones del Servicio de Evaluación Ambiental, el SEIA es un instrumento de gestión ambiental de tercer orden, pues requiere para su funcionamiento de los demás instrumentos de gestión ambiental superiores a él (Figura 2-8). Las políticas públicas constituirían el instrumento de primer orden y en el segundo se encuentran otras normas ambientales. Algunas de estas normas son: normas de emisión, normas de calidad, planes de prevención y descontaminación, planes reguladores comunales e intercomunales. Esto quiere decir que, si bien el SEA actúa como organismo autónomo en la administración del SEIA, según su propio planteamiento no puede modificar la exigencia de estándares de calidad y cuidado ambiental de los proyectos y actividades que se presentan al proceso.

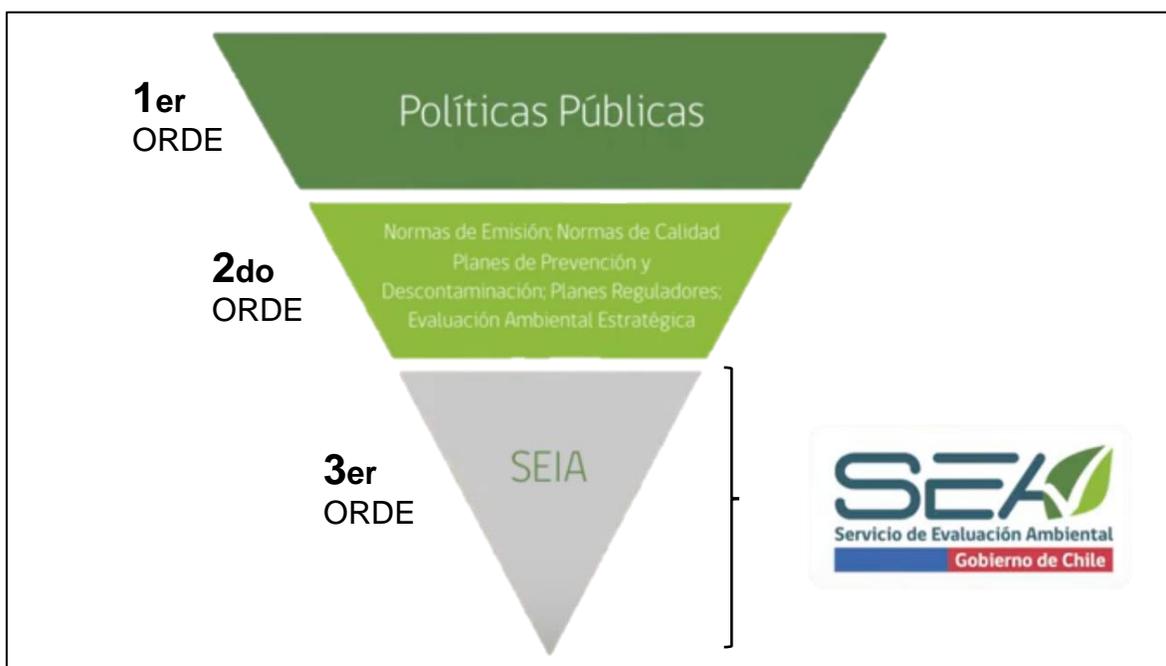


Figura 2-8: Jerarquía Jurídica de los instrumentos de gestión ambiental de Chile, según el SEA.
Fuente: Video Institucional del Servicio de Evaluación Ambiental (Junio 2019).

2.4.2 Procesos del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental

El Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental se ejecuta a través de una serie de etapas, que se describen a continuación de forma general y se destacan las más relevantes:

- **Titular del proyecto o actividad presenta Declaración de Impacto Ambiental o Estudio de Impacto Ambiental.** Después de lo cual tiene plazo durante todo el proceso para emitir una Solicitud de Desistimiento. Para el caso del Estudio de Impacto Ambiental, no se puede emitir tal solicitud previa al proceso de participación ciudadana.
- SEA realiza *test* de admisión para determinar si es competente para gestionar la evaluación del estudio o declaración y si el proyecto es admisible a la evaluación.
- En caso de no ser competente, el Director Ejecutivo emite una Resolución de Incompetencia. Y en caso de no ser admisible, el SEA emite una Resolución de Inadmisibilidad. Ante ambas situaciones, se finaliza el proceso.
- Si el proceso sigue, se solicita evaluación a todas las autoridades competentes a las actividades del proyecto.
- Si las autoridades determinan que el estudio o declaración carece de información relevante y esencial, el SEA emite Resolución de término anticipado y finaliza el proceso. Si no, se continua el proceso.
- Se determina si el estudio o declaración tiene errores, omisiones o inexactitudes. Si los tiene, se determina si el titular requiere o no más tiempo para corregirlos en un proceso iterativo.
- Titular entrega Adenda (lo que debía ser modificado), la cual vuelve a ser evaluada por las autoridades competentes. Si tiene nuevamente errores, omisiones o inexactitudes, se repite el paso anterior.
- **Evaluación final la cual culmina en la Resolución de Calificación Ambiental.** La cual puede ser o no favorable para el titular del proyecto.

Para el caso de los Estudios de Impacto Ambiental hay un paso adicional, posterior a la admisión a tramitación, que es la publicación en el Diario Oficial para luego realizar el proceso de **Participación Ciudadana. Cuyos resultados se integran en el proceso final de evaluación.**

2.4.3 ¿Estudio o Declaración de Impacto Ambiental?

El titular del proyecto o actividad que se somete al SEIA lo hace presentando una Declaración de Impacto Ambiental (DIA), salvo que dicho proyecto genere o presente alguno de los siguientes efectos, características o circunstancias contemplados en el artículo 11 de la Ley, caso en el cual deberá presentar un Estudio de Impacto Ambiental (EIA):

- Riesgo para la salud de la población, debido a la cantidad y calidad de efluentes, emisiones y residuos.
- Efectos adversos significativos sobre la cantidad y calidad de los recursos naturales renovables, incluido el suelo, agua y aire.
- Reasentamiento de comunidades humanas, o alteración significativa de los sistemas de vida y costumbres de los grupos humanos.
- Localización en o próxima a poblaciones, recursos y áreas protegidas, sitios prioritarios para la conservación, humedales protegidos, glaciares, susceptibles de ser afectados, así como el valor ambiental del territorio en que se pretende emplazar.
- Alteración significativa, en términos de magnitud o duración, del valor paisajístico o turístico de una zona.
- Alteración de monumentos, sitios con valor antropológico, arqueológico, histórico y, en general, los pertenecientes al patrimonio cultural.

En el Título II del Reglamento del SEIA se establecen un conjunto de variables y criterios que especifican el alcance de los efectos, características o circunstancias antes indicados.

2.4.4 Contenidos del EIA y DIA

Un Estudio de Impacto Ambiental debe contener:

- a) Una descripción del proyecto o actividad;
- b) La descripción de la línea de base, que deberá considerar todos los proyectos que cuenten con resolución de calificación ambiental, aun cuando no se encuentren operando.
- c) Una descripción pormenorizada de aquellos efectos, características o circunstancias del artículo 11 que dan origen a la necesidad de efectuar un Estudio de Impacto Ambiental.
- d) Una predicción y evaluación del impacto ambiental del proyecto o actividad, incluidas las eventuales situaciones de riesgo. Cuando el proyecto deba presentar un Estudio de Impacto Ambiental por generar alguno de los efectos, características o circunstancias

señaladas en la letra a) del artículo 11, y no existiera Norma Primaria de Calidad o de Emisión en Chile o en los Estados de referencia que señale el Reglamento, el proponente deberá considerar un capítulo específico relativo a los potenciales riesgos que el proyecto podría generar en la salud de las personas.

e) Las medidas que se adoptarán para eliminar o minimizar los efectos adversos del proyecto o actividad y las acciones de reparación que se realizarán, cuando ello sea procedente;

f) Un plan de seguimiento de las variables ambientales relevantes que dan origen al Estudio de Impacto Ambiental, y

g) Un plan de cumplimiento de la legislación ambiental aplicable.

Por su parte, una Declaración de Impacto Ambiental debe presentarse bajo la forma de una declaración jurada, en la cual se expresa que cumple con la legislación ambiental vigente, acompañando todos los antecedentes que permitan a la autoridad evaluar si su impacto ambiental se ajusta a las normas ambientales vigentes. Las Declaraciones de Impacto Ambiental deberán contener:

a) Una descripción del proyecto o actividad;

b) Los antecedentes necesarios que justifiquen la inexistencia de aquellos efectos, características o circunstancias del artículo 11 que pueden dar origen a la necesidad de efectuar un Estudio de Impacto Ambiental;

c) La indicación normativa ambiental aplicable, y la forma en la que se cumplirá, y

d) La indicación de los permisos ambientales sectoriales aplicables, y los antecedentes asociados a los requisitos y exigencias para el respectivo pronunciamiento.

Tanto el Estudio de Impacto Ambiental como la Declaración de Impacto Ambiental deberán acompañarse de la documentación y los antecedentes necesarios para acreditar el cumplimiento de la normativa de carácter ambiental y de los requisitos y contenidos de los permisos ambientales sectoriales contemplados en los artículos del Título VII del Reglamento.

2.4.5 SEIA y Cambio climático

Actualmente el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental no toma en cuenta el cambio climático en su funcionamiento. Esto porque la normativa ambiental aplicable y la legislación ambiental chilena no mencionan explícitamente el cambio climático como un factor a considerar.

Por otro lado, el SEIA tiene un importante potencial como herramienta para la estimación de emisiones de gases de efecto invernadero futuras en Chile por la gran cantidad y variedad de proyectos y actividades que abarca en su aplicación. Una gran parte de los proyectos ya presentan una estimación de emisiones atmosféricas en sus Estudios o Declaraciones de Impacto Ambiental. Sin embargo, no se incluyen gases de efecto invernadero en estas, sino que se concentran en gases cuya emisión está normada como medida de salud para los habitantes de zonas aledañas a los proyectos y los mismos trabajadores.

Sin embargo, según el planteamiento del SEA sobre la jerarquía jurídica del SEIA, este es un instrumento de gestión ambiental de tercer orden, no se pueden implementar grandes reformas en el sistema (como la consideración del cambio climático o la exigencia de estimación de emisiones de gases de efecto invernadero) si estas no provienen primero de políticas públicas y normas explícitas al respecto.

No obstante, existen profesionales y publicaciones del sector jurídico que plantean suficiente la normativa actual para la consideración del cambio climático en el SEIA, con ciertas limitaciones que siguen haciendo necesario mayores reformas para potenciar medidas con respecto al cambio climático. Se plantea que basta con un enfoque que considere el conocimiento y desarrollo científico actuales, para volver no solo posible sino imperiosa la consideración del cambio climático para hacer efectivo el derecho constitucional a vivir en un medio ambiente libre de contaminación (Luengo Troncoso & Prieto Pradenas, 2019). Con lo que la mitigación del cambio climático ya sería un principio integrante de nuestro ordenamiento jurídico.

La forma en que se plantea que el cambio climático se podría integrar en el SEIA sería la consideración de este en la determinación de la línea de base. Es decir, que la línea base del área del proyecto sea entendida y estudiada como un sistema que cambia en el tiempo y en especial, sujeto a la modificación del clima por efecto del cambio climático, provocando finalmente que los impactos previstos para el área puedan ser distintos a los estimados para la condición actual, considerada estática en la línea de base por la forma en que se aborda actualmente. Lo cual además genera la oportunidad de que los titulares consideren en la ejecución de sus proyectos los efectos que podría tener el cambio climático sobre estos mismos y tomen medidas de adaptación para sus actividades.

La consideración del cambio climático en la línea base de un proyecto si ha sido considerada en una ocasión dentro del SEIA, a través de la Sentencia del Segundo Tribunal Ambiental el 8 de marzo de 2019, para la reclamación R-141-2017, en el que se establece que el proyecto involucrado debe considerar los escenarios de cambio climático para su estimación del efecto que tendrá el bombeo de agua desde el acuífero¹.

Sin embargo, en la Sentencia del Tercer Tribunal Ambiental el 20 de agosto de 2019, sobre la reclamación R-77-2018, dice: “actualmente no existe obligación legal ni reglamentaria de evaluar los impactos sobre el cambio climático en el procedimiento de evaluación de impacto ambiental”². Con lo cual el tema sigue siendo una fuente de controversia dentro del ámbito jurídico.

Con respecto a la idea de que los titulares estimen las emisiones de gases de efecto invernadero de sus proyectos, actualmente no se exige ni sería factible de exigir (con la normativa vigente) mediante el SEIA. Esto porque las emisiones de gases de efecto invernadero afectan de forma indirecta el área o alrededores de los proyectos, por ser parte de un fenómeno global en el que todas las actividades emisoras aportan, lo cual aún no es considerado dentro de la evaluación de impactos ambientales chilena.

Pese a lo anterior, la estimación de emisión de gases de efecto invernadero se puede facilitar y recomendar como primer paso para aquellos titulares de deseen adelantarse a los futuros cambios de políticas públicas y normas o abordar por su cuenta el desafío que plantea el cambio climático.

¹ Sentencia del Segundo Tribunal Ambiental, R-141-2017, considerando octogésimo primero.

² Sentencia del Tercer Tribunal Ambiental, R-77-2018, considerando octogésimo cuarto.

3 RECOPIACIÓN Y CRITERIOS

Para este trabajo se toman en consideración los proyectos en estado de calificación dentro del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, por ser los proyectos que siguen abiertos a modificaciones para una eventual disminución de sus emisiones de gases de efecto invernadero.

El día 6 de mayo de 2019 se encuentran 430 proyectos en estado de calificación en el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental. Se descarga de la página web del Servicio de Evaluación Ambiental un EXCEL resumen de los 430 proyectos, que incluye:

- Nombre de los proyectos
- Sitio web del ingreso del proyecto en la plataforma del SEIA
- Tipo (declaración o estudio de impacto ambiental)
- Ubicación (región, comuna, provincias, latitud y longitud representativas)
- Tipología
- Titular
- Inversión
- Sector productivo
- Fecha de presentación
- Estado del ingreso

Del documento se toma una muestra de 106 proyectos cuyas declaraciones o estudios de impacto ambiental incluyen alguna estimación de gases a emitir durante la ejecución del proyecto.

Para cada sector productivo se toma una muestra cuyo tamaño depende de la cantidad de proyectos en el sector. Cada sector con menos de 20 proyectos se revisa en su totalidad. Mientras, para los sectores con 20 a 50 proyectos se toma una muestra de 7 proyectos, desde 50 a 75 se recopilan 10 proyectos, desde 75 a 100 se consideran 12 y para más de 100 se toman 15 proyectos.

Para la elección de la muestra de proyectos en aquellos sectores con más de 20 datos, se dividen los proyectos en intervalos según el monto de inversión correspondiente, dejando en cada intervalo una cantidad parecida de proyectos y la cantidad de intervalos igual a la cantidad de proyectos a considerar para la muestra. De cada intervalo se selecciona al azar un proyecto, se revisa si el proyecto tiene una estimación de emisiones en su declaración o estudio y si no los tiene, se revisa otro proyecto del intervalo hasta encontrar uno con estimación de emisiones atmosféricas.

Para el caso de proyectos cuya inversión supera en más de un orden el siguiente proyecto con mayor inversión del sector, estos se consideran aparte del proceso de selección de la muestra y se recopila su información siempre que presenten una estimación de emisiones atmosféricas.

Las estimaciones de emisiones atmosféricas de los proyectos, con distintos niveles de detalle, incluyen usualmente en su presentación:

- Metodología de cálculo. Siendo la fuente más citada la “Guía para la Estimación de Emisiones Atmosféricas de Proyectos Inmobiliarios para la Región Metropolitana”, documento emitido por el Ministerio del Medio Ambiente el 2012.
- Emisiones de Material Particulado. Las cuales no son consideradas en el estudio por no tener incidencia en los gases de efecto invernadero.
- Emisiones de gases por actividad. Siendo las principales actividades el uso de maquinarias propias de cada rubro y de la construcción, el uso de vehículos y generadores eléctricos. Los gases considerados en las estimaciones de emisiones atmosféricas se presentan en la Tabla 3-1.

Tabla 3-1: Gases estimados en declaraciones y estudios de impacto ambiental, según frecuencia percibida en la muestra de proyectos revisada.

Gas	Frecuencia aproximada con que se declara*
CO	90%
NO _x o NO ₂ en su defecto	90%
HC	70%
SO _x ó SO ₂	60%
Gases de efecto invernadero (CO ₂ , N ₂ O, CH ₄)	3%

* Alrededor de 10% de los proyectos revisados sólo presentaron emisiones de material particulado.

- Cada una de las actividades se enmarca en la fase correspondiente del proyecto, que puede ser de Construcción, Operación y/o Cierre/Abandono de la obra.

3.1 CÁLCULO DEL TOTAL DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS

Esta sección se refiere a las consideraciones hechas para pasar de las emisiones atmosféricas declaradas en los proyectos al total de emisiones en toda la vida útil de cada proyecto. En otras palabras, como se transforma desde las distintas unidades de emisión presentadas para obtener las toneladas totales a emitir por un proyecto.

Las emisiones declaradas poseen unidades de tasa de emisión, es decir, masa por tiempo. Siendo la más común toneladas por año. No obstante, en algunos proyectos se estiman emisiones en kilogramos por día o toneladas totales de cada fase.

Si bien la mayoría de las emisiones se declaran en toneladas de gas por año, gran parte de los informes revisados omiten cómo se relaciona esta tasa con la duración de la etapa o actividad. Es decir, falta información para determinar si el total de emisiones debiera obtenerse del producto de la tasa de emisión con la duración de la fase a la que pertenece la actividad (caso de la operación), o si; para las fases de menor duración (construcción y cierre/abandono); las emisiones consideran todo lo que se emitirá en el período dentro de un año, con lo cual las tasas de ton/año se multiplicarían por 1 año sin importar que la duración de la fase sea menor a 1 año.

Para resolver esto se toma en consideración lo encontrado en los informes que incluyen una memoria de cálculo más detallada. Se verifica que, para las fases de duración alrededor de o menor a 1 año, las tasas son representativas del total que se emitirá en toda la fase y no guardan relación con el cronograma del proyecto.

Por otro lado, las estimaciones de la fase de operación presentadas por los titulares (cuyas duraciones son unidades de año o indefinidas) corresponden a: las más representativas del período de operación, la estimación del primer año de operación o del año que se estima que habrá mayor emisión de gases. Por lo que las tasas presentadas son las más representativas de las emisiones anuales o el peor caso de estas.

En base a lo visto en los informes con memoria de cálculo detallada, se decide considerar para la estimación de emisiones de gases de efecto invernadero de todos los informes:

- 1) Que las etapas de construcción y cierre/abandono de duración cercana o menor a un año se aproxima a 1 año. Y en los casos que supere el año con creces, se aproxima a la unidad más cercana en años.
- 2) Para las fases de operación de duración indefinida, se ingresa en la base de datos una duración de 50 años, para permitir el cálculo de emisiones totales.

3.2 ESTIMACIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO

De la literatura se extrae que una estimación precisa de la emisión de GEI requiere gran cantidad de información sobre la actividad emisora. Se encuentran distintas tasas de emisión de gases según distintos motores y normas, composición de los combustibles, nivel de uso y estado de mantención de la máquina. Tal información no está disponible en las DIA y EIA por lo que se descarta esta opción como forma de cálculo.

Por lo anterior, se recurre a una estimación indirecta de los gases de efecto invernadero a partir de los gases que sí son declarados frente al SEIA.

Se utiliza información del “Tercer Informe Bienal de Actualización de Chile sobre Cambio Climático 2018”, que presenta las emisiones de GEI chilenas de distintos años, según distintos rubros y categorías. En específico, se toman los datos del Anexo 3 del informe, por presentar las emisiones de distintos gases (CO₂, CH₄, N₂O, NO_x, CO, COVDM y SO₂), a diferencia del Anexo 4 donde sólo se presentan emisiones de CO₂eq).

A partir de las emisiones de CO₂ y otros gases presentados en el ítem Energía del Anexo 3 (Tabla 3-2), se determina una relación lineal para aproximar CO₂ y N₂O a partir NO_x, gas que presenta la mejor correlación con los gases de efecto invernadero CO₂ y N₂O (Gráfico 3-1 y Gráfico 3-2). Para el gas metano (Gráfico 3-3), no se encuentra un factor lineal entre los gases presentados y este, por lo que se excluye del estudio.

Tabla 3-2: Emisiones chilenas de distintos gases en la categoría Energía.

Año	Emisiones de CO ₂ (kt)	CH ₄ (kt)	N ₂ O (kt)	NO _x (kt)	CO (kt)
1990	30405,6	118,1	1,1	123	608,5
1994	34632,1	97,5	1,3	97,8	482,1
2000	49367	102,3	2	156,4	789,3
2010	65978,1	76,5	2,5	195,3	654,1
2013	77018,3	77,2	3,5	253,9	786,4
2016	84121	75,5	3,8	288	811

Fuente: Tablas del Anexo 3 del Tercer Informe Bienal de Actualización de Chile sobre Cambio Climático 2018 (Ministerio del Medio Ambiente, 2018).

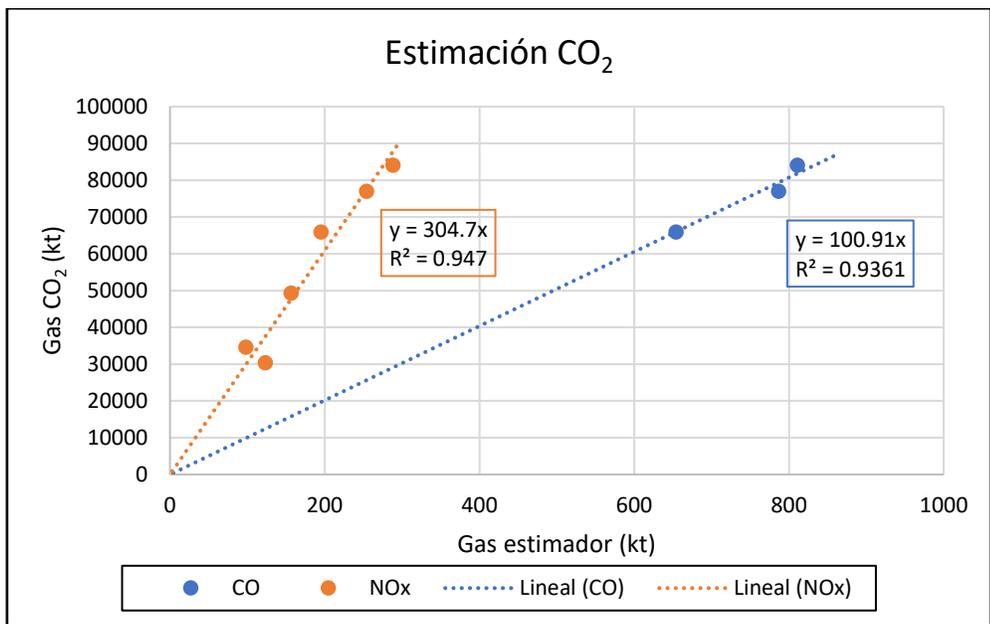


Gráfico 3-1: Relaciones entre CO₂ y gases CO, NO_x.

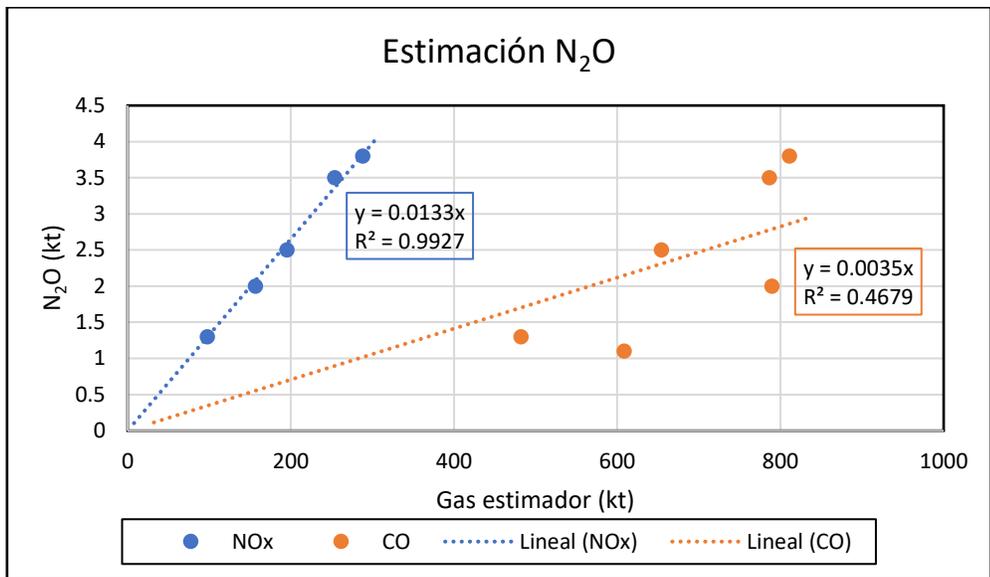


Gráfico 3-2: Relaciones entre N₂O y gases NO_x, CO.

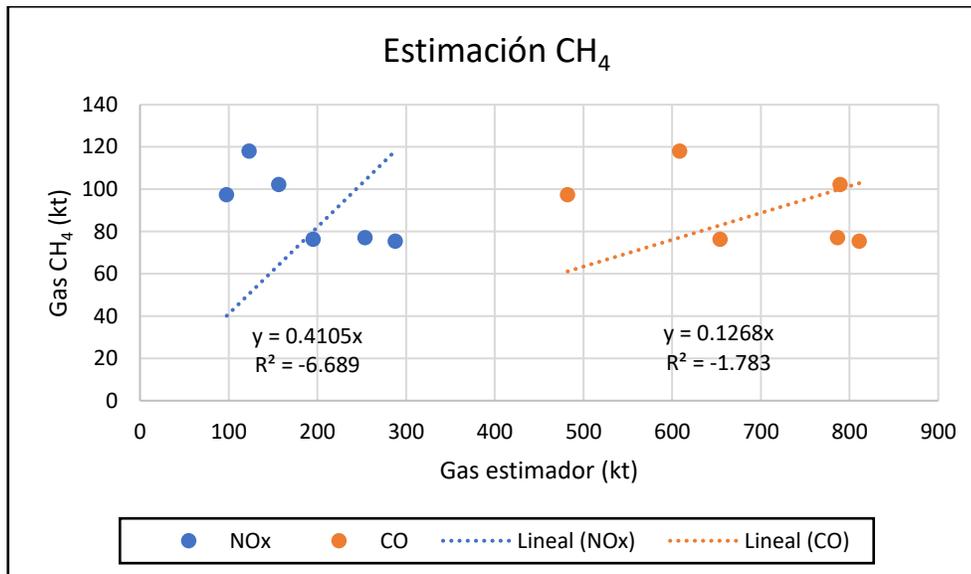


Gráfico 3-3: Gas metano versus monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno.

Las emisiones del ítem Energía se consideran como las más representativas de la relación entre distintos gases emitidos en los proyectos por incluir el mismo tipo de actividades, es decir, uso de combustibles fósiles en generación eléctrica e industrias manufactureras y de la construcción.

Los factores se consideran de la siguiente forma:

$$CO_2 = NO_x * 304,7 \pm 7.073$$

$$N_2O = NO_x * 0,0133 \pm 0,123$$

3.3 EL PROCESO DE RECOPIACIÓN

El proceso de recopilación empieza con la creación de una base de datos gestionada con DJANGO, en la cual inicialmente se guarda la información obtenida del Excel resumen de proyectos en estado de calificación en el sitio web del SEA, para luego agregar de forma rápida las estimaciones de emisiones atmosféricas de los proyectos.

Paralelo a la selección de la muestra (ya explicada), se toman los datos de emisiones de los proyectos. A continuación, se muestran los pasos utilizados para recopilar la información, el cual se fue desarrollando y mejorando durante la misma recopilación:

- Se accede al sitio web del ingreso del proyecto. En esta página, desde arriba hacia abajo, se encuentra primero un título que dice “Ficha del Proyecto:” y el nombre del proyecto seguido. Justo abajo, se tienen horizontalmente 2 pestañas o botones, siendo la primera “Antecedentes Generales” la que estará seleccionada y “Evaluación Ambiental” la otra.
- Se selecciona la pestaña “Evaluación Ambiental”, con esto cargarán dentro de una tabla los documentos respectivos del proceso hasta el momento (puede tardar varios segundos en aparecer). En la tabla, el primer ítem será el link del documento

de la Declaración de impacto ambiental (DIA) o del Estudio de impacto ambiental (EIA), según corresponda. Estos tendrán el ícono  a un lado.

- Se selecciona el link del EIA o DIA, se agregará una nueva pestaña al navegador donde se puede acceder a la información presentada por el proyecto.
- Se busca entre los links disponibles en la página para encontrar un anexo de emisiones atmosféricas (usualmente cerca del final). En caso de que los anexos no presenten sus títulos correspondientes, se hace necesario revisar cada link para verificar si alguno es el documento buscado.
- Si no se encuentra entre los anexos, se revisa si hay documento bajo el título “Ficha resumen para cada fase del proyecto o actividad”, en caso de existir se revisa este documento. El cual, si es que se realizó alguna estimación de emisiones atmosféricas, presentará en cada fase un resumen de las emisiones o dará un indicio de en qué sección se pueden encontrar estas. Si el documento no presenta la estimación de emisiones en tal ficha, usualmente justifica la no estimación. En este caso se descarta el proyecto como parte de la muestra y se sigue con otro.
- En caso de encontrar un documento de estimación de emisiones atmosféricas, primero se ingresan en la base de datos las fases y sus respectivas duraciones para asociar con las actividades, el cronograma se puede encontrar en la misma página del DIA o EIA del proyecto.
- Para registrar las emisiones atmosféricas del proyecto, en el informe de emisiones se busca en el índice (si es que posee) la página del resumen de emisiones, sino se recorre todo el documento hasta encontrarlo. Si el resumen presenta un desglose por tipo de fuentes de emisión, se procede a anotar manualmente en la base de datos los factores de emisión de CO y NO_x en unidades de toneladas por año (se transforman en caso de no presentar estas unidades y si se presentan toneladas por fase, se modifica la duración de la fase para que lo considere como 1 año). Si el resumen no se presenta, se revisa el detalle de actividades para recopilar las tasas de emisión.

Durante los primeros meses de recopilación se obtienen en cada proyecto, todas las actividades emisoras. Sin embargo, por limitación de tiempo se procede a considerar sólo el resumen de las emisiones. Esto porque tomando todas las actividades emisoras de cada proyecto y sin la posibilidad de copiar directamente los datos (las tablas de pdf se desconfiguran al pegarlas en otro programa) el proceso tarda entre 1/2 a 2 días por cada proyecto según la cantidad de actividades y la forma en que se distribuye la información en cada informe. Mientras que, al considerar sólo los resúmenes para reducir la exigencia de tiempo, la recopilación pasa a ser de alrededor de 6 proyectos por día, a costa de reducir el detalle de la información (específicamente el tipo de actividad, que se registra como “Otros” cuando se consideran resúmenes).

Para la comparación con las emisiones presentadas en la RCA de los mismos proyectos, se revisa la primera mitad más emisora de la muestra ya estimada. El procedimiento para la recopilación es:

- Se usa el buscador del sitio web del SEIA el nombre del proyecto.
- Al encontrar cada proyecto, se muestra el estado del ingreso. En caso de ser Aprobado, el link del proyecto dirige a la página “Antecedentes Generales”, bajo el cual se encontraría el acceso a la RCA del proyecto, en caso de tenerla.
- Dentro del documento de la RCA, se mencionan las emisiones atmosféricas finales del proyecto. Las cuales se presentan en la forma de tablas en la respectiva sección de cada fase del proyecto o se hace referencia a otro documento donde estas se encuentran (que puede ser una Adenda, o la DIA o EIA original). En algunos casos, el documento sólo se limita a mencionar las fuentes de emisiones atmosféricas o que su efecto no sería significativo. Para el último caso, se registran las emisiones como iguales a las registradas anteriormente.

4 RESULTADOS

4.1 DESCRIPCIÓN DE LA BASE DE DATOS

Se recopilan las estimaciones de emisiones atmosféricas de una muestra de 106 proyectos en estado de calificación el 6 de mayo de 2019, de un total de 430 en esa fecha. De la muestra de 106 proyectos, 18 corresponden a Estudios de Impacto Ambiental mientras que 88 son Declaraciones de Impacto Ambiental. La distribución de los proyectos según los 13 sectores productivos predefinidos en el SEIA se muestra en la Tabla 4-1 a continuación.

Tabla 4-1: Distribución proyectos según sector productivo.

Sector Productivo	Muestra de proyectos	Total proyectos
Agropecuario	7	11
Energía	15	121
Equipamiento	2	2
Forestal	6	6
Infraestructura de Transporte	6	9
Infraestructura Hidráulica	16	19
Infraestructura Portuaria	5	5
Inmobiliarios	12	83
Instalaciones fabriles varias	6	7
Minería	10	60
Otros	6	29
Pesca y Acuicultura	6	36
Saneamiento Ambiental	9	42
Total general	106	430

La distribución espacial del total de proyectos en estado de calificación el 6 de mayo del 2019 en Chile se muestra en la Figura 4-1.

En la figura, para mejorar la visibilidad de las distintas densidades de proyectos a lo largo del país, se divide Chile en 6 áreas numeradas del 1 al 6, cada número en la esquina superior izquierda de cada mapa dentro de la figura. De esta forma, la zona más al norte del país se encuentra en el mapa 1 y avanza hacia el sur por el mapa de Chile en el orden de los números consecutivos, siendo el número 6 el extremo sur de Chile continental. No se encuentran proyectos en Chile Insular ni en el Territorio Chileno Atlántico.

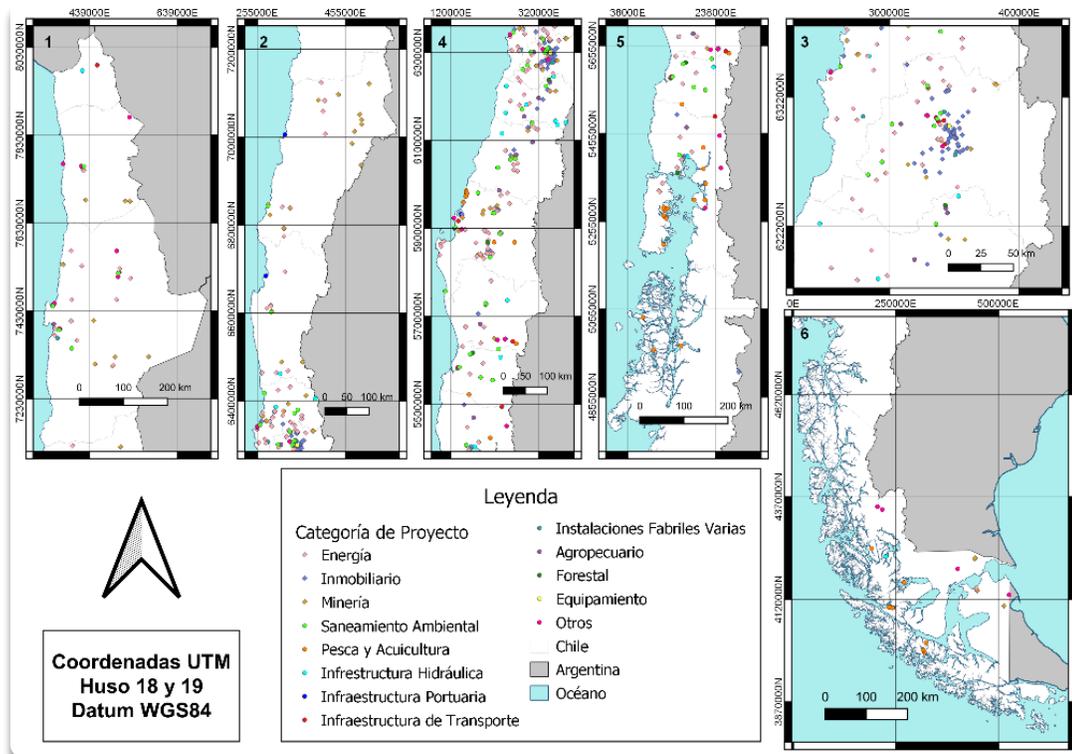


Figura 4-1: Distribución espacial de los proyectos según Sector Productivo.
Fuente: Elaboración propia en base a coordenadas representativas presentadas en el SEIA para cada proyecto.

Para la recopilación de estimaciones de emisiones atmosféricas de los proyectos, se crea una base de datos gestionada con DJANGO y que luego se transfirió a EXCEL para la presentación de datos.

Cada proyecto se compone por una o múltiples etapas de las siguientes: Construcción, Operación y Cierre/Abandono de las obras. En la recopilación de emisiones se guardan las fases para las que el titular presenta estimación de emisiones atmosféricas. La cantidad de etapas recopiladas e información sobre su duración se presenta en la Tabla 4-2 y Gráfico 4-1. La etapa para la que más se presenta estimación de emisiones es la Construcción.

Tabla 4-2: Cantidad y duración etapas de Construcción y Abandono.

Fase	Duración promedio (años)	N° Proyectos
Construcción	1,08	99
Operación	Véase Gráfico 4-1	84
Abandono	0,45	31

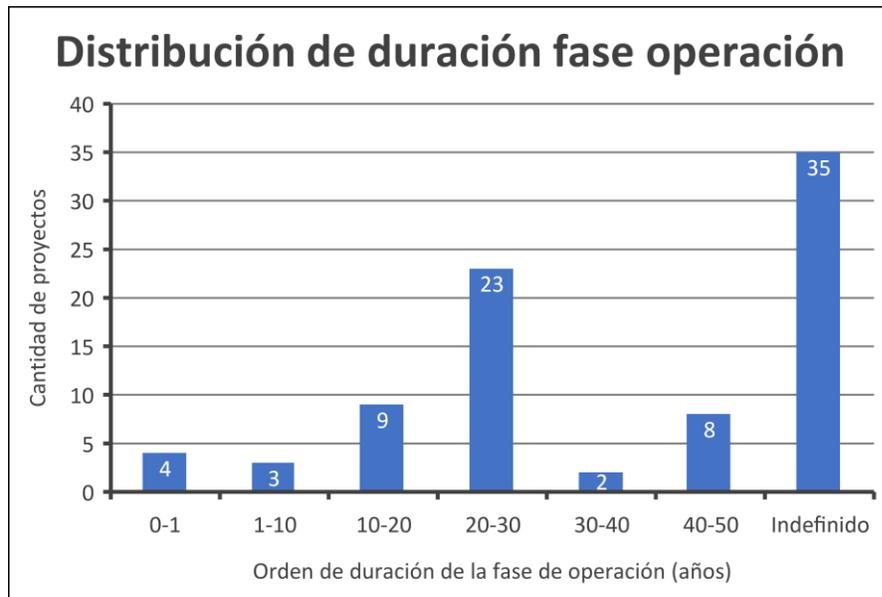


Gráfico 4-1: Cantidad de proyectos según orden de duración de la fase de operación.

Las actividades registradas se clasifican en 4 tipos de fuente de las emisiones. Posteriormente, se agrega un nuevo tipo de actividad para registrar aquellas emisiones que en sus respectivos informes no presentan un resumen con tipo de actividades.

Descripción de tipos de actividades:

- Generación eléctrica, se refiere a todos los grupos electrógenos y generadores de electricidad a base de combustibles fósiles.
- Maquinaria, abarca tanto la maquinaria de construcción (grúas, retroexcavadoras, etc) como de los distintos rubros (calderas, bombas, etc). También incluye camiones mixer y aljibes.
- Otros, se utiliza para casos en que el tipo de actividad no se registra en la recopilación o no se presenta el detalle de actividades en el informe de emisiones atmosféricas.
- Transporte Vehículos Livianos, se refiere a los vehículos de transporte de menor tamaño, como camionetas.
- Transporte Vehículos Pesados, son camiones y buses.

En la Tabla 4-3 a continuación se muestran los tipos de actividades registradas, su cantidad y el número de proyectos diferentes en los que se encuentran dichas actividades.

Tabla 4-3: Recuento de tipo de actividades.

Tipo de Actividad	Cantidad de actividades	N° proyectos diferentes
Generación Eléctrica	88	44
Maquinaria	250	63
Otros	132	51
Transporte Vehículos Livianos	84	25
Transporte Vehículos Pesados	310	61
Total general	864	106

Las inversiones en los distintos proyectos abarcan desde 0 hasta 4.000 miles de millones de dólares. La distribución general de inversiones, para la muestra y el total de proyectos, se presenta en el Gráfico 4-2.

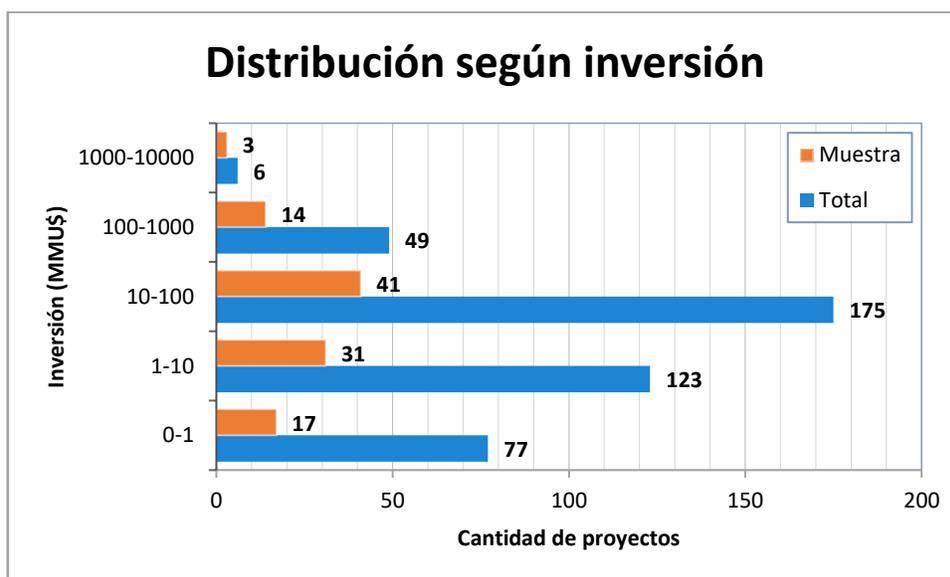


Gráfico 4-2: Cantidad de proyectos según orden de inversión.

4.2 RESULTADO DE EMISIONES

Las emisiones presentadas de aquí en adelante corresponden a una estimación indirecta de las emisiones de CO₂ y N₂O, obtenidas de las tasas de emisión de NO_x presentadas por los proyectos en el SEIA, y convertidas a unidades de CO₂ equivalente. La metodología y justificación de la estimación se presentan en el capítulo 3 RECOPIACIÓN Y CRITERIOS.

La distribución de emisiones de acuerdo con el tipo de ingreso al SEIA (Estudio o Declaración de impacto Ambiental) se muestra en la Tabla 4-4 a. Se observa que a pesar de que la mayoría de los proyectos recopilados en la muestra son Declaraciones de Impacto Ambiental, los EIA presentan casi la mitad de las emisiones de GEI estimadas.

Tabla 4-4: Estimación de emisiones según tipo de ingreso al SEIA.

Tipo de ingreso al SEIA	N° proyectos de la muestra	Porcentaje de la muestra de proyectos	Total de Emisiones (kt CO ₂ eq)	Porcentaje del total de emisiones
DIA	88	83%	30.124	54%
EIA	18	17%	25.288	46%
Total	106	100%	55.412	100%

En la Tabla 4-5 a continuación se presentan las estimaciones, aproximadas a la unidad, de emisiones de la muestra de proyectos, resumidos según sector productivo. El total estimado para la muestra alcanza a ser el 49,6% del total de emisiones de gases de efecto invernadero de Chile el 2016 (111.677,5 kt CO₂eq).

El sector Minería, una de las principales actividades de la economía chilena, presenta el mayor porcentaje de emisiones con respecto al total estimado. Alcanza el 15,7% de las emisiones totales de Chile el 2016.

Tabla 4-5: Suma de estimación de emisiones de gases de efecto invernadero totales de la muestra de proyectos según sector productivo.

Sector Productivo	N° Proyectos recopilados	Total de proyectos	Emisiones totales (kt CO ₂ eq)	Porcentaje del total general
Agropecuario	7	11	3.863	6,97%
Energía	15	121	184	0,33%
Equipamiento	2	2	6	0,01%
Forestal	6	6	1.750	3,16%
Infraestructura de Transporte	6	9	595	1,07%
Infraestructura Hidráulica	16	19	718	1,30%
Infraestructura Portuaria	5	5	8.241	14,87%
Inmobiliarios	12	83	288	0,52%
Instalaciones fabriles varias	6	7	1.091	1,97%
Minería	10	60	17.515	31,61%

Sector Productivo	N° Proyectos recopilados	Total de proyectos	Emisiones totales (kt CO ₂ eq)	Porcentaje del total general
Otros	6	29	15.545	28,05%
Pesca y Acuicultura	6	36	5.491	9,91%
Saneamiento Ambiental	9	42	127	0,23%
Total general	106	430	55.412	100%

La Tabla 4-6 muestra las emisiones según fase. La etapa de Operación concentra más del 90% de las emisiones estimadas.

Tabla 4-6: Emisiones totales por fase.

Etapa del Proyecto	Emisión total (kt CO ₂ eq)	Porcentaje del total de la muestra
Construcción	3.215	5,8%
Operación	5.119	94,1%
Abandono	78	0,1%
Total general	55.412	100%

La Tabla 4-7 presenta las emisiones separadas por tipo de actividad. El tipo de actividad con mayores emisiones, después del ítem “Otros”, es el transporte de vehículos pesados.

Notar que el ítem “Otros” corresponde a emisiones registradas sin tipo de actividad por no existir el detalle o por considerarse sólo el resumen de emisiones declaradas para el proyecto.

Tabla 4-7: Emisiones por tipo de actividad.

Tipo de actividad	Emisión total (kt CO ₂ eq)	Porcentaje del total
Generación Eléctrica	2.484	4%
Maquinaria	9.350	17%
Otros	26.667	48%
Transporte Vehículos Livianos	581	1%
Transporte Vehículos Pesados	16.330	29%
Total general	55.412	100%

De las actividades del tipo Maquinaria registradas en detalle (es decir, no desde el resumen de la emisión de todas las maquinarias del proyecto), el promedio de emisiones es 76 tCO₂eq/año y la mediana 51 tCO₂eq/año.

Los montos de inversión en millones de dólares (MMU\$) según la emisión total estimada para cada proyecto se muestra en el Gráfico 4-3.

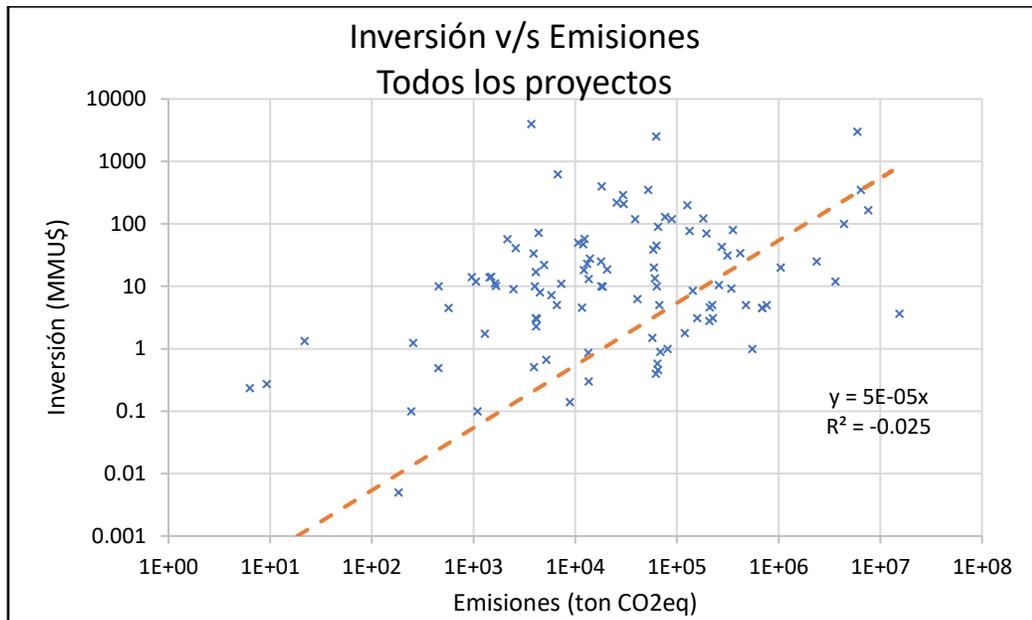


Gráfico 4-3: Inversión versus emisiones de los proyectos de la muestra.

Al graficar el logaritmo (base 10) de la inversión y emisión de los distintos proyectos se obtiene el Gráfico 4-4, donde la línea de tendencia presenta un mejor coeficiente de determinación (R^2) que en el gráfico anterior.

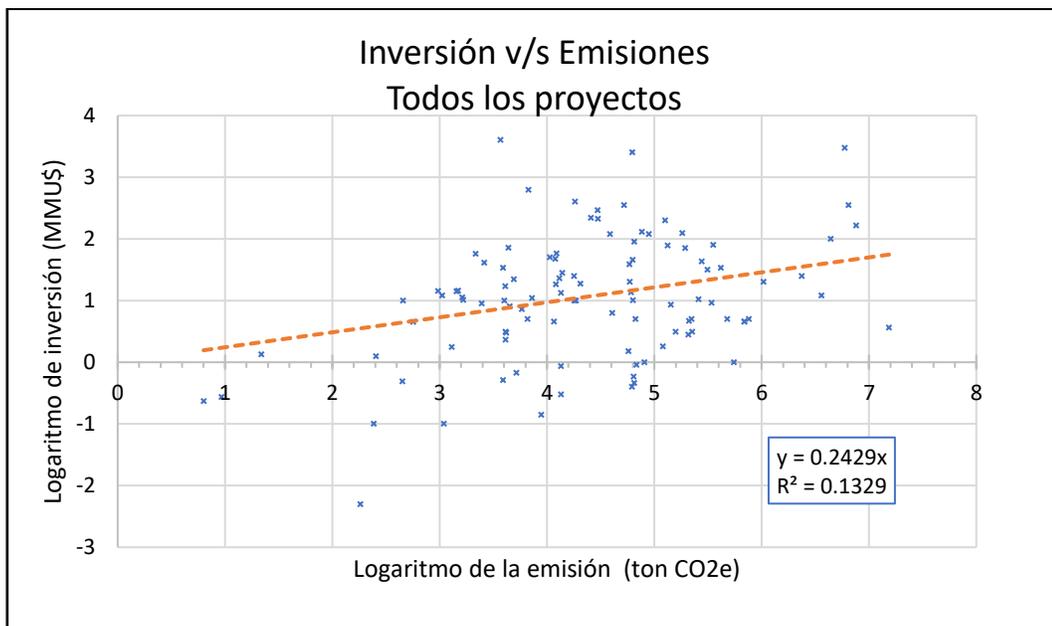


Gráfico 4-4: Logaritmos de la inversión versus emisiones de los proyectos.

Al dividir las emisiones por monto de inversión de cada proyecto de la muestra y ordenar este dato de menor a mayor, se obtiene la distribución de frecuencia acumulada de la “ineficiencia” de la inversión de los proyectos (Gráfico 4-5). Donde mientras menor sea este número (eje horizontal), mejor es la “eficiencia” del proyecto en términos de emisiones, pues significa que emiten relativamente pocos gases de efecto invernadero con respecto a su inversión.

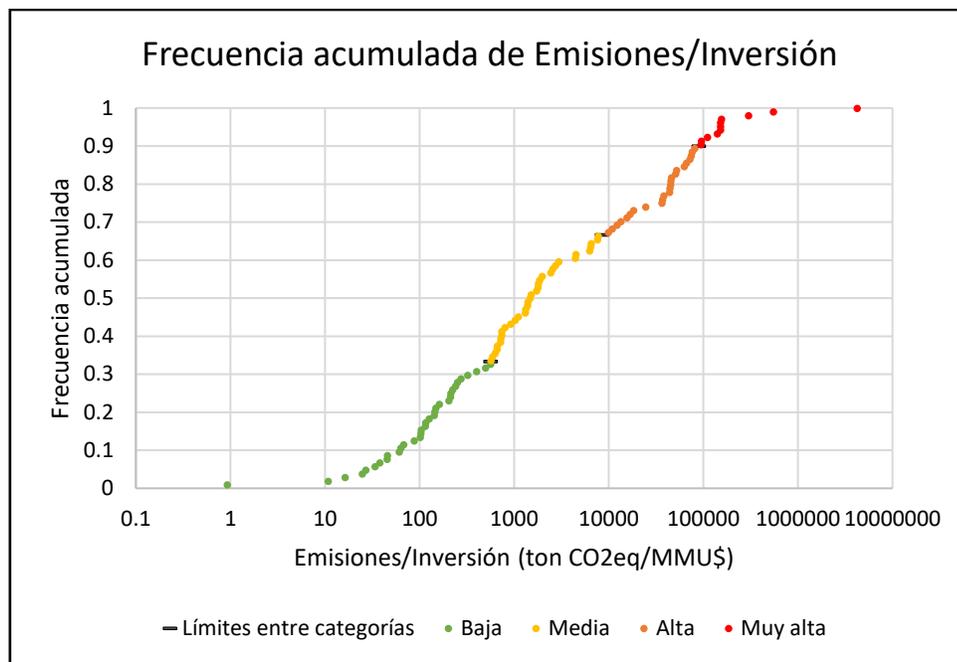


Gráfico 4-5: Distribución de frecuencia acumulada de las emisiones/inversión de cada proyecto de la muestra.

Para uso referencial en futuros trabajos, se determina la clasificación de los proyectos en 4 grupos a partir de su frecuencia acumulada:

- El primer grupo, “Baja ineficiencia”, se refiere a proyectos donde la emisión de gases de efecto invernadero es baja con respecto a la inversión, abarca el primer tercio de frecuencia acumulada, desde 0 a 565 toneladas de CO₂eq / millones de dólares aproximadamente y se muestra de color verde en el gráfico.
- El segundo grupo, “Media ineficiencia”, es el de emisión media con respecto al monto de inversión, corresponde al segundo tercio de frecuencia acumulada, desde 565 hasta 7.800 toneladas de CO₂eq / millones de dólares aproximadamente y se muestra de color amarillo.
- De forma análoga, los grupos “Alta ineficiencia” y “Muy alta ineficiencia” se refieren, respectivamente, a una emisión alta y muy alta de gases de efecto invernadero por monto de inversión, se muestran de color naranja y rojo, y entre ambos son el último tercio de frecuencia acumulada. Siendo “Muy Alta” el grupo superior que abarca el 10% mayor de los datos de la muestra, desde 90.000 hasta el máximo.

4.3 PROYECTOS EMBLEMÁTICOS

En esta sección se presentan los proyectos que presentan las mayores emisiones de la muestra.

Diecisiete proyectos emiten cada uno aproximadamente un 1% o más del total calculado para la muestra y entre los 17 son responsables del 93% de las emisiones de gases de efecto invernadero estimadas para la muestra de 106 proyectos (Tabla 4-8). Dentro de este grupo, 4 proyectos emiten cada uno más del 10% del total de emisiones estimadas de la muestra y entre ellos representan el 64% del total de la muestra.

Tabla 4-8: Mayores emisores de la muestra.

Proyecto	Emisiones totales (kt CO ₂ eq)	Porcentaje del total de la muestra	Porcentaje acumulado
Transporte de Acido Sulfurico en la Región de Antofagasta	15.398	28%	28%
Terminal GNL Penco-Lirquen	7.598	14%	42%
Producción de Sales Maricunga	6.434	12%	53%
Proyecto Los Bronces Integrado	5.931	11%	64%
Continuidad Operacional Compañía Minera Zaldívar	4.391	8%	72%
Modernización Piscicultura Cordillera	3.605	7%	78%
Planta de Elaboración de Pasta de Tomates y Pulpas de Frutas	2.362	4%	83%
Segundo Molino de Avena, Plantel Agroindustrial de Freire	1.042	2%	84%
Planta de Pellet de Madera. Eco Indef Ltda.	762	1%	86%
CENTRO DE ENGORDA DE SALMÓNIDOS ENSENADA COLO COLO, AL ESTE DE PUNTA RIQUELME, ISLA RIESCO, COMUNA DE RÍO VERDE, PROVINCIA DE MAGALLANES, REGIÓN DE MAGALLANES Y DE LA ANTÁRTICA CHILENA PERT N° 207121264	688	1%	87%
CENTRO DE ENGORDA DE SALMÓNIDOS ESTERO PÉREZ DE ARCE, AL NORESTE DE PUNTA RIVERA, ISLA RIESCO, COMUNA DE RÍO VERDE, PROVINCIA DE MAGALLANES, REGIÓN DE MAGALLANES Y DE LA ANTÁRTICA CHILENA PERT N°207121260	688	1.24%	88%
Planta de Astillado de Madera COMACO S.A. Calbuco	551	0.99%	89%
Modernización y mejoras tecnológicas en Planta de Proceso Quellón	477	0.86%	90%
PISCICULTURA DE RECIRCULACIÓN LOS ARRAYANES	417	0.75%	91%
Desarrollo Terminal Marítimo Puerto Andino	354	0.64%	91%
Extracción de Áridos en Sector Tranque de Relaves de Minera Escondida para periodo 2020-2030	342	0.62%	92%
Modificación Planta de Proceso de Recursos Hidrobiológicos Chinquío. Puerto Montt.	312	0.56%	93%
Total general	55.412	100%	-

La distribución de estos proyectos según tipo de ingreso al SEIA es la que se muestra en la Tabla 4-9 a continuación. Donde el proyecto asociado a la mayor estimación de emisiones de gases de efecto invernadero corresponde a una DIA, los siguientes 4 que le siguen son EIA y el resto corresponde a DIA.

Tabla 4-9: Proyectos más emisores según tipo de ingreso al SEIA.

Proyecto	Emisiones totales (kt CO₂eq)	Tipo de ingreso
Transporte de Acido Sulfurico en la Región de Antofagasta	15.398	DIA
Terminal GNL Penco-Lirquen	7.598	EIA
Producción de Sales Maricunga	6.434	EIA
Proyecto Los Bronces Integrado	5.931	EIA
Continuidad Operacional Compañía Minera Zaldivar	4.391	EIA
Modernización Piscicultura Cordillera	3.605	DIA
Planta de Elaboración de Pasta de Tomates y Pulpas de Frutas	2.362	DIA
Segundo Molino de Avena, Plantel Agroindustrial de Freire	1.042	DIA
Planta de Pellet de Madera. Eco Indef Ltda.	762	DIA
CENTRO DE ENGORDA DE SALMÓNIDOS ENSENADA COLO COLO, AL ESTE DE PUNTA RIQUELME, ISLA RIESCO, COMUNA DE RÍO VERDE, PROVINCIA DE MAGALLANES, REGIÓN DE MAGALLANES Y DE LA ANTÁRTICA CHILENA PERT N° 207121264	688	DIA
CENTRO DE ENGORDA DE SALMÓNIDOS ESTERO PÉREZ DE ARCE, AL NORESTE DE PUNTA RIVERA, ISLA RIESCO, COMUNA DE RÍO VERDE, PROVINCIA DE MAGALLANES, REGIÓN DE MAGALLANES Y DE LA ANTÁRTICA CHILENA PERT N°207121260	688	DIA
Planta de Astillado de Madera COMACO S.A. Calbuco	551	DIA
Modernización y mejoras tecnológicas en Planta de Proceso Quellón	477	DIA
PISCICULTURA DE RECIRCULACIÓN LOS ARRAYANES	417	DIA
Desarrollo Terminal Marítimo Puerto Andino	354	DIA
Extracción de Áridos en Sector Tranque de Relaves de Minería Escondida para periodo 2020-2030	342	DIA
Modificación Planta de Proceso de Recursos Hidrobiológicos Chinquío. Puerto Montt.	312	DIA

En la Tabla 4-10 se muestra, para los mismos proyectos, la duración registrada en su etapa de operación (la usada para el cálculo de emisiones totales), cuáles de estos presentaron una vida útil indefinida en su ingreso al SEIA (lo cual se reemplaza por 50 años en el estudio para poder estimar valores) y el sector productivo al cual pertenecen.

Tabla 4-10: Vida útil y sector productivo de proyectos de mayores emisiones.

Proyecto	Emisiones totales (kt CO₂eq)	Vida útil (años)	Vida útil indefinida	Sector Productivo
Transporte de Acido Sulfurico en la Región de Antofagasta	15.398	50	Si	Otros
Terminal GNL Penco-Lirquen	7.598	30		Infraestructura Portuaria
Producción de Sales Maricunga	6.434	17		Minería
Proyecto Los Bronces Integrado	5.931	14		Minería
Continuidad Operacional Compañía Minera Zaldivar	4.391	10		Minería
Modernización Piscicultura Cordillera	3.605	50		Pesca y Acuicultura
Planta de Elaboración de Pasta de Tomates y Pulpas de Frutas	2.362	50	Si	Agropecuario
Segundo Molino de Avena, Plantel Agroindustrial de Freire	1.042	25		Agropecuario
Planta de Pellet de Madera. Eco Indef Ltda.	762	25		Forestal
CENTRO DE ENGORDA DE SALMÓNIDOS ENSENADA COLO COLO, AL ESTE DE PUNTA RIQUELME, ISLA RIESCO, COMUNA DE RÍO VERDE, PROVINCIA DE MAGALLANES, REGIÓN DE MAGALLANES Y DE LA ANTÁRTICA CHILENA PERT N° 207121264	688	25		Pesca y Acuicultura
CENTRO DE ENGORDA DE SALMÓNIDOS ESTERO PÉREZ DE ARCE, AL NORESTE DE PUNTA RIVERA, ISLA RIESCO, COMUNA DE RÍO VERDE, PROVINCIA DE MAGALLANES, REGIÓN DE MAGALLANES Y DE LA ANTÁRTICA CHILENA PERT N°207121260	688	25		Pesca y Acuicultura
Planta de Astillado de Madera COMACO S.A. Calbuco	551	50	Si	Forestal
Modernización y mejoras tecnológicas en Planta de Proceso Quellón	477	50	Si	Instalaciones fabriles varias
PISCICULTURA DE RECIRCULACIÓN LOS ARRAYANES	417	25		Pesca y Acuicultura
Desarrollo Terminal Marítimo Puerto Andino	354	30		Infraestructura Portuaria
Extracción de Áridos en Sector Tranque de Relaves de Minera Escondida para periodo 2020-2030	342	10		Minería
Modificación Planta de Proceso de Recursos Hidrobiológicos Chinquío. Puerto Montt.	313	50		Instalaciones fabriles varias

Para poner estas emisiones en perspectiva dentro del contexto chileno, se presenta la Tabla 4-11 a continuación, con el porcentaje de emisiones relativo a las emisiones de GEI de Chile en la categoría Energía y el total de todas las del país del 2016, que son respectivamente 87.135,6 y 111.677,5 kt CO₂ eq.

Tabla 4-11: Proyectos más emisores con respecto a las emisiones de Chile el 2016.

Proyecto	Emisiones totales (kt CO ₂ eq)	Porcentaje del ítem Energía	Porcentaje de emisiones chilenas 2016
Transporte de Acido Sulfurico en la Región de Antofagasta	15.398	17,67%	13,79%
Terminal GNL Penco-Lirquen	7.598	8,72%	6,80%
Producción de Sales Maricunga	6.434	7,38%	5,76%
Proyecto Los Bronces Integrado	5.931	6,81%	5,31%
Continuidad Operacional Compañía Minera Zaldívar	4.391	5,04%	3,93%
Modernización Piscicultura Cordillera	3.605	4,14%	3,23%
Planta de Elaboración de Pasta de Tomates y Pulpas de Frutas	2.362	2,71%	2,11%
Segundo Molino de Avena, Plantel Agroindustrial de Freire	1.042	1,20%	0,93%
Planta de Pellet de Madera. Eco Indef Ltda.	762	0,87%	0,68%
CENTRO DE ENGORDA DE SALMÓNIDOS ENSENADA COLO COLO, AL ESTE DE PUNTA RIQUELME, ISLA RIESCO, COMUNA DE RÍO VERDE, PROVINCIA DE MAGALLANES, REGIÓN DE MAGALLANES Y DE LA ANTÁRTICA CHILENA PERT N° 207121264	688	0,79%	0,62%
CENTRO DE ENGORDA DE SALMÓNIDOS ESTERO PÉREZ DE ARCE, AL NORESTE DE PUNTA RIVERA, ISLA RIESCO, COMUNA DE RÍO VERDE, PROVINCIA DE MAGALLANES, REGIÓN DE MAGALLANES Y DE LA ANTÁRTICA CHILENA PERT N°207121260	688	0,79%	0,62%
Planta de Astillado de Madera COMACO S.A. Calbuco	551	0,63%	0,49%
Modernización y mejoras tecnológicas en Planta de Proceso Quellón	477	0,55%	0,43%
PISCICULTURA DE RECIRCULACIÓN LOS ARRAYANES	417	0,48%	0,37%
Desarrollo Terminal Marítimo Puerto Andino	354	0,41%	0,32%
Extracción de Áridos en Sector Tranque de Relaves de Minera Escondida para periodo 2020-2030	342	0,39%	0,31%
Modificación Planta de Proceso de Recursos Hidrobiológicos Chiquío. Puerto Montt.	313	0,36%	0,28%
Total general	55.412	58,94%	45,98%

Dentro de los primeros 4 proyectos, sólo el primero emite únicamente en su etapa de operación. Los siguientes 3 son también los mayores emisores al comparar emisiones de proyectos en la etapa de construcción, la Tabla 4-12 muestra las emisiones de construcción de los proyectos y el porcentaje que representan del total de emisiones de gases de efecto invernadero de Chile el 2016.

Tabla 4-12: Mayores emisores en fase de construcción.

Proyecto	Emisiones etapa Construcción (kt CO2eq)	Porcentaje de emisiones chilenas 2016
Proyecto Los Bronces Integrado	1.524	1,36%
Producción de Sales Maricunga	516	0,46%
Terminal GNL Penco-Lirquen	272	0,24%

4.4 COMPARACIÓN DE PROYECTOS CON SU RESPECTIVA RCA

En total, entre la mitad más emisora de la muestra se encuentran 31 proyectos aprobados y con una Resolución de Calificación Ambiental en el SEIA. La Tabla 4-13 muestra cómo varían las emisiones estimadas a partir de las RCA con respecto a las de la Declaración o Estudio de Impacto Ambiental tal como se presenta en el proyecto inicialmente.

Tabla 4-13: Relación entre emisiones presentadas en RCA y la presentada inicialmente por el proyecto.

Con respecto al primer ingreso (DIA o EIA)	Número de proyectos
RCA presenta emisiones menores	18
RCA mantiene emisiones	5
RCA presenta emisiones mayores	8
Total	31

En la Tabla 4-14 se presenta la intensidad del cambio en las emisiones entre RCA y el ingreso original al SEIA. Para resumir, se clasifican los proyectos en 4 intervalos de cambio porcentual con respecto a las emisiones presentadas inicialmente.

Tabla 4-14: Cambio porcentual entre las emisiones presentadas en la RCA y en el primer ingreso al SEIA.

Cambio porcentual	0 – 5 %	5 – 50%	50 – 100%	100 – 500%	Total
N° de proyectos que disminuyen sus emisiones	7	7	4	0	18
N° de proyectos que aumentan sus emisiones	4	2	1	1	8
Cantidad de proyectos	16	9	5	1	31

5 DISCUSIÓN

5.1 SOBRE EL ACCESO A LA INFORMACIÓN

El primer tema identificado en la recopilación de las emisiones atmosféricas de los proyectos es que, si bien éstos son accesibles para el público general, su efectiva transparencia se ve enormemente obstruida por la cantidad de tiempo que se debe invertir para acceder a esta. Incluso una vez accedida la página del Estudio o Declaración de Impacto Ambiental correspondiente, con frecuencia se debe iterar entre distintos documentos sólo para determinar que el proyecto no presentó una estimación de emisiones atmosféricas.

Luego, una vez encontrado el documento de estimación de emisiones atmosféricas, muchas veces la ausencia de un criterio uniforme en la estructura del documento también se presenta como obstrucción del acceso expedito a la información. Algunos ejemplos de los distintos casos vistos en los informes y que retrasaron el proceso de recopilación son:

- La ausencia de índice en el informe.
- Unidades y cifras significativas inadecuadas para los valores presentados.
- Ausencia de una fila que sume el total de emisiones en las respectivas tablas.
- Ausencia de tabla resumen de las distintas fases.

Todo lo anterior hizo necesario, en primera instancia, reducir los alcances del trabajo en cuanto a la cantidad de proyectos a considerar: inicialmente, todos los proyectos en estado de calificación (430 el 6 de mayo de 2019) y luego se redujo a una muestra (106 proyectos) de estos. En segunda instancia, fue necesario reducir el detalle de información recopilada para compatibilizar con el tiempo disponible restante una vez que se pudo verificar que la duración promedio del proceso de recopilación no era suficiente.

5.2 RESULTADOS

Sobre los resultados, un aspecto importante a tener en cuenta al observar los datos es que son cifras referenciales de las posibles emisiones de gases de efecto invernadero de los proyectos y no representan con precisión las emisiones futuras de estos proyectos en caso de ejecutarse. Las principales fuentes de incertidumbre identificadas son:

(1) Sólo se consideran emisiones de CO₂ y N₂O. El metano no se pudo considerar por no encontrarse relación entre la emisión chilena de metano con monóxido de carbono ni con óxidos de nitrógeno (cuyas emisiones son estimadas en los proyectos sujetos a evaluación). Su estimación requiere necesariamente más información que la presentada.

(2) Se recurrió a una estimación indirecta de estos gases a partir de NO_x, basada en información de una reducida cantidad de años. Por lo general, no hay una relación establecida entre los distintos gases pues la emisión de cada uno depende fuertemente de la actividad emisora, el combustible y la tecnología que esta utilice.

(3) Se utilizan estimaciones de emisiones atmosféricas presentadas por los titulares, previas a la aprobación y ejecución de los proyectos, los cuales en la práctica están sujetos a atrasos, modificaciones e imprevistos que pueden modificar las emisiones estimadas para sus actividades. Es decir, no se cuenta con información perfecta.

(4) Se trabaja sobre la base de que las estimaciones entregadas por los titulares son representativas, es decir, la metodología aplicada es adecuada y la información sobre las actividades del proyecto verídica.

Luego, por la diferencia temporal entre las emisiones totales de los proyectos y lo emitido por Chile el 2016, se tiene que estos datos no son comparables estrictamente hablando (los proyectos tienen su propia vida útil mientras las emisiones chilenas son de sólo 1 año). Sin embargo, si se consideran las emisiones de Chile el año 2016 como una cifra referencial relevante por ser el último año con información oficial disponible para el mismo territorio de estudio y representar el total de todos los proyectos, procesos y actividades que se realizan en Chile, a los que estos proyectos se sumarían eventualmente en caso de aprobarse y ejecutarse.

Los 17 proyectos emblemáticos (de 106 proyectos muestreados) que presentan las mayores emisiones de gases de efecto invernadero, y que entre todos suman el 93% de las emisiones de GEI totales de la muestra, dan un claro indicio de que existe gran desigualdad entre las emisiones de los distintos proyectos. Donde ni la diferenciación entre tipo de ingreso (DIA o EIA) da un indicio sobre la intensidad de las posibles emisiones del proyecto, pues sólo 4 del top 17 corresponden a ingreso por EIA.

Si además se considera la Tabla 4-5, se observa cierta tendencia entre los logaritmos de emisión e inversión, pero la alta dispersión de la muestra provoca que una aproximación lineal no sea capaz de modelar realmente la relación. Se cree que sobre esto influye la diferencia de criterios aplicados por los distintos profesionales de las empresas consultoras. Un ejemplo de esto se observa en ciertos proyectos inmobiliarios que en su estimación de emisiones atmosféricas incluyen las provocadas por el aumento de vehículos que transitaran en su área de influencia cuando el proyecto sea habitado, mientras que otros no.

El sector productivo más emisor según los resultados es el de Minería con un 32% de emisiones con respecto a la muestra. Sin embargo, no bastaría con enfocarse sólo en este sector (ni ningún otro por sí sólo) para disminuir o evitar de manera significativa las futuras emisiones de GEI en Chile, pues no abarca una cantidad predominante de las emisiones, así como sí lo hacen los primeros 17 proyectos más emisores. Las medidas a aplicar para mitigar o evitar las emisiones futuras deben ser transversales a todos los tipos de proyectos.

Por otro lado, 4 proyectos por sí solos, de ser aprobados sin modificaciones, emitirían cada uno y durante su vida útil más del 10% de emisiones de gases de efecto invernadero emitidas en Chile el 2016. Dentro de la muestra es extremadamente alto y, teniendo en cuenta que en Chile no se han aplicado aún medidas que aseguren disminuir de forma definitiva las emisiones de gases de efecto invernadero, estos proyectos tendrán una gran influencia en la consolidación de la tendencia al aumento que se observa en las emisiones de Chile.

De la comparación entre las emisiones recopiladas inicialmente y las registradas en la RCA de los proyectos, se ve que en general las emisiones tienden a disminuir entre la presentación inicial y final del proyecto. Y el cambio es la mayoría de las veces menor a 5%.

5.3 DECLARACIÓN Y ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

La diferenciación que se hace en el SEIA entre la presentación de una Declaración o Estudio de Impacto Ambiental se basa en la idea de que los Estudios de Impacto Ambiental son requeridos cuando un proyecto tendrá efectos significativos sobre el medio ambiente. Mientras que los proyectos que presentan una Declaración no tendrían tal nivel de impacto. Sin embargo, entre los criterios que definidos en el artículo 11 de la Ley 19.300 para deber presentar un EIA, no se hace mención del cambio climático ni las emisiones de gases de efecto invernadero, aunque estos si inciden de forma indirecta sobre los puntos mencionados en el artículo (salud de la población, disponibilidad de recursos naturales).

El 17% de la muestra de proyectos corresponde a EIA y a estos se les atribuye el 46% de las emisiones estimadas. Lo que lleva a pensar que, en promedio, los proyectos que ingresan por EIA al SEIA emiten más emisiones de gases de efecto invernadero que los que ingresan vía DIA. Pero esto no es así cuando se consideran los 17 proyectos más emisores de la muestra, donde solo 4 son ingresados por EIA y el primer proyecto más emisor ingresa vía DIA. Con lo cual, al considerar las emisiones de GEI, el supuesto de que los proyectos que ingresan al sistema por DIA no tienen efectos significativos no se cumpliría.

Lo anterior resulta relevante al considerar que, el 2019, 433 proyectos ingresados vía DIA fueron aprobados, mientras que vía EIA sólo 18 (SEA, s.f.). Aunque las DIA pudieran presentar en promedio menores emisiones de GEI, considerando los resultados de este estudio su efecto podría ser más significativo que de los proyectos ingresados por EIA. Con lo cual, ante una eventual legislación sobre las emisiones de GEI, la diferenciación entre DIA y EIA alejaría aún más el sistema de evaluación ambiental del principio preventivo que lo sustenta, el cual actualmente no estaría siendo apropiadamente abordado desde la perspectiva de las DIA (Piña Burgos, 2017). Para legislar sobre las emisiones de GEI, es necesario considerar que todos los proyectos presentan potencialmente la misma capacidad de impacto ambiental.

5.4 CAMBIO DE USO DE SUELO

Como se vio en la revisión bibliográfica, la segunda mayor fuente de emisiones de CO₂ a nivel mundial (considerando los combustibles fósiles como una sola fuente) es el cambio de uso de suelo, el cual se refiere principalmente a la deforestación. Dentro de los tipos de proyectos que deben ingresar al SEIA para la aprobación de su ejecución, aquellos que intervienen grandes áreas no urbanas son los que más posiblemente generan emisiones por cambio de uso de suelo, como los embalses y proyectos inmobiliarios.

A pesar de la importancia del cambio de uso de suelo dentro de las emisiones de CO₂, no fue posible estimar las emisiones asociadas a esta fuente porque depende de las condiciones específicas de las áreas a modificar por los proyectos. Además, de acuerdo con la FAO (*Food and Agriculture Organization of the United Nations*, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura en español), la principal causa de la deforestación es la agricultura, actividad que no está sujeta a la aprobación del SEIA para su ejecución en Chile, sólo las actividades de procesamiento de alimentos requieren evaluación.

5.5 CHILE Y CAMBIO CLIMÁTICO

En general, si bien el poder Ejecutivo de Chile muestra disposición a desarrollarse en temas de cambio climático, incluso comprometiendo un objetivo nacionalmente determinado para abordar emisiones de gases de efecto invernadero y proponiéndose a la presidencia de la COP25, este objetivo aún no se ha expresado en el planteamiento de los nuevos proyectos y actividades chilenas. Esto se observa, en particular, en los múltiples proyectos que consideran continuar emitiendo gases de efecto invernadero a la misma tasa que cuando inician sus operaciones y seguir emitiendo más allá del año 2060. Lo cual es incompatible con los acuerdos, objetivos y compromisos de Chile.

Con respecto a la aplicación de medidas frente al cambio climático dentro del SEIA, actualmente sólo podría interpretarse de la legislación la necesidad de integrar los escenarios de cambio climático en la línea base de los proyectos e implementar medidas de manejo adaptativo de los impactos de cada proyecto para realizar las modificaciones necesarias cuando los impactos de los proyectos no sean los esperados según la evaluación previa (Luengo Troncoso & Prieto Pradenas, 2019) (Moreno Polit & Ruiz Araneda, 2019).

Lo anterior no significa que deba esperarse un cambio de legislación necesariamente para aplicar medidas que apunten a la mitigación del cambio climático. Se pueden realizar propuestas para quienes busquen empezar a dar pasos en el reto de mitigar el cambio climático. No sólo los autores ya mencionados, sino que diversos expertos han recopilado la experiencia internacional en integración de cambio climático en los distintos sistemas de evaluación de impacto ambiental y muestran los primeros pasos que podría seguir Chile en esta materia (Gajardo Matthews, 2019). Estos pasos se incluyen en el capítulo a continuación, donde se muestran propuestas para abordar desde distintos actores la mitigación del cambio climático dentro de Chile.

6 MEDIDAS PARA MITIGACIÓN

El estudio y trabajo realizado lleva a la siguiente lista de medidas recopiladas para la mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero de los proyectos ingresados al SEIA.

6.1 Propuesta para los titulares de los proyectos

Existe una gran variedad de medidas que se pueden aplicar para la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero de los proyectos. Algunas medidas generales planteadas para industrias en un informe del IPCC (M. Fishedick et al., 2014) cuya aplicación varía según sector son:

- Mejora, reemplazo y despliegue a gran escala de la mejor tecnología disponible para las actividades del proyecto.
- Mejora de la eficiencia de las distintas actividades. Es decir, consumir menos manteniendo los resultados. Incluye reciclar o reutilizar cuando sea posible. Esta medida disminuye no sólo las emisiones directas de las actividades, sino que también aquellas indirectas que se generan en la producción de insumos.
- Cambio de combustibles a otros con menores emisiones de CO₂.
- Enfoque sistémico y actividades colaborativas entre compañías y sectores para la reducción de sus emisiones.
- Manejo adecuado y reducción de los residuos.
- Capacitación y concientización de las empresas y trabajadores sobre cómo reducir o prevenir fugas de emisiones desde maquinaria relacionada directamente con emisiones de gases de efecto invernadero.
- Recuperación de energía donde sea posible.

Otra medida posible dadas las condiciones del país:

- Auto-generación. Aprovechar las oportunidades que entrega la zona donde se emplaza el proyecto para la generación de energía para sus actividades.

Por último, como medida base para generar información y consciencia desde los mismos proyectos y actividades sujetos al SEIA, se propone a los titulares de los proyectos la integración de un capítulo referido a cambio climático en su informe de estimación de emisiones atmosféricas, con los siguientes contenidos sugeridos:

- 1) Estimación de emisiones de gases de efecto invernadero CO₂ y N₂O. Esta podría utilizar los mismos factores usados en este trabajo para determinar un aproximado de las emisiones: 304,7 ktCO₂/ ktNO_x y 0,0133 ktCO₂/ ktNO_x.

- 2) Describir explícitamente como varían las emisiones de GEI del proyecto a lo largo de su vida útil y comparar con los plazos de los compromisos y objetivos de Chile en materia de mitigación de cambio climático.
- 3) Comparación de las emisiones totales del punto 1 con las emisiones de Chile, según la última información oficial disponible.
- 4) Justificar, en caso de estar presentes, la existencia de actividades altamente emisoras para las cuales existen alternativas técnicamente factibles y evaluar las alternativas. Algunos ejemplos:
 - Uso de generadores a base de combustibles fósiles. Alternativa: electrificación de la infraestructura que lo requiere o autogenerar.
 - Maquinaria con factores de emisión mayores 80 tCO₂eq/año o 0.26 tNO_x/año. Alternativa: maquinaria eléctrica o tecnología menos contaminante en caso de no estar la primera.
 - Uso de vehículos de combustión. Alternativa: Reemplazar por vehículos eléctricos u otro reemplazo no contaminante.
- 5) Determinar el nivel de emisiones/inversión del proyecto en relación con la muestra de este estudio, posicionando la cantidad de emisiones/inversión en el Gráfico 4-5 en Resultados o en otro con la información más actual y completa disponible.
- 6) Medidas de mitigación y/o adaptación al cambio climático presentes en el proyecto.

6.2 Posibles medidas para implementar en el SEIA desde políticas públicas, normas o el instrumento de gestión ambiental que corresponda

Exigencia a los titulares de los proyectos en su ingreso al SEIA:

- En el corto plazo: la última propuesta hecha a los titulares de los proyectos en la sección 6.1, página 42. Con la opción de que sea una ficha que rellenar en vez de un capítulo de la estimación de emisiones atmosféricas. En el Anexo de este trabajo se muestra un ejemplo de ficha.
- Volver obligatorio para todos los proyectos (sea DIA o EIA) la estimación de emisiones atmosféricas e incluir en estas los principales gases de efecto invernadero (CO₂, N₂O, CH₄) por sí solos y el resultado de estos en unidades de CO₂ equivalente para cada fase (ejemplo en Tabla 6-1).
- Para proyectos con emisión considerable de otros gases de efecto invernadero (ozono y clorofluorocarbonos) incluir también la estimación de estos gases.
- Incluir dentro del informe de emisiones atmosféricas el desglose de emisiones de las distintas actividades y fases del proyecto (Tabla 6-1), y un capítulo con el resumen final de todas estas, que especifique los años a los cuales correspondan las emisiones (Tabla 6-2).
- Exigir a los titulares de los proyectos cuya vida útil supere el año 2030 un plan de disminución de emisiones de gases de efecto invernadero que vaya en línea con el objetivo mundial de llevar a 0 las emisiones netas entre el 2040 y el 2055.

Tabla 6-1: Ejemplo tabla de emisiones por actividades para una fase.

Actividad	Tiempo de actividad por año	Unidad	Tasa emisión (kg CO ₂ /año)	Tasa emisión (kg N ₂ O/año)	Tasa emisión (kg CH ₄ /año)	Tasa emisión (ton CO ₂ eq/año)	Emisión total (ton CO ₂ eq)
Actividad 1		Días					
Actividad 2		Semanas					
...		Meses					
Actividad n		Años					
Total de la fase	Duración de la fase	Años					Emisión total de la fase

Tabla 6-2: Ejemplo tabla resumen de emisiones por año.

Período	2020-2021	2021-2025	2025-2040	2040
Fase	Construcción	Operación	Operación+Plan de disminución de emisiones	Cierre
Emisiones promedio por año				
Emisión total del período				

En términos de limitar emisiones: Establecer un límite máximo de toneladas de CO₂ equivalente por año para todos los proyectos, este podría variar según la industria y la intensidad de sus actividades. Debe adaptarse a lo largo de los años e ir en línea con los objetivos de limitación del calentamiento global, es decir, alcanzar la carbono-neutralidad antes del 2050, de manera que las distintas industrias se puedan ir adaptando a la nueva normativa.

Específicamente el Ministerio de Medio Ambiente podría, en el corto plazo, publicar una guía oficial de estimación de emisiones de gases de efecto invernadero. Esto justificado en la experiencia de otros países y que, durante la recopilación de emisiones atmosféricas de los proyectos, casi todos los que presentan metodología muestran como fuente de información una guía publicada por el MMA para la estimación de emisiones atmosféricas de proyectos inmobiliarios.

6.3 Para el Servicio de Evaluación Ambiental

Se propone para el SEA, con objetivo de mejorar la transparencia hacia el público general de la información presentada en las declaraciones y estudios de impacto ambiental, agregar a su base de datos información de las emisiones de gases de efecto invernadero, de forma que quien desee hacer un análisis de estas en el futuro pueda acceder a ellas directamente en vez de tener que pasar por un proceso de recopilación manual como el hecho en este trabajo. En base a esa experiencia, se recomienda que las emisiones en la base de datos sean asociadas a cada año durante el cual se ejecuta el proyecto en cuestión. De esta forma, se facilita la estimación de emisiones futuras y se logra verificar fácilmente si las medidas tomadas para la disminución de emisiones de cada proyecto son satisfactorias para los objetivos que se vaya planteando Chile.

En la Tabla 6-3 a continuación se muestra un ejemplo del formato recomendado, donde el 2020 sería el año en que el proyecto inicia sus obras y la tabla se extendería hasta el último año donde presente emisiones. Esta información podría ser recopilada a través de un formulario online a rellenar por los titulares o desde un documento (como EXCEL o bloc de notas) con una estructura predefinida que permita la extracción automática de datos.

Tabla 6-3: Formato recomendado para base de datos.

Año	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	...
Emisión total de GEI (ton CO ₂ eq)								

7 CONCLUSIONES

El principal proceso de este trabajo, que además requirió gran parte del tiempo dedicado, es la recopilación de las emisiones atmosféricas declaradas por una muestra de 106 proyectos en estado de calificación el día 6 de mayo de 2019, las que se guardan en una base de datos en la forma de 864 actividades registradas. Durante la recopilación se observa cómo la falta de una estructura predefinida de la información presentada por los titulares se vuelve una obstrucción para la transparencia efectiva de la información.

Ante la ausencia de una estimación de gases de efecto invernadero en las Declaraciones y Estudios de Impacto Ambiental, se investiga sobre la relación entre distintas emisiones de gases, lo que lleva a la conclusión de que no existe una relación directa que abarque todas las actividades emisoras pues las emisiones varían según múltiples variables. Se recurre a una estimación indirecta de los gases de efecto invernadero CO₂ y N₂O a partir de NO_x, gas que presenta la mejor correlación al tomar los datos oficiales de emisiones chilenas. Los factores estimados y utilizados fueron 304,7 kt CO₂/kt NO_x y 0,0133 kt N₂O/kt de NO_x.

La estimación total de emisiones de GEI para la muestra, a lo largo de la vida útil (hasta 50 años) de todos los proyectos, son 55.412 kilo toneladas de CO₂ equivalente. Lo que alcanza el 49,6% de las emisiones totales de GEI de Chile el 2016. Destaca que entre sólo 17 de los 106 proyectos se abarca el 93% del total de la muestra y más aún, sólo entre 4 proyectos suman el 64% de emisiones calculadas para la muestra. Los mismos 4 proyectos más emisores se vuelven preocupantes al compararse con las emisiones de Chile el 2016, cada uno emitiría entre el 5 y 14% de las emisiones chilenas.

Al ver el tipo de ingreso de los 17 proyectos más emisores según el cálculo hecho, se concluye que para emisiones de GEI, no se cumple el supuesto de que los proyectos ingresados vía Declaración de Impacto Ambiental no presentan impactos significativos. Porque, de hecho, el proyecto más emisor de la muestra se habría presentado vía DIA.

La comparación de las emisiones presentadas inicial y finalmente por 31 proyectos, que cuentan con RCA, muestra que en la mayoría de los casos de esta muestra, los proyectos disminuyen levemente (hasta 5%) sus emisiones entre su ingreso inicial y la resolución final del proceso.

Todo lo anterior da a ver la poca o nula ambición y motivación que tienen los titulares de los nuevos proyectos para abordar el reto que significa la mitigación del cambio climático. Si se toman los resultados de la muestra como representativos de los proyectos y actividades a ejecutarse en Chile en el futuro próximo, la conclusión es que las emisiones chilenas no harán más que aumentar en los próximos años. El establecimiento de políticas públicas, leyes y normas que aborden explícitamente la mitigación del cambio climático es una necesidad imperativa para cumplir con los acuerdos suscritos por Chile. Específicamente, el objetivo central del Acuerdo de París: mantener el aumento de la temperatura media mundial, por sobre los niveles preindustriales, muy por debajo de los 2°C y proseguir esfuerzos para limitarlo a 1,5°C.

Las posibles medidas para la mitigación de futuras emisiones de GEI varían según el nivel de ambición que tengan los distintos actores con respecto al objetivo. Siendo la de menor ambición: el levantamiento de información transparente que permita conocer y poner en perspectiva las emisiones de gases de efecto invernadero de los proyectos, para generar consciencia desde nivel de los titulares de estos hasta cualquier civil que se vea interesado en conocer la información.

Se destaca entre las medidas aplicables en el corto plazo para levantamiento de información la propuesta hecha al Ministerio del Medio Ambiente: la publicación de una guía de estimación de gases de efecto invernadero. Pues lo observado en las fuentes metodológicas de los informes revisados apunta a que las empresas consultoras que calculan y redactan estos documentos toman en consideración los documentos oficiales. Es posible que sea suficiente una actualización de la guía que usan actualmente a otra que incluya gases de efecto invernadero para que empiecen a incluirlos en los informes.

Las otras medidas generales apuntan a mitigar y evitar las emisiones de las distintas actividades. En el caso eventual de que se legislen las emisiones de gases de efecto invernadero en el SEIA, una medida importante sería establecer que la no aplicación de cambios para mitigación de GEI deba ser justificada y respaldada con una evaluación de las alternativas menos emisoras.

Como medida al margen de este trabajo se propone la creación de normas que regulen las emisiones provocadas por el cambio de uso de suelo, que es una fuente importante de emisiones de CO₂ a nivel mundial. Chile posee la ventaja de contar con grandes áreas de tierras forestales que actúan como sumidero de emisiones de gases de efecto invernadero. Sin embargo, los proyectos de agricultura; cuya operación de por sí no está sujeta a evaluación ambiental; y otros sectores como el inmobiliario, amenazan esta ventaja del país pues sus actividades degradan el suelo y/o generan deforestación. Se propone como trabajo futuro realizar un diagnóstico de esta amenaza a través de la estimación de estas emisiones.

En la línea de este trabajo, se propone para otro futuro la recopilación de factores de emisiones de distintas actividades y la creación de una guía metodológica que permitiera a los titulares de los proyectos estimar sus emisiones de GEI de forma más precisa que la aquí utilizada. Esto con el objetivo de que el Ministerio del Medio Ambiente pueda usarla como referencia para la publicación de una guía oficial o incluso validarla como tal.

8 BIBLIOGRAFÍA

- Andrew, R. M. (2018). Global CO₂ emissions from cement production. *Earth System Science Data*, 10, 195-217. doi:<https://doi.org/10.5194/essd-10-195-2018>
- BP. (2018). *BP Statistical Review of World Energy June 2018*. Recuperado el 2019, de <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2018-full-report.pdf>
- ClimateActionTracker. (2018). *Climate Action Tracker. Rating, Chile*. Recuperado el Abril de 2019, de <https://climateactiontracker.org/countries/chile/>
- Gajardo Matthews, P. (2019). Reflexiones en torno a la consideración del cambio climático en la evaluación de impacto ambiental. *Revista de Derecho Ambiental* (12), 109-132. doi:10.5354/0719-4633.2019.54148
- Houghton, R. A., & Nassikas, A. A. (2017). Global and regional fluxes of carbon from land use and land cover change 1850–2015. *Global Biogeochemical Cycles*, 31, 456-472. doi:10.1002/2016GB005546
- IPCC. (2013). Climate Change 2013: The Physical Science Bases. *Anthropogenic and Natural Radiative Forcing, Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. (G. Myhre, D. Shindell, F.-M. Bréon, W. Collins, J. Fuglestedt, J. Huang, . . . H. Zhang, Eds.)
- IPCC. (2018). Summary for Policymakers. In: Global Warming of 1.5°C. *An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty*. (V. Masson-Delmotte, P. Zhai, H. O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P. R. Shukla, . . . T. Waterfield, Edits.) . In Press.
- Janssens-Maenhout, G., Crippa, M., Guizzardi, D., Muntean, M., Schaaf, E., & Olivier, J. P. (2017). *Fossil CO₂ & GHG emissions of all world countries*. EUR 28766 EN. Luxemburg: Publications Office of the European Union. doi:10.2760/709792
- Luengo Troncoso, S., & Prieto Pradenas, M. (2019). La mitigación del cambio climático como parámetro de actuación en la evaluación de impacto ambiental. *Revista de Derecho Ambiental* (12), 57-81. doi:10.5354/0719-4633.2019.54224
- M., F., Roy, J., Abdel-Aziz, A., Acquaye, A., Allwood, J., Ceron, J.-P., . . . Tanaka, K. (2014). Industry. In Climate Change 2014 Mitigation of Climate Change. Working Group III Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. (O. Edenhofer, R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, . . . J. Minx, Eds.) *Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA*.

- Ministerio del Medio Ambiente. (2018). *Tercer Informe Bienal de Actualización de Chile sobre el Cambio Climático*. Recuperado el Abril de 2019, de <https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2018/12/3rd-BUR-Chile-SPanish.pdf>
- Moreno Polit, L., & Ruiz Araneda, C. (2019). El cambio climático en la evaluación impacto ambiental. *Revista de Derecho Ambiental*(12), 83-108. doi:10.5354/0719-4633.2019.54154
- Piña Burgos, M. (2017, Octubre). Análisis jurídico-técnico de las vías de evaluación ambiental en Chile (declaración y estudio de impacto ambiental) y su relación con los principios rectores que la sustentan. Santiago, Chile. Retrieved from <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/151058>
- SEA. (n.d.). *¿Qué es el SEIA?* Retrieved Junio 2019, from <https://sea.gob.cl/que-es-el-seia>
- SEA. (n.d.). *Información de Proyectos con Trámite Finalizado en el SEIA*. Retrieved Marzo 2020, from <https://www.sea.gob.cl/documentacion/reportes/informacion-de-proyectos-con-tramite-finalizado-en-el-seia>
- Stocker et al. . (2013). *Technical Summary*. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis*. IPCC. Cambridge University Press.

9 ANEXO

Ejemplo ficha de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero

Proyecto:

Titular:

Vida útil del proyecto:

Tabla 9-1: Estimación de gases de efecto invernadero a emitir por el proyecto.

Emisión de gases de efecto invernadero estimada por fase (toneladas/año)								
Construcción			Operación			Cierre		
CO ₂	N ₂ O	CH ₄	CO ₂	N ₂ O	CH ₄	CO ₂	N ₂ O	CH ₄
Emisión total de gases de efecto invernadero estimada por fase (toneladas de CO ₂ equivalente)								
Construcción			Operación			Cierre		

Descripción de la variación de emisiones a lo largo de la vida útil del proyecto y compatibilidad con compromisos y plazos de Chile en mitigación de cambio climático:

Tabla 9-2: Comparación entre emisiones de GEI del proyecto respecto a las de Chile.

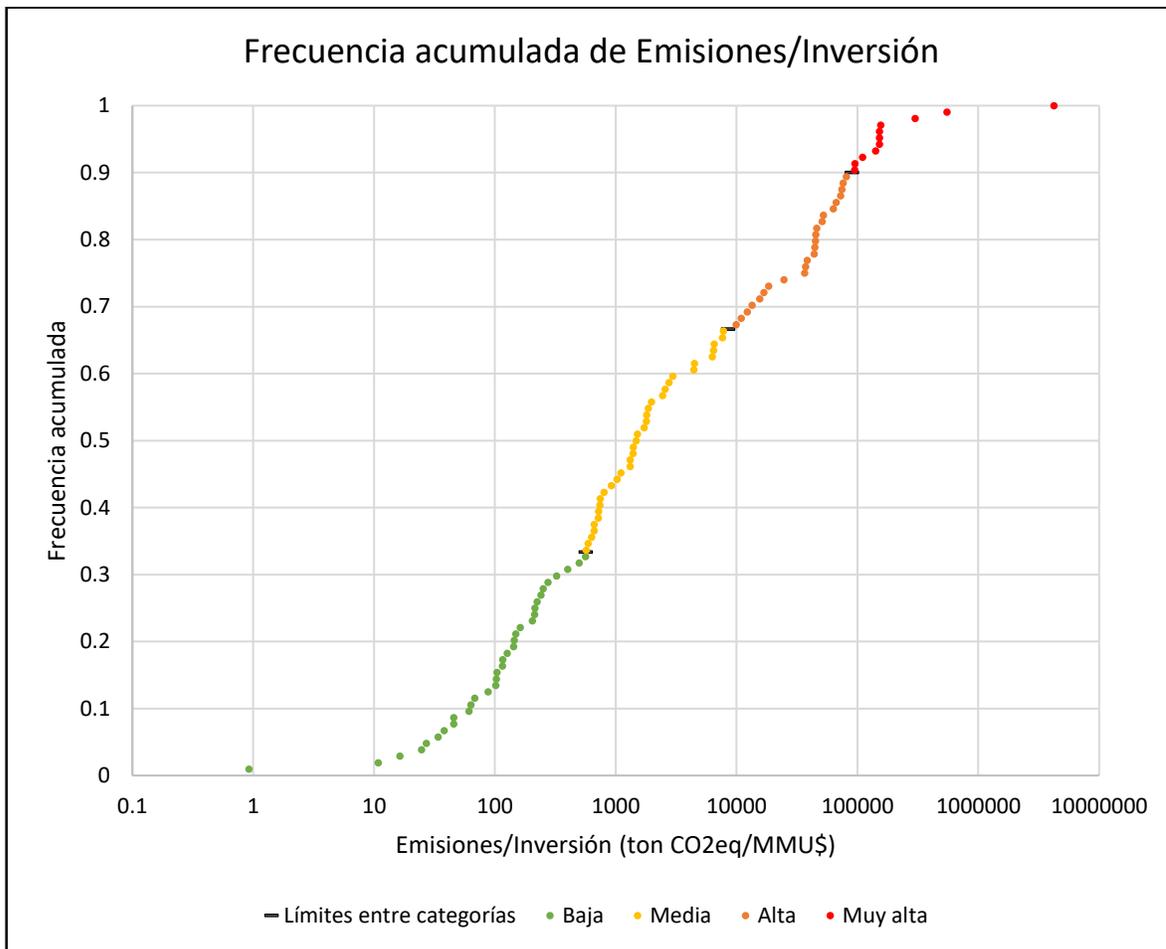
Último año que cuenta con información oficial de emisiones de gases de efecto invernadero chilenas	Ej. 2016
Emisiones de GEI del último año con información oficial	Ej. 111.677 kt CO ₂ eq
Emisión total de GEI del proyecto	Ej. 111.677 tCO ₂ eq
Porcentaje de emisiones del proyecto con respecto al último dato oficial de Chile	Ej. 1%

Tabla 9-3: Actividades emisoras de gases de efecto invernadero.

Marcar y justificar, en caso de estar presentes, la ejecución de las siguientes actividades:		
Uso de generadores a base de combustibles fósiles	SI	NO
En caso de responder SI, justifique:		
Maquinaria emisora de más de XXXX toneladas de CO ₂ equivalente por año	SI	NO
En caso de responder SI, justifique:		

Uso de vehículos de combustión de combustibles fósiles	SI	NO
En caso de responder SI, justifique:		

A continuación, localizar en el eje horizontal del gráfico el nivel de emisión total de GEI del proyecto dividido en la inversión, en unidades de toneladas de CO₂ eq / millones de dólares. Identificar a qué categoría de “Ineficiencia” pertenece el proyecto: Baja, Media, Alta o Muy Alta.



Categoría de nivel de emisiones/inversión del proyecto	
--	--

Finalmente, presente las medidas de mitigación y/o adaptación al cambio climático que se incluyen en el proyecto: