

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

**Memoria de Título**

**EVALUACIÓN DE LAS MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y ADAPTACIÓN AL  
CAMBIO CLIMÁTICO DE CHILE PARA EL SECTOR SILVOAGROPECUARIO**

**PATRICIO GABRIEL BARRALES DÍAZ**

Santiago, Chile  
2020

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

**Memoria de Título**

**EVALUACIÓN DE LAS MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y ADAPTACIÓN AL  
CAMBIO CLIMÁTICO DE CHILE PARA EL SECTOR SILVOAGROPECUARIO**

**EVALUATION OF THE CLIMATE CHANGE MITIGATION AND ADAPTATION  
STRATEGIES OF CHILE FOR THE AGRICULTURE AND FORESTRY  
SECTORS**

**PATRICIO GABRIEL BARRALES DÍAZ**

Santiago, Chile  
2020

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

**EVALUACIÓN DE LAS MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y ADAPTACIÓN AL  
CAMBIO CLIMÁTICO DE CHILE PARA EL SECTOR SILVOAGROPECUARIO**

Memoria para optar al Título Profesional de  
Ingeniero en Recursos Naturales Renovables

**PATRICIO GABRIEL BARRALES DÍAZ**

<b>Profesor Guía</b>		<b>Calificaciones</b>
Jorge Pérez Quezada Ingeniero Agrónomo, M.Sc., Ph.D.		6,8
<b>Profesores Evaluadores</b>		
Juan Ladrón de Guevara González Ingeniero Agrónomo		6,5
Fernando Santibáñez Quezada Ingeniero Agrónomo, Dr. Es. Sci.		6,5

Santiago, Chile  
2020

## ÍNDICE

1	RESUMEN.....	5
2	ABSTRACT.....	6
3	LISTADO DE ABREVIACIONES .....	7
4	INTRODUCCIÓN .....	8
4.1	Objetivos .....	10
4.1.1	Objetivo General .....	10
4.1.2	Objetivos Específicos:.....	10
5	MATERIALES Y MÉTODOS .....	11
5.1	Evaluación del nivel de especificidad e incertidumbre de la información utilizada para generar el inventario y proyecciones de emisiones de gases de efecto invernadero.13	
5.1.1	Nivel de especificidad .....	14
5.1.2	Incertidumbre .....	15
5.2	Evaluación de las medidas propuestas para mitigación y adaptación al cambio climático para el sector silvoagropecuario.....	16
5.2.1	Planes y estrategias de mitigación del cambio climático de otros países .....	16
5.2.2	Lineamientos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).....	16
6	RESULTADOS.....	18
6.1	Evaluación del nivel de especificidad e incertidumbre de la información utilizada para generar el inventario y proyecciones de emisiones de gases de efecto invernadero.18	
6.1.1	Nivel de Especificidad .....	18
6.1.2	Nivel de incertidumbre.....	20

6.2	Evaluación de las medidas propuestas para mitigación y adaptación al cambio climático para el sector silvoagropecuario .....	23
6.2.1	Planes y estrategias de mitigación y al cambio climático .....	23
6.2.2	Lineamientos de la Organización de la Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) para la alimentación y agricultura sostenibles y la agricultura climáticamente inteligente .....	31
7	DISCUSIÓN .....	44
7.1	Nivel de especificidad .....	48
7.2	Nivel de incertidumbre.....	49
7.3	Planes y estrategias de mitigación del cambio climático de otros países .....	51
7.4	Lineamientos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).....	54
8	CONCLUSIONES .....	50
9	BIBLIOGRAFÍA .....	52

### **Índice de figuras**

Figura 1. Porcentaje de utilización de métodos en Chile en comparación con dos países Anexo I y dos países No Anexo I. ....	19
Figura 2. Porcentaje de casos No Estimado (NE) y No reportado (NR). ....	20
Figura 3. Distribución de los valores de incertidumbre en las estimaciones de las emisiones por subcategorías del sector silvoagropecuario en los cinco países analizados.....	21
Figura 4. Incertidumbre en la estimación de las emisiones por subcategorías en el sector silvoagropecuario en Chile y emisiones correspondientes en el año 2016. ....	22

### **Índice de cuadros**

Cuadro 1. Listado de documentos de referencia utilizados para los países Anexo I. ....	11
Cuadro 2. Listado de documentos de referencia utilizados para los países No Anexo I. ....	12
Cuadro 3. Listado de documentos de referencia de instituciones internacionales .....	13
Cuadro 4. Nomenclatura utilizada en la sistematización de los inventarios de gases de efecto invernadero.....	15
Cuadro 5. Aplicación de medidas para el sector forestal propuestas por IPCC (2014) en los cinco países estudiados. ....	24
Cuadro 6. Aplicación de medidas para el subsector Manejo de cultivos forestal propuestas por IPCC (2014) en los cinco países estudiados. ....	25
Cuadro 7. Aplicación de medidas para el subsector Manejo de pastizales propuestas por IPCC (2014) en los cinco países estudiados. ....	27
Cuadro 8. Aplicación de medidas para los subsectores Revegetación y Otros, propuestas por IPCC (2014) en los cinco países estudiados. ....	28

Cuadro 9. Aplicación de medidas para el sector Ganadería propuestas por IPCC (2014) en los cinco países estudiados.....	29
Cuadro 10. Aplicación de medidas para el sector Sistemas Integrados propuestas por IPCC (2014) en los cinco países estudiados. ....	30
Cuadro 11. Proporción de medidas (%) propuestas por cada país en relación a las propuestas de IPCC.....	31
Cuadro 12. Cantidad de medidas por política o práctica clave para el sector Cultivos. ....	33
Cuadro 13. Cantidad de medidas por política o práctica clave para el sector Ganadería. ....	35
Cuadro 14. Cantidad de medidas por política o práctica clave para el sector Forestación. ...	37
Cuadro 15. Resumen de medidas propuestas en relación a propuestas de FAO.....	38
Cuadro 16. Cantidad de medidas por política o práctica clave para la agricultura climáticamente inteligente en los módulos Manejo del agua y Manejo de suelos.....	39
Cuadro 17. Cantidad de medidas por política o práctica clave para la agricultura climáticamente inteligente en los módulos Buen manejo de la energía para la ACI, Conservación y uso sustentable de los recursos genéticos para alimentos y agricultura y Sistema de producción de cultivos climáticamente inteligente.....	40
Cuadro 18. Cantidad de medidas por política o práctica clave para la agricultura climáticamente inteligente en los módulos Ganadería climáticamente inteligente y Silvicultura climáticamente inteligente.....	41
Cuadro 19. Resumen de medidas propuestas en relación a propuestas de FAO.....	43

## RESUMEN

Desde 1992, la comunidad internacional ha establecido instancias e instituciones dedicadas a controlar los efectos del cambio climático; para ello, es necesario el desarrollo de inventarios de gases de efecto invernadero y planes de mitigación y adaptación al cambio climático. Con el fin de analizar dichos documentos en el caso de Chile, se realizó una evaluación de la información utilizada en el inventario, a través de la comparación de los niveles de especificidad y de incertidumbre con dos países ‘Anexo I’ y dos países ‘No Anexo I’ (dentro de los cuales está Chile); y, en el caso de los planes de mitigación y adaptación, se hizo una comparación con los mismos cuatro países y con lineamientos de FAO. Los resultados muestran que, si bien los países ‘Anexo I’ muestran un mayor nivel de especificidad en sus inventarios que los países ‘No Anexo I’, esto no se replica en el caso de la incertidumbre; por otra parte, los países ‘No Anexo I’ presentan un mayor cumplimiento de medidas de mitigación en comparación con los países ‘Anexo I’, siendo Chile el de menor cumplimiento en su categoría. Esto permite establecer que en cuanto a su inventario, Chile presenta niveles de especificidad relativamente bajos, pero niveles de incertidumbre similares a los demás países, los que podrían verse mejorados a través del desarrollo de factores de emisión específicos para el país. En cuanto a las medidas de mitigación y adaptación, Chile presenta un bajo cumplimiento, con medidas enfocadas principalmente en mitigación en el sector forestal y en adaptación en agricultura y ganadería. Se recomienda la generación de más medidas de mitigación en ganadería, incluyendo el sector rural de pequeños y medianos agricultores; y de adaptación en el sector forestal, considerando los servicios ecosistémicos de los bosques.

**Palabras clave: Cambio climático, INGEI, mitigación, adaptación.**

## ABSTRACT

Since 1992, the international community has established instances and institutions dedicated to controlling the effects of climate change; to do this, it is necessary to develop greenhouse gas inventories and plans for mitigation and adaptation to climate change. In order to analyse these documents in the case of Chile, an evaluation of the information used in the inventory was carried out, through the comparison of the levels of specificity and uncertainty with two 'Annex I' countries and two 'Non-Annex I' countries (within which is Chile); and, in the case of mitigation and adaptation plans, a comparison was made with the same four countries and with FAO guidelines. The results show that, although the 'Annex I' countries show a higher level of specificity in their inventories than the 'Non-Annex I' countries, this is not replicated in the case of uncertainty; on the other hand, the 'Non-Annex I' countries show greater compliance with mitigation measures compared to the 'Annex I' countries, with Chile being the least compliant in its category. This allows us to establish that regarding its inventory, Chile has relatively low levels of specificity, but levels of uncertainty similar to other countries, which could be improved through the development of country specific emission factors. Regarding mitigation and adaptation measures, Chile has low compliance, with measures focused mainly on mitigation in the forestry sector and adaptation in agriculture and livestock. The generation of more mitigation measures in livestock is recommended, including the rural sector of small and medium farmers; as well as adaptation measures for the forestry sector, considering the ecosystem services of forests.

**Key words: Climate change, GHG inventory, mitigation, adaptation.**

**LISTADO DE ABREVIACIONES**

CMNUCC	:	Comisión marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
COP	:	Conferencia de las partes (de la CMNUCC, en inglés)
ENCCRV	:	Estrategia nacional de cambio climático y recursos vegetacionales
FAO	:	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (en inglés)
GEI	:	Gases de efecto invernadero
INDC	:	Contribución nacional tentativa (en inglés)
INGEI	:	Inventario de gases de efecto invernadero
IPCC	:	Panel intergubernamental del cambio climático (en inglés)
MAPS	:	Opciones de mitigación para enfrentar el cambio climático (en inglés)
NDC	:	Contribución nacional determinada (en inglés)
PANCC	:	Plan de acción nacional de cambio climático

## 1 INTRODUCCIÓN

El cambio climático ha sido definido por la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (en adelante, CMNUCC) como “un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables” (Naciones Unidas, 1992). Mediante esta definición, se declara que las acciones humanas tienen efectos sobre el clima a través del incremento de la concentración de gases de efecto invernadero (en adelante, GEI), produciendo un impacto que en conjunto con las variaciones naturales de las condiciones climáticas conduce a un aumento de la temperatura de la Tierra. Este incremento en la temperatura genera diversos efectos adversos para los ecosistemas naturales, los sistemas socioeconómicos y la salud y bienestar de las personas (Naciones Unidas, 1992).

En el año 1992, durante la Cumbre de Río, se crea la CMNUCC con el objetivo de “lograr (...) la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropogénicas peligrosas en el sistema climático” (Naciones Unidas, 1992). Esta convención generó en el año 1997 el Protocolo de Kioto, con la intención de comprometer a sus participantes a establecer objetivos de reducción de emisiones de GEI (Naciones Unidas, 1998).

En Chile, la Ley 19.300 toma la definición de cambio climático de la CMNUCC, y establece en su Artículo 70 letra h que el Ministerio del Medio Ambiente es responsable de “proponer políticas y formular los planes, programas y planes de acción en materia de cambio climático” (Ley N° 19300, 1994). En cuanto a los acuerdos internacionales, Chile confirmó su participación en la CMNUCC en el año 1994 y firmó el Protocolo de Kioto en 2002 (Ministerio del Medio Ambiente del Gobierno de Chile, 2016), presentando su Primera Comunicación Nacional ante la CMNUCC en el año 1999 (Comisión Nacional del Medio Ambiente, 1999). Además, el país ha presentado periódicamente sus Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero (en adelante, INGEI) basados en las directrices del Panel Intergubernamental del Cambio Climático (en adelante, IPCC, por sus siglas en inglés),

siendo el último el presentado en el año 2018 (Ministerio del Medio Ambiente del Gobierno de Chile, 2018).

En el año 2015 se llevó a cabo la XXI Conferencia de las Partes de la CMNUCC (COP21) en París, cuyo resultado fue el llamado Acuerdo de París, que en su Artículo 2 declara como objetivo “Mantener el aumento de la temperatura media mundial muy por debajo de 2°C con respecto a los niveles preindustriales, y proseguir los esfuerzos para limitar ese aumento de la temperatura a 1,5°C con respecto a los niveles preindustriales, reconociendo que ello reduciría considerablemente los riesgos y los efectos del cambio climático” (Naciones Unidas, 2015). Ante dicho acuerdo, Chile presentó en septiembre del mismo año su Contribución Nacional Tentativa (en adelante, INDC por sus siglas en inglés), donde se definen sus metas en cuanto a mitigación y adaptación al cambio climático. En ella, se presenta el Plan de Acción Nacional de Cambio Climático, donde se exponen las actuales medidas y esfuerzos propuestos para mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero de Chile. De acuerdo al INGEI de Chile serie 1990-2013, el sector agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra, representó un 12,5% de las emisiones de GEI en el año 2013 (excluyendo otros usos de la tierra), solo superado por el sector Energía (77,4%). Sin embargo, el sector silvoagropecuario es el único que genera absorciones de GEI y, al ser estas mayores que sus emisiones, se genera un balance negativo de -26.119,2 Gg CO<sub>2</sub>eq; es decir, el sector fija más GEI de los que emite. Debido a esto, el sector es considerado como el más relevante, tomando en cuenta su potencial de mitigación para el país (Ministerio del Medio Ambiente del Gobierno de Chile, 2017).

Actualmente, las acciones propuestas en el país enfocadas tanto en reducir emisiones de GEI como de propiciar la adaptación al cambio climático, se enmarcan en el Plan de Acción Nacional de Cambio Climático 2017-2022 (PANCC-II). En él, las acciones vinculadas al sector silvoagropecuario son:

- Línea de acción 3 (LA3): Elaboración, implementación y actualización de planes sectoriales de adaptación. En ella se incluye la medida de adaptación MA6: Plan de Adaptación al Cambio Climático del Sector Silvoagropecuario, el que fue desarrollado en el año 2013, en el marco del Plan de Acción Nacional de Cambio

Climático 2008-2012 (PANCC). Dicho plan se basa en las siguientes prioridades: Mejorar la competitividad de la agricultura; fomento a la investigación e innovación; promover la sustentabilidad económica, social y ambiental; transparencia y acceso a mercados; modernizar el Ministerio de Agricultura y sus servicios.

- Línea de acción 10 (LA10): Acciones de mitigación del sector silvoagropecuario, que incluye la medida de mitigación MM12: Implementación de medidas de acción contempladas en la Estrategia Nacional de Cambio Climático y Recursos Vegetacionales (ENCCRIV). Cuya principal meta en cuanto a mitigación es: Reducir las emisiones de GEI asociadas a la degradación y deforestación en un 20% al año 2025, en base a las emisiones del periodo 2001-2013, así como aumentar la capacidad de los recursos vegetacionales como sumidero de carbono.

De esta forma, se hace relevante generar un entendimiento acabado de la situación del sector silvoagropecuario con respecto al cambio climático, en cuanto al estado de información disponible para el desarrollo del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero y las estrategias y medidas con las que cuenta nuestro país. Esto se puede lograr a través de una comparación con los niveles de información y las propuestas otros países firmantes de la CMNUCC, además de las instancias e iniciativas internacionales para combatir a los efectos del cambio climático sobre del sector.

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Objetivo General**

Evaluar las estrategias de mitigación y adaptación al cambio climático de Chile para el sector silvoagropecuario.

### **1.1.2 Objetivos Específicos:**

- Evaluar el nivel de especificidad e incertidumbre de la información utilizada para generar el inventario de emisiones de gases de efecto invernadero.
- Evaluar las medidas propuestas para mitigación y adaptación al cambio climático para el sector silvoagropecuario

## 2 MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un análisis de las condiciones actuales del sector silvoagropecuario del país con respecto al cambio climático, evaluando las acciones propuestas para enfrentar sus efectos, con la intención de conocer el estado de la información disponible actualmente y las estrategias generadas para el sector en relación a otros países de la CMNUCC. Los documentos de referencia consultados en el desarrollo de esta monografía se presentan en los siguientes cuadros, el Cuadro 1 muestra los documentos de los países Anexo I, el Cuadro 2 los documentos de los países No Anexo I, y el Cuadro 3 los documentos de instituciones internacionales.

Cuadro 1. Listado de documentos de referencia utilizados para los países Anexo I.

País	Tipo de documento	Título	Referencia
Australia	Inventario de gases de efecto invernadero	National Inventory Report 2016	Australian Government Department of the Environment and Energy, 2017.
	Medidas de mitigación y adaptación al cambio climático	Australia's 7th National Communication on Climate Change	Australian Government Department of the Environment and Energy, 2017.
	Inventario de gases de efecto invernadero	Informe de Inventario Nacional Gases de Efecto Invernadero	Ministerio para la Transición Ecológica Gobierno de España, 2019.
España		Hoja de Ruta de los Sectores Difusos	Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente de España, 2014.
	Medidas de mitigación y adaptación al cambio climático	Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático	Oficina Española de Cambio Climático, s.f.
		Tercer Informe Bienal de Actualización ante la CMNUCC	Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente de España, 2017.

<sup>1</sup> Países industrializados que eran miembros de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE) en 1992, más los países con economías en transición (PET) (CMNUCC, 2007).

Cuadro 2. Listado de documentos de referencia utilizados para los países No Anexo I.

País	Tipo de documento	Título	Referencia
Chile	Inventario de gases de efecto invernadero	Informe del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero de Chile, Serie 1990-2016	Ministerio del Medio Ambiente del Gobierno de Chile, 2018.
	Medidas de mitigación y adaptación al cambio climático	Plan de Adaptación al Cambio Climático del Sector Silvoagropecuario	Ministerio de Agricultura y Ministerio del Medio Ambiente del Gobierno de Chile, 2013.
		Estrategia Nacional de Cambio Climático y Recursos Vegetacionales	Ministerio de Agricultura, 2017.
		Opciones de mitigación para enfrentar el cambio climático: resultados de Fase 2	MAPS Chile, 2014.
Colombia	Inventario de gases de efecto invernadero	Informe de Inventario Nacional de GEI de	Unidad Coordinadora Segundo Informe Bienal de Actualización de Colombia ante la CMNUCC, 2018.
	Medidas de mitigación y adaptación al cambio climático	Plan de Acción Sectorial de Mitigación del Sector Agropecuario	Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia, s.f..
		Estrategia Integral de Control de la Deforestación y la Gestión Sostenible de los	Bosques Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia, 2017.
México	Inventario de gases de efecto invernadero	Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de efecto Invernadero 1990-2015	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales de México, 2018.
	Medidas de mitigación y adaptación al cambio climático	Estrategia Nacional de Cambio	Climático Gobierno de la República de México, 2013.

Cuadro 3. Listado de documentos de referencia de instituciones internacionales

Institución	Tipo de documento	Título	Referencia
FAO	Propuestas de medidas para la agricultura sostenible	Construyendo una visión común para la agricultura y alimentación sostenibles.	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2015.
		Climate-Smart Agriculture Sourcebook	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2013.
IPCC	Entradas de referencia para el desarrollo de los INGEI.	Cuadros para la generación de informes.	IPCC, 2006.
	Medidas de mitigación de referencia	Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Chapter 11: Agriculture, Forestry and Other Land Use (AFOLU)	IPCC, 2014.

Cabe destacar que el documento “Opciones de mitigación para enfrentar el cambio climático: resultados de Fase 2” (MAPS Chile, 2014), a diferencia de los otros, no es una estrategia oficial del Estado de Chile, si no que un proyecto de investigación con el objetivo de generar opciones de mitigación apropiadas para el país que está a cargo de la Oficina de Cambio Climático del Ministerio de Medio Ambiente de Chile. Sin embargo, considerando que se pretende evaluar la existencia de medidas y propuestas, se ha incluido en el análisis.

En este contexto, se propusieron dos objetivos específicos, cuyos métodos de desarrollo son descritos a continuación.

### **2.1 Evaluación del nivel de especificidad e incertidumbre de la información utilizada para generar el inventario y proyecciones de emisiones de gases de efecto invernadero**

Para evaluar la información utilizada en el INGEI de Chile, se esquematizaron los métodos de cálculo y la incertidumbre de cada estimación realizada. Para el nivel de especificidad, esto se llevó a cabo a través de la diferenciación de la procedencia de los datos utilizados en tres categorías coincidentes con los tres métodos utilizados en el INGEI (Ministerio del Medio Ambiente del Gobierno de Chile, 2018), de acuerdo con las Directrices del IPCC de 2006:

- Nivel 1: Método por defecto de acuerdo a las Directrices del IPCC de 2006. Desarrollado con datos por defecto al no contar con datos de actividad propios o factores de emisión específicos para el país.
- Nivel 2: Mismo método del Nivel 1. Uso de datos de actividad paramétricos o factores de emisión correspondientes al país o región.
- Nivel 3: Método específico del país (modelos, censos y otros). Se utiliza si los datos han sido debidamente validados y los modelos han sido publicados en revistas científicas con comité editorial.

La revisión se basó en lo declarado en la sección “Aspectos metodológicos generales del sector”, donde se especifican los métodos utilizados para las distintas categorías del Sector Agricultura, Silvicultura y otros usos de la tierra, para la estimación de las emisiones de los tres gases de efecto invernadero considerados: dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) y óxido nitroso (N<sub>2</sub>O). Dicha información se encuentra disponible, además, de manera específica para cada categoría del sector: Ganadería, Tierras y Fuentes agregadas y fuentes de emisión no CO<sub>2</sub> de la tierra.

### **2.1.1 Nivel de especificidad**

El análisis del nivel de especificidad de acuerdo a los métodos utilizados en los inventarios de gases de efecto invernadero se realizó para Chile, dos países Anexo I: Australia y España, y dos países No Anexo I: México y Colombia. Dichos países se seleccionaron considerando que las condiciones climáticas no sean significativamente distintas a las de Chile, en el caso de los países Anexo I; y que no presenten grandes diferencias económicas en el caso de los países No Anexo I. Además, se consideró el nivel de detalle que entrega cada informe de inventario de gases de efecto invernadero, seleccionándose aquellos países que informaran los detalles requeridos para el análisis.

Los datos de los informes de inventario de gases de efecto invernadero fueron sistematizados de acuerdo con las categorías y subcategorías que se establecen en las Directrices de IPCC de 2006 (IPCC, 2006) para la elaboración de inventarios de gases de efecto invernadero, con la intención de comparar los reportes de los países analizados bajo un criterio unificado. La nomenclatura utilizada en la sistematización se muestra en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Nomenclatura utilizada en la sistematización de los inventarios de gases de efecto invernadero.

Denominación	Descripción
T1*	: Método Nivel 1
T2	: Método Nivel 2
T3	: Método Nivel 3
NA	: No aplica. Categoría que no aplica a las condiciones del país, según se declara en el informe
NE	: No estimada. Categoría no estimada por razones técnicas
NO	: No ocurre. Categoría que no ocurre en el país, según se declara en el informe
NR	: No reportado. Categoría no reportada en el informe.

\*De la denominación en inglés “Tier”.

Habiéndose compilado los datos de todos los países, se calculó el porcentaje de utilización de cada método, como también las estimaciones declaradas como “No estimada” o “No reportada”, para así realizar la comparación entre los resultados de Chile, y los demás países considerados en el análisis.

### 2.1.2 Incertidumbre

El análisis de la incertidumbre se realizó siguiendo la misma estructura de categorías descrita por las Directrices del IPCC de 2006, asignándosele a cada una de ellas el nivel de incertidumbre combinada, cuyo cálculo se muestra en la Ecuación 1. Utilizando los datos reportados por cada país en su informe de inventario de gases de efecto invernadero.

Ecuación 1. Fórmula de cálculo de la incertidumbre combinada.

$$IC = \sqrt{a^2 + b^2}$$

Donde,

*IC* : Incertidumbre combinada

*a* : Nivel de incertidumbre del factor de emisión

*b* : Nivel de incertidumbre de los datos de actividad

De esta forma, se calculó la incertidumbre promedio general, por categoría y subcategoría, para cada país; permitiendo la comparación de los resultados de Chile con el resto.

Con la intención de conocer si existen diferencias significativas entre los niveles de incertidumbre de los países estudiados, se aplicó la prueba de Kruskal-Wallis. Luego, mediante la prueba de Mann–Whitney–Wilcoxon, se evaluaron las muestras entre cada par de países, para así identificar cuáles presentan diferencias significativas.

## **2.2 Evaluación de las medidas propuestas para mitigación y adaptación al cambio climático para el sector silvoagropecuario.**

Con la intención de analizar las estrategias de mitigación y adaptación al cambio climático de Chile para el sector silvoagropecuario, se propuso la comparación con las medidas de mitigación de dos países Anexo I y dos países No Anexo I, los mismos utilizados en el primer objetivo específico; y con los lineamientos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura para enfrentar el cambio climático.

Con este fin, se compilaron las medidas actualmente disponibles en el Plan de Adaptación al Cambio Climático del Sector Silvoagropecuario, la ENCCRV y los resultados de la Fase 2 del proyecto MAPS.

### **2.2.1 Planes y estrategias de mitigación del cambio climático de otros países**

Para realizar la comparación, se compilaron las medidas de mitigación propuestas en los documentos oficiales de los mismos países estudiados en el primer objetivo específico (Países Anexo I: Australia y España, Países No Anexo I: Colombia y México), para ser comparadas con las medidas de Chile. Como referencia, se utilizaron las opciones de mitigación propuestas en el Capítulo 11 del Quinto Informe de Evaluación del IPCC (2014).

### **2.2.2 Lineamientos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO)**

Se analizó la coincidencia y pertinencia de las medidas de mitigación y adaptación propuestas para el sector silvoagropecuario en Chile, en comparación con los lineamientos de la FAO. Dicha comparación se realizó considerando el ámbito de aplicación de las medidas de Chile, los módulos propuestos por la FAO en su documento “*Climate-Smart Agriculture Sourcebook*” y los principios del documento “Construyendo una visión común para la agricultura y alimentación sostenibles”; identificando así las coincidencias existentes con las

medidas propuestas en las estrategias de Chile, y sus ámbitos de aplicación. De esta forma, se comprobó si los lineamientos de la FAO (módulos y principios) han sido aplicados en las propuestas de Chile, verificando si se han considerado todos aquellos aplicables al sector o si existen lineamientos que no se han incluido en las estrategias a desarrollar en el país.

### 3 RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de los análisis realizados para cumplir con los objetivos propuestos.

#### **3.1 Evaluación del nivel de especificidad e incertidumbre de la información utilizada para generar el inventario y proyecciones de emisiones de gases de efecto invernadero**

Los resultados del primer objetivo, en el que se evaluó la información utilizada en el Inventario de gases de efecto invernadero, en cuanto a su nivel de especificidad y su incertidumbre, se muestran a continuación.

##### **3.1.1 Nivel de Especificidad**

De acuerdo con los resultados de la sistematización, mostrados en la Figura 1, Australia es el único país dentro del análisis que presenta entradas calculadas con el método Nivel 3. También muestra una mayor proporción de utilización del método Nivel 2 por sobre el método Nivel 1; esta última condición solo se cumple también en el caso de España, siendo ambos países Anexo I.

En el caso de los países No Anexo I, todos coinciden en presentar una mayor proporción de utilización del método Nivel 1 por sobre el método Nivel 2, contando Chile y México con una proporción similar (38% Nivel 1 y 15% Nivel 2 en el caso de Chile, 36% Nivel 1 y 18% Nivel 2 en el caso de México).

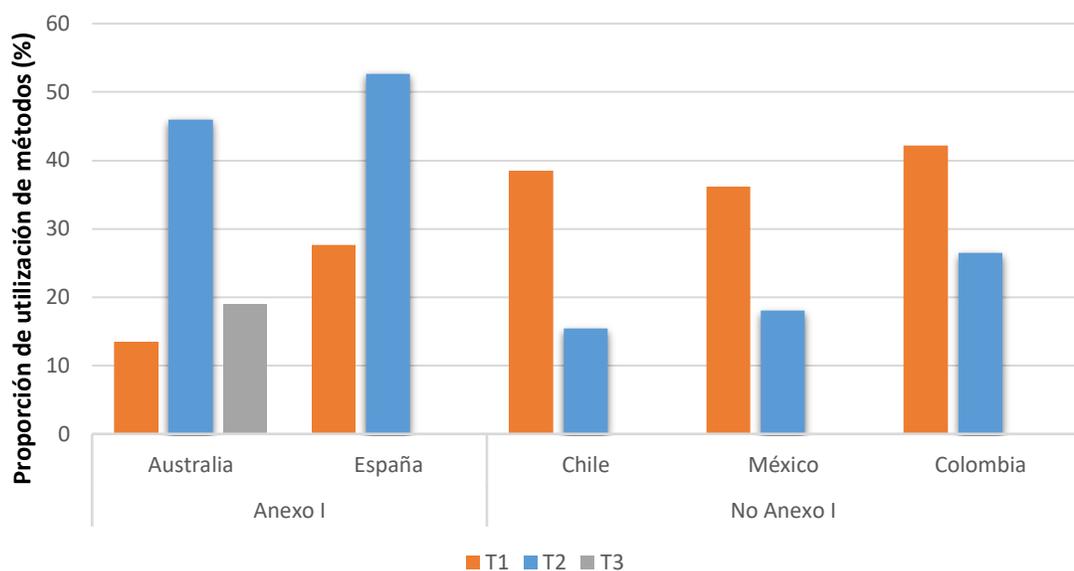


Figura 1. Porcentaje de utilización de métodos en Chile en comparación con dos países Anexo I y dos países No Anexo I.

Las entradas NA y NO no fueron consideradas en el total de entradas de cada país, debido a que corresponden a situaciones que no suceden o no aplican a la realidad del país. Por otra parte, las entradas NE y NR sí se consideraron en el total de entradas de cada país, debido a que son un indicador del nivel de coincidencia de los reportes de cada país con respecto a las Directrices del IPCC de 2006.

La Figura 2 muestra la cantidad de entradas declaradas como NE o NR en el inventario de gases de efecto invernadero de cada país. Se aprecia una diferencia entre los países Anexo I, cuyo promedio es de 21% de las entradas totales; y los países No Anexo I, cuyo promedio de entradas No Estimadas o No Reportadas es de 41%, mientras que Chile presenta un 46%.

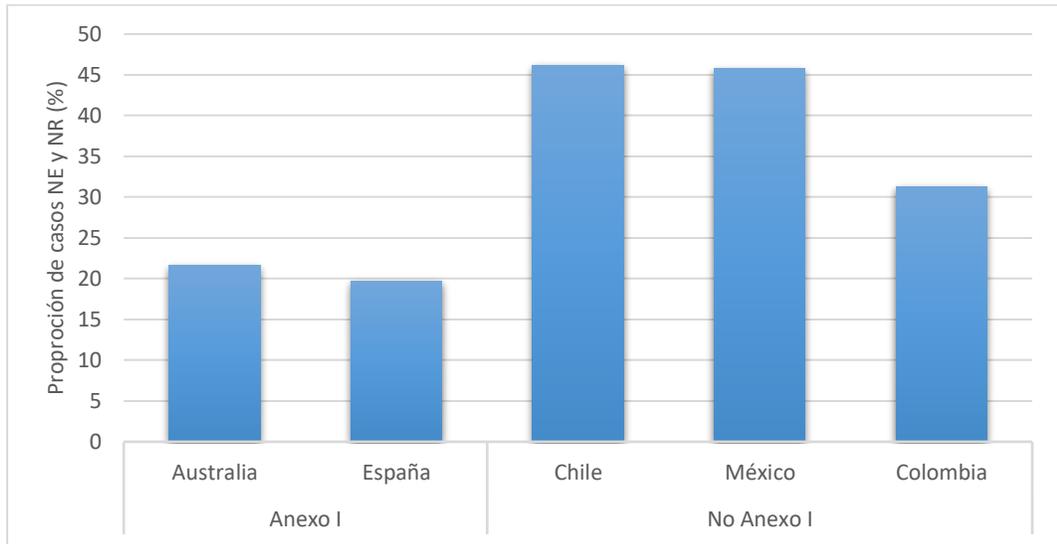


Figura 2. Porcentaje de casos No Estimado (NE) y No reportado (NR).

### 3.1.2 Nivel de incertidumbre

El análisis de la incertidumbre se realizó siguiendo la misma estructura de categorías descrita por las Directrices del IPCC (2006), asignándosele a cada una de ellas el porcentaje de incertidumbre combinado entre el factor de emisión y los datos de actividad, de acuerdo con lo reportado por cada país en su informe de inventario de GEI.

La Figura 3 muestra la distribución de los niveles de incertidumbre declarados para todas las subcategorías de los inventarios de GEI en los cinco países analizados. En este caso la diferencia entre los países Anexo I y No Anexo I no es identificable como en el análisis de los métodos utilizados. Si bien Australia presenta la menor incertidumbre promedio (49%), la de España (90%) es mayor que la de Chile (79%) y México (57%), siendo solo superada por la de Colombia (120%).

Se identificaron dos grupos en los que sus integrantes no muestran diferencias significativas. El grupo denominado como A en la Figura 3: España, Chile y Colombia; y el grupo B: Australia, Chile, México. La presencia de Chile en ambos grupos indica que sus niveles de incertidumbre no presentan diferencias significativas con los otros países.

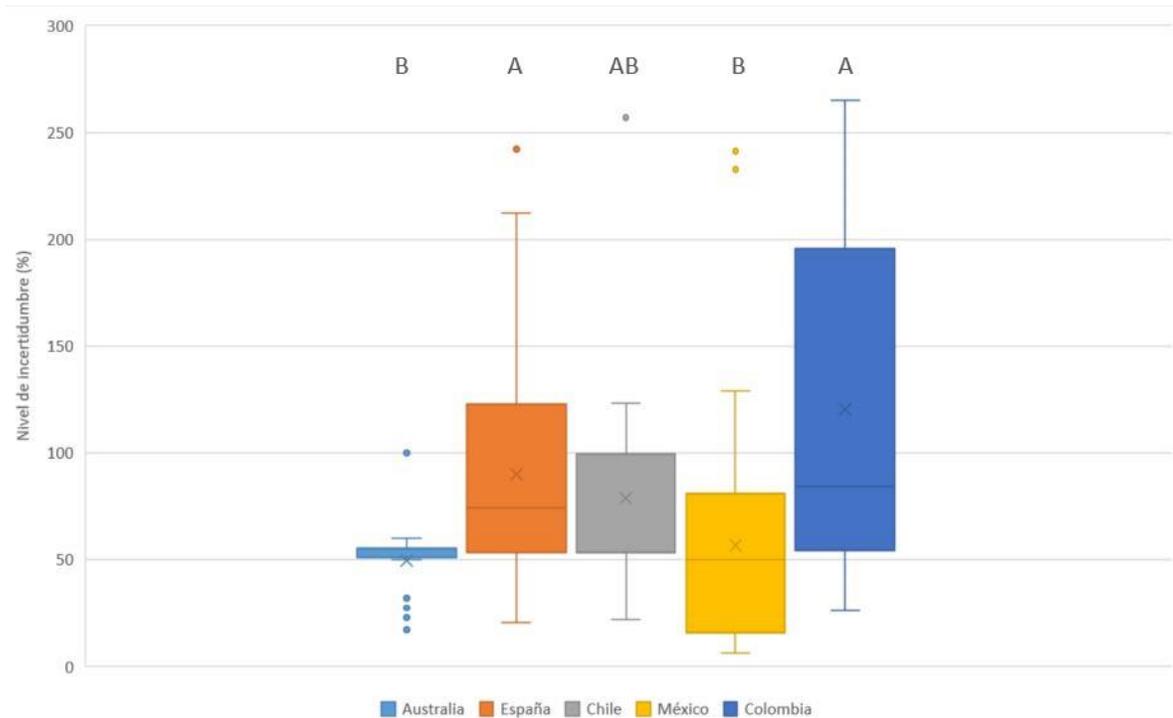


Figura 3. Distribución de los valores de incertidumbre en las estimaciones de las emisiones por subcategorías del sector silvoagropecuario en los cinco países analizados. El promedio es representado por ‘x’ dentro de cada caja.

En el caso de Chile, la Figura 4 muestra la incertidumbre promedio de cada subcategoría considerada en el análisis, además de las emisiones correspondientes en el año 2016, de acuerdo con las Directrices del IPCC de 2006; esto debido a que, en general, los valores dentro de una subcategoría no presentan una alta variabilidad, o incluso algunos cuentan con un solo valor. Los valores se mueven entre 33% y 257% de incertidumbre, siendo la subcategoría “Otras tierras” la de menor nivel de incertidumbre, y “Emisiones indirectas de N<sub>2</sub>O de los suelos gestionados” la de mayor porcentaje, seguida de “Tierras de cultivo” que presenta un porcentaje significativamente menor (123%). Cabe destacar que las emisiones de las subcategorías con mayor nivel de incertidumbre no son especialmente altas: 765 kt CO<sub>2</sub> eq en el caso de Emisiones indirectas de N<sub>2</sub>O de los suelos gestionados, y 1.551 kt CO<sub>2</sub> eq en el caso de Tierras de cultivo.

A nivel de categoría, la incertidumbre promedio de “Ganadería” es la menor con un 64%, seguida de la categoría “Tierras” con un 65%, mientras que “Fuentes agregadas y fuentes de emisión no CO<sub>2</sub> de la tierra” presenta una incertidumbre promedio de 115%.

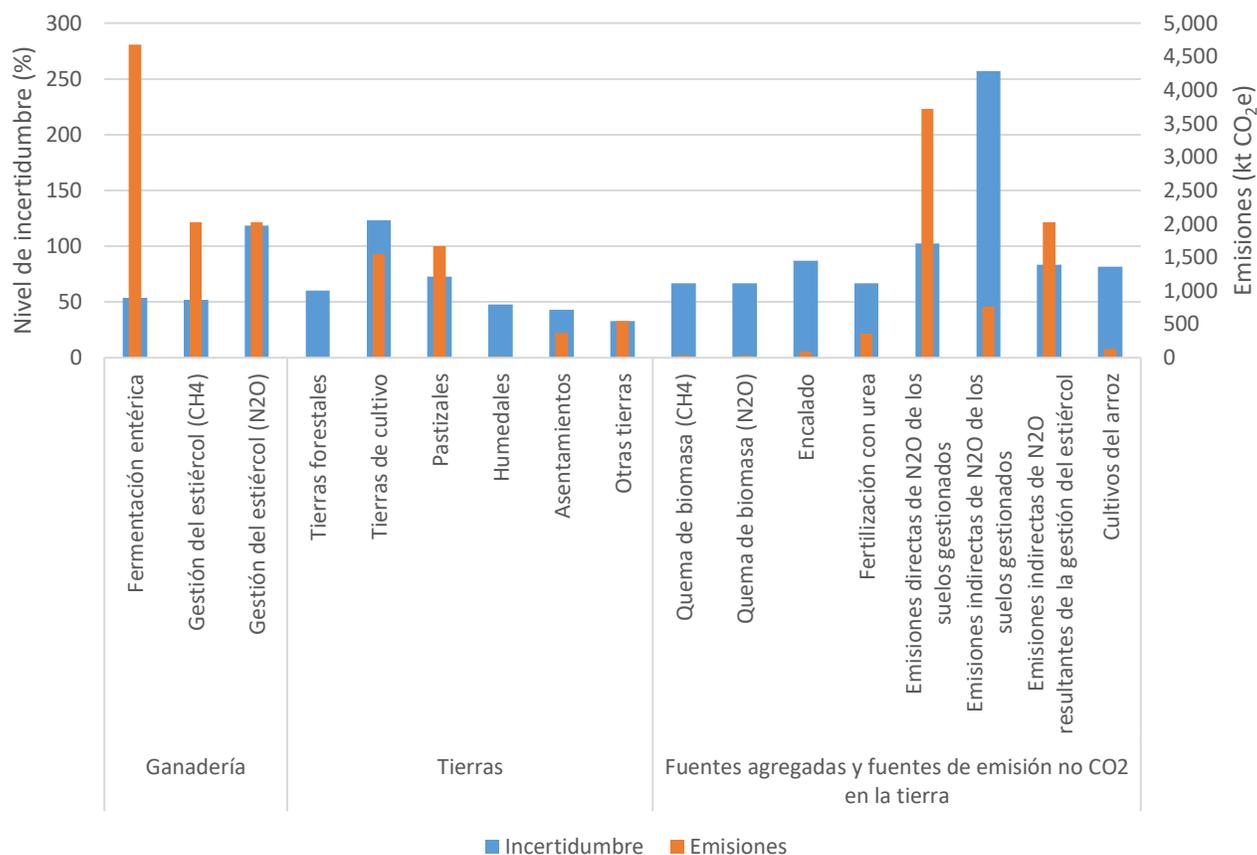


Figura 4. Incertidumbre en la estimación de las emisiones por subcategorías en el sector silvoagropastoral en Chile y emisiones correspondientes en el año 2016. Las emisiones de la categoría Tierras forestales no fueron incluidas debido a que son negativas (-69.647 kt CO<sub>2</sub> eq). Las emisiones indicadas en las categorías Gestión del estiércol (CH<sub>4</sub>), Gestión del estiércol (N<sub>2</sub>O) y Emisiones indirectas de N<sub>2</sub>O resultantes de la gestión del estiércol, corresponden a la suma de las tres categorías. Las emisiones indicadas en las categorías Quema de Biomasa (CH<sub>4</sub>) y Quema de biomasa (N<sub>2</sub>O), corresponden a la suma de las ambas categorías.

## **3.2 Evaluación de las medidas propuestas para mitigación y adaptación al cambio climático para el sector silvoagropecuario**

A continuación, se presentan los resultados obtenidos del análisis de las medidas propuestas para mitigación y adaptación al cambio climático del sector agropecuario.

### **3.2.1 Planes y estrategias de mitigación y al cambio climático**

Los resultados obtenidos de la comparación de las medidas de mitigación de Chile con los cuatro países seleccionados, con referencia en las recomendaciones de IPCC (2014) para el sector silvoagropecuario, se muestran a continuación; separados en los sectores forestal, agricultura, ganadería y sistemas integrados.

#### **3.2.1.1 Sector forestal**

En el sector forestal, Chile cuenta con medidas para seis de las siete categorías propuestas por el IPCC (2014). Sin embargo, en cuanto a la prevención de incendios forestales, Chile solo cuenta con una medida de mitigación aplicable: “Inclusión de elementos de manejo preventivo y restauración post incendios en Ley N°20.283”, incluida en la Estrategia Nacional de Cambio Climático y Recursos Vegetacionales (Ministerio de Agricultura, 2017), la que considera “entregar incentivos a un mayor número de propietarios que realicen manejo preventivo y restauración de áreas afectadas por incendios”. En comparación con el resto de los países, España cuenta con una medida similar, mientras que México considera también incrementar la vigilancia en zonas forestales como medida de prevención. Colombia y Australia no presentan medidas en esta materia.

Los resultados para el sector forestal se muestran en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Aplicación de medidas para el sector forestal propuestas por IPCC (2014) en los cinco países estudiados.

Categoría	Prácticas e impactos	México	Colombia	Chile	España	Australia
Reducción de la deforestación	C: Conservación de las reservas existentes de C en bosques y suelos mediante el control de la deforestación y otras perturbaciones antropogénicas como incendios y plagas. Reducción de tala, quema e incendios forestales.	Sí	Sí	Sí		Sí
	CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O: Protección de turberas e incendios forestales.	Sí			Sí	
Reforestación	C: Mejora de las reservas de biomasa mediante la plantación de árboles en tierras agrícolas no forestales. Incluye monocultivos o plantaciones de especies mixtas. Estas actividades también pueden proporcionar una gama de otros beneficios sociales, económicos y ambientales.	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Manejo forestal	C: Manejo de bosques para la producción sostenible de madera, incluyendo la extensión de los ciclos de rotación, reducción de daños a árboles restantes, reducción de residuos, implementación de prácticas de conservación del suelo, fertilización y uso de madera de una manera más eficiente, utilización sostenible de la energía de la madera.	Sí	Sí	Sí	Sí	
	CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O: Modificación del comportamiento ante incendios forestales.	Sí		Sí	Sí	
Restauración forestal	C: Protección de bosque secundarios y otros bosques degradados cuyas densidades de C en biomasa y suelo sean menores a su máximo, permitiéndoles secuestrar C por métodos naturales o regeneración artificial, rehabilitación de tierras degradadas y barbechos a largo plazo.	Sí	Sí	Sí		Sí
	CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O: Modificación del comportamiento ante incendios forestales.	Sí		Sí	Sí	

Adicionalmente, cabe destacar que España no cuenta con medidas de Reducción de la deforestación, ni de Restauración forestal; mientras que Australia no cuenta con medidas de Manejo Forestal.

### 3.2.1.2 Sector Agricultura

El Cuadro 6 muestra los resultados del subsector Manejo de cultivos.

Cuadro 6. Aplicación de medidas para el subsector Manejo de cultivos forestal propuestas por IPCC (2014) en los cinco países estudiados.

Categoría	Prácticas e impactos	México	Colombia	Chile	España	Australia
<b>Manejo de cultivos</b>						
Manejo de plantas	C: Prácticas de alto ingreso de carbono, como variedades mejoradas de cultivos, rotación de cultivos, uso de cultivos de cobertura, sistemas de cultivos perennes, biotecnología agrícola.			Sí		
	N <sub>2</sub> O: Mejorar la eficiencia del uso de N.					
Manejo de nutrientes	C: Aplicación de fertilizante y residuos para aumentar los rendimientos (especialmente importante en la agricultura de bajo rendimiento).					
	N <sub>2</sub> O: Cambio de la tasa de aplicación de fertilizante N, tipo de fertilizante, sincronización, aplicación de precisión, inhibidores.	Sí	Sí	Sí	Sí	
Manejo de labranza y residuos	C: Reducción de la intensidad de labranza, retención de residuos.	Sí	Sí	Sí	Sí	
Manejo de agua	C: Mejorar la disponibilidad de agua, incluyendo su cosecha y aplicación.	Sí	Sí	Sí		
	CH <sub>4</sub> : Descomposición de residuos vegetales					
	N <sub>2</sub> O: Manejo del drenaje para reducir emisiones, reducción de las filtraciones de N.					
Manejo de arroz	C: Retención de paja.					
	CH <sub>4</sub> : Manejo del agua, drenaje de arroz a mitad de temporada.					
	N <sub>2</sub> O: Gestión del agua, tasa de aplicación de fertilizante N, tipo de fertilizante, tiempo, aplicación de precisión.					
Restauración de turberas utilizadas para agricultura	C: Emisiones continuas de CO <sub>2</sub> por drenaje reducido (pero las emisiones de CH <sub>4</sub> pueden aumentar).					
Cambio de uso de suelo	C: Replantación a pastos y árboles nativos. Aumenta el secuestro de C.					
	N <sub>2</sub> O: Reducción de aplicación de N, dando como resultado una reducción de N <sub>2</sub> O.					
Aplicación de biochar	C: Enmienda del suelo para aumentar la productividad de la biomasa y secuestro C					
	N <sub>2</sub> O: Reducción de aplicación de N.					

En ella, se puede apreciar que, en cuanto al Manejo de plantas, solo Chile presenta medidas relacionadas, las cuales son:

- Adoptar sistemas de alerta y control integrado de plagas y enfermedades
- Impulsar el cambio en los calendarios de siembra para minimizar riesgos climáticos
- Fomentar el uso de sistemas de cultivo para la reducción del estrés térmico
- Desarrollar programas de mejoramiento genético para cultivos agrícolas vulnerables al cambio climático, usando herramientas convencionales y moleculares de última generación

Por otro lado, solo se encuentran medidas referentes al manejo de nutrientes en cuanto al “Cambio de la tasa de aplicación de fertilizante N, tipo de fertilizante, sincronización, aplicación de precisión, inhibidores”, práctica en la que México, Colombia, Chile y España presentan medidas. Australia no presenta ninguna medida en esta categoría.

En el caso del Manejo de labranza y residuos, Chile cuenta con dos medidas sugeridas en el proyecto MAPS:

- Fomento a la agricultura orgánica
- Secuestro de carbono por los suelos mediante la cero labranza

Los otros países que cuentan con medidas en esta categoría son México, Colombia y España. Australia no presenta medidas asociadas.

En cuanto al Manejo de agua, la única práctica que cuenta con medidas entre los países estudiados es Mejorar la disponibilidad de agua, incluyendo su cosecha y aplicación, para la que Chile presenta las medidas:

- Fortalecer la planificación y gestión de recursos hídricos a nivel nacional para optimizar el uso del agua en la agricultura
- Establecer un programa nacional para fomentar la gestión eficiente y sustentable del agua en la agricultura de riego
- Reforzar el Programa de Riego Campesino
- Implementación de sistemas de cosecha de agua lluvia para riego y bebida

México y Colombia también presentan medidas para abarcar esta categoría, mientras que España y Australia no cuentan con medidas de mitigación relacionadas. Para el resto de categorías en el sector Agricultura, ningún país presenta medidas.

El Cuadro 7 muestra los resultados del subsector Manejo de pastizales.

En este subsector, Chile no presenta ninguna medida, mientras que Colombia y España cuentan con medidas de Manejo de Plantas; México, Colombia y Australia de Manejo de animales; y México, España y Australia, de Manejo de incendios.

Cuadro 7. Aplicación de medidas para el subsector Manejo de pastizales propuestas por IPCC (2014) en los cinco países estudiados.

Categoría	Prácticas e impactos	México	Colombia	Chile	España	Australia
Manejo de pastizales						
Manejo de plantas	C: Variedades de césped mejoradas, composición del césped: hierbas de enraizamiento profundo, mayor productividad y manejo de nutrientes. Densidades de almacenamiento adecuadas, capacidad de carga, bancos de forraje y gestión mejorada del pastoreo.		Sí		Sí	
Manejo de animales	C: Densidades de almacenamiento adecuadas, gestión de la capacidad de carga, bancos de forraje y gestión mejorada del pastoreo, producción y diversificación de forraje.	Sí	Sí			Sí
	N <sub>2</sub> O: Densidad de población, gestión de residuos animales.	Sí	Sí			
Manejo de incendios	C: Uso mejorado del fuego para la gestión sostenible de los pastizales. Prevención de incendios y mejor quema prescrita.	Sí			Sí	Sí

El Cuadro 8 muestra los resultados de los subsectores Revegetación y Otros.

Cuadro 8. Aplicación de medidas para los subsectores Revegetación y Otros, propuestas por IPCC (2014) en los cinco países estudiados.

Categoría	Prácticas e impactos	México	Colombia	Chile	España	Australia
<b>Revegetación</b>						
Revegetación	C: El establecimiento de vegetación que no cumple con las definiciones de forestación y reforestación		Sí			
	CH <sub>4</sub> : El aumento del pastoreo por rumiantes puede aumentar las emisiones netas.					
	N <sub>2</sub> O: Reducción de aplicación de N.					
<b>Otros</b>						
Restauración de suelos orgánicos	C: Restauración del carbono del suelo en turberas; reducción de emisiones del carbono en suelo mediante un mejor manejo de la tierra.	Sí		Sí	Sí	Sí
	CH <sub>4</sub> : Podría aumentar.					
Restauración de suelos degradados	C: Recuperación de tierras (forestación, gestión de la fertilidad del suelo, conservación del agua, mejora de los nutrientes del suelo, barbecho mejorado).					
Aplicación de biosólidos	C: Uso de estiércol animal y otros biosólidos para mejorar el manejo del nitrógeno; técnicas integradas de ganadería.					

En cuanto a la Revegetación, solo Colombia presenta la medida “Realizar siembras y manejos de pasturas”. El resto de países no cuenta con medidas en esta categoría.

En el caso de la Restauración de suelos orgánicos, Chile cuenta con las siguientes medidas sugeridas en el Proyecto MAPS:

- Fomento a la agricultura orgánica
- Secuestro de carbono en suelos agrícolas por aplicación e incorporación de materia orgánica estabilizada en forma regular.

México, España y Australia presentan medidas dirigidas a la misma categoría. El resto de categorías no cuentan con medidas de ninguno de los países estudiados.

### 3.2.1.3 Sector Ganadería

El

Cuadro 9 muestra las medidas del sector ganadería.

Cuadro 9. Aplicación de medidas para el sector Ganadería propuestas por IPCC (2014) en los cinco países estudiados.

Categoría	Prácticas e impactos	México	Colombia	Chile	España	Australia
Alimentación	CH <sub>4</sub> : Mejora de la alimentación y aditivos dietéticos para reducir las emisiones de la fermentación entérica; incluyendo forraje mejorado, aditivos dietéticos (compuestos bioactivos, grasas), ionóforos/antibióticos, potenciadores de propionato, inhibidores de arqueas, suplementos de nitrato y sulfato.			Sí		Sí
Cría y otra gestión a largo plazo	CH <sub>4</sub> : Razas mejoradas con mayor productividad (emisiones más bajas por unidad de producto) o con emisiones reducidas de fermentación entérica; tecnología microbiana tal como vacunas arqueológicas, metanótrofos, acetógenos, difamación del rumen, bacteriófagos y probióticos; fertilidad mejorada.					
Manejo de estiércol	CH <sub>4</sub> : Manipulación del lecho y las condiciones de almacenamiento, digestores anaeróbicos; biofiltros, aditivos dietéticos. N <sub>2</sub> O: Manipulación de las dietas de ganado para reducir la excreta de N, inhibidores de nitrificación en alimentos y suelos, inhibidores de ureasa, tipo de fertilizante, tasa y tiempo, manipulación de prácticas de aplicación de estiércol, manejo del pastoreo.		Sí	Sí	Sí	Sí

En la categoría Alimentación, Chile presenta las siguientes medidas sugeridas en los resultados del Proyecto MAPS:

- Mejoramiento de la dieta de alimentación en bovinos
- Mejoramiento genético vegetal

Solo Australia presenta también una medida relacionada; mientras que México, Colombia y España no cuentan con medidas. Por otro lado, la única otra categoría que cuenta con medidas entre los países estudiados es el Manejo de estiércol, en la que Chile cuenta con la siguiente medida sugerida en el Proyecto MAPS:

- Implementación de biodigestores

En esta línea, Colombia, España y Australia también cuentan con medidas asociadas al manejo de estiércol.

### 3.2.1.4 Sector Sistemas Integrados

El Cuadro 10 muestra los resultados de las medidas del sector Sistemas integrados.

Cuadro 10. Aplicación de medidas para el sector Sistemas Integrados propuestas por IPCC (2014) en los cinco países estudiados.

Categoría	Prácticas e impactos	México	Colombia	Chile	España	Australia
Agroforestería (incluyendo agropastoral y sistemas agrosilvopastorales)	C: Los sistemas de producción mixtos pueden aumentar la productividad y la eficiencia de la tierra en el uso del agua y otros recursos y proteger contra la erosión del suelo, así como cumplir los objetivos de secuestro de carbono. N <sub>2</sub> O: Reducción de aplicación de N.	Sí	Sí			Sí
Otros sistemas mixtos de producción de biomasa	C: Los sistemas de producción mixtos, como los sistemas de doble cultivo y los sistemas mixtos de cultivo y ganadería, pueden aumentar la productividad de la tierra y la eficiencia en el uso del agua y otros recursos, así como cumplir los objetivos de secuestro de carbono. Los pastos perennes (Ej., Bambú) se pueden cultivar de la misma manera que las plantas leñosas en los cinturones protectores y las zonas ribereñas franjas de protección, proporcionan servicios ambientales y apoyan el secuestro de C y la producción de biomasa. N <sub>2</sub> O: Reducción de aplicación de N.	Sí	Sí			
Integración de la producción de biomasa con el procesamiento posterior en los sectores de alimentos y bioenergía.	C: Integrando la producción de materia prima con conversión, típicamente produciendo alimento para animales que puede reducir la demanda de alimentos cultivados como la soja y el maíz y también puede reducir los requisitos de pastoreo. Uso de residuos agrícolas y forestales para la producción de energía. N <sub>2</sub> O: Reducción de aplicación de N.	Sí	Sí	Sí		

En la categoría Agroforestería, Chile no presenta ninguna medida, al igual que España, mientras que México y Colombia y Australia sí cuentan con medidas basadas en la implementación y aumento de sistemas agrosilvopastoriles.

La misma situación se presenta en la categoría “Otros sistemas mixtos de producción de biomasa”, para la que México y Colombia presentan medidas orientadas a impulsar prácticas agrícolas de conservación con la intención de aumentar la captura de C en suelos y biomasa, y siembra de sistemas mixtos, respectivamente.

En cuanto a la categoría “Integración de la producción de biomasa con el procesamiento posterior en los sectores de alimentos y bioenergía”, Chile propone la Implementación de

biodigestores; mientras que México el aprovechamiento de los residuos de actividades pecuarias; y Colombia, piscinas de exudación en plantaciones de palma de aceite, uso de residuos de cosechas para generación de energía, y siembra de cultivos específicos para incrementar la producción de biocombustibles. España y Australia no presentan medidas en estas categorías.

En general, el país que cuenta con una mayor cantidad de medidas en relación a las propuestas por IPCC es México, que presenta medidas para un 39% de las propuestas. Le sigue Colombia con un 34%, Chile con un 32%, España con 25%, y finalmente Australia con 20%.

El Cuadro 11 muestra los porcentajes de medidas de cada país con respecto a las propuestas del IPCC para la mitigación de gases de efecto invernadero en cada categoría.

Cuadro 11. Proporción de medidas (%) propuestas por cada país en relación a las propuestas de IPCC.

Categoría	Propuestas	México	Colombia	Chile	España	Australia
Silvicultura	7	100	57	86	71	43
Agricultura	27	26	26	19	19	11
Ganadería	4	0	25	50	25	50
Sistemas integrados	6	50	50	17	0	17
Promedio	-	39	34	32	25	20

En la categoría Silvicultura, México destaca con la totalidad de las propuestas de IPCC abordadas, mientras que para Chile, es también la categoría con un mayor porcentaje de cumplimiento, 86%.

Cabe destacar que, considerando el total de medidas, solo los países No Anexo I, logran porcentajes por sobre un 30%, y solo se encuentra un valor por sobre 50% en la categoría Silvicultura en el caso de España.

### **3.2.2 Lineamientos de la Organización de la Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) para la alimentación y agricultura sostenibles y la agricultura climáticamente inteligente**

A continuación, se presentan los resultados de la evaluación de las medidas de mitigación y adaptación, tomando como referencia los lineamientos de FAO, considerando los

documentos *Construyendo una visión común para la agricultura y alimentación sostenibles* (FAO, 2015) y *Climate-Smart Agriculture Sourcebook*. (FAO, 2013).

### **3.2.2.1 Construyendo una visión común para la agricultura y alimentación sostenibles**

Los resultados de la comparación de las medidas de mitigación y adaptación al cambio climático de Chile con los lineamientos de FAO (2015) para construir una visión común para la agricultura y alimentación sostenibles, se muestran a continuación, divididos en los sectores Cultivos, Ganadería y Forestación.

#### **3.2.2.1.1 Sector Cultivos**

El Cuadro 12 muestra la cantidad de medidas propuestas relacionadas con cada política o práctica clave en los lineamientos de FAO en el sector Cultivos.

Cuadro 12. Cantidad de medidas por política o práctica clave para el sector Cultivos.

Sector	Principio	Política o práctica clave	Nº de medidas
Cultivos	1. El uso más eficiente de los recursos es un factor decisivo para una agricultura sostenible	1. Carteras genéticamente diversas de variedades	1
		2. Agricultura de conservación	0
		3. Uso racional de fertilizantes orgánicos e inorgánicos, mejor gestión de la humedad del suelo	1
		4. Mayor productividad del agua, agricultura de precisión	>3
		5. Gestión integrada de plagas (GIP)	2
	2. La sostenibilidad requiere una acción directa encaminada a conservar, proteger y mejorar los recursos naturales	1. Uso de mejores prácticas de biodiversidad, tales como conservación <i>in situ</i> y <i>ex situ</i> de recursos genéticos de plantas, MIP...	0
		2. Uso de mejores prácticas de rehabilitación del suelo, apropiados sistemas de cultivo ...	3
		3. Uso de mejores prácticas de gestión del agua: riego deficitario, prevención de la contaminación del agua...	>3
		4. Pagos por utilización y por prestación de servicios de ecosistemas, tales como polinizadores, secuestro de carbono...	0
		5. Políticas, leyes, incentivos y medidas coercitivas para promover lo anterior	1
	3. La agricultura que no proteja los medios de subsistencia rurales y mejora la equidad y el bienestar rural es insostenible	1. Aumentar/proteger el acceso de los agricultores a recursos (tierra, agua, crédito), sistemas equitativos de tenencia de la tierra y del agua	>3
		2. Acceso más expedito de los agricultores a los mercados mediante creación de capacidades, crédito, infraestructuras	2
		3. Aumento de las oportunidades de empleo rural, p. ej. en actividades de sostenibilidad de pequeñas y medianas empresas y actividades conexas	0
		4. Mejoramiento de la nutrición rural: producción de más alimentos nutritivos y variados, incluidas frutas y verduras, a precio asequible	0
	4. La agricultura sostenible debe aumentar la resiliencia de las personas, las comunidades y los sistemas	1. Generalización de la evaluación/gestión de riesgos y la comunicación	1
2. Prepararse para adaptarse al cambio climático		>3	
3. Responder a la inestabilidad del mercado, p.ej: alentando la flexibilidad en los sistemas de producción, y el ahorro		0	
4. Planificación para contingencias relacionadas con sequías, inundaciones y brotes de plagas, desarrollo; redes de protección social		2	
5. Una alimentación y una agricultura sostenibles requieren mecanismos de gobernanza responsables y eficaces	1. Aumentar la participación efectiva	3	
	2. Alentar la formación de asociaciones	0	
	3. Aumentar la frecuencia y el contenido de las consultas entre los interesados	1	
	4. Desarrollar capacidad descentralizada	2	

Destacan entre las políticas o prácticas clave con mayor número de medidas asociadas en Chile:

- **Mayor productividad del agua, agricultura de precisión y Uso de mejores prácticas de gestión del agua: riego deficitario, prevención de la contaminación del agua:** Cuenta con medidas de planificación gestión de recursos hídricos, riego eficiente, investigación e innovación en la gestión del agua e implementación de sistemas de cosecha de aguas lluvias.
- **Aumentar/proteger el acceso de los agricultores a recursos (tierra, agua, crédito), sistemas equitativos de tenencia de la tierra y del agua:** Cuenta con medidas de programas de riego campesino, adaptación del Seguro Agrícola al cambio climático, apoyo a la inversión y mejoras al sistema crediticio, e inclusión de propietarios con escasa seguridad jurídica de tenencia de la tierra.
- **Aumentar la participación efectiva:** Cuenta con medidas como un sistema de información para la adaptación al cambio climático, capacitaciones, y educación ambiental.

Por otra parte, de las 22 políticas o prácticas clave, 7 no cuentan con medidas en las propuestas de Chile.

#### **3.2.2.1.2 Sector Ganadería**

El Cuadro 13 muestra la cantidad de medidas propuestas relacionadas con cada política o práctica clave en los lineamientos de FAO (2015) en el sector Ganadería.

Cuadro 13. Cantidad de medidas por política o práctica clave para el sector Ganadería.

Sector	Principio	Política o práctica clave	N° de medidas
Ganadería	1. El uso más eficiente de los recursos es un factor decisivo para una agricultura sostenible	1. Base genéticamente diversa de especies	0
		2. Uso más eficiente de los recursos	1
		3. Alimentación y nutrición animal equilibrada y de precisión	2
		4. Control integrado de la salud animal	0
	2. La sostenibilidad requiere una acción directa encaminada a conservar, proteger y mejorar los recursos naturales	1. Conservación in situ y ex situ de materiales genéticos animales	0
		2. Uso de praderas (para biodiversidad, almacenaje de carbono y servicios de agua)	2
		3. Protección del agua frente a la contaminación mediante la gestión de desechos	1
		4. Uso de mejores prácticas para reducir la intensidad de las emisiones	1
		5. Implementación de un sistema de pagos por uso y suministro de servicios ambientales, por ejemplo cargos por pastoreo	0
		6. Implementación de políticas, leyes, incentivos y normas coercitivas para promover lo anterior	2
	3. La agricultura que no proteja los medios de subsistencia rurales y mejora la equidad y el bienestar rural es insostenible	1. Ampliación/protección del acceso de los agricultores a los recursos, tales como pasturas, agua, crédito	2
		2. Mayor acceso de los agricultores a los mercados: creación de capacidades, crédito, infraestructura	1
		3. Aumento de las oportunidades de empleo rural, p. ej. en actividades de sostenibilidad de pequeñas y medianas empresas y actividades conexas	0
		4. Mejoramiento de la nutrición rural: producción de más alimentos nutritivos y variados, incluidas frutas y verduras, a precio asequible	0
	4. La agricultura sostenible debe aumentar la resiliencia de las personas, las comunidades y los sistemas	1. Generalización de la evaluación/gestión de riesgos y la comunicación	0
		2. Prepararse para/adaptarse al cambio climático	3
		3. Responder a la inestabilidad del mercado, p. ej. alentando la flexibilidad en los sistemas de producción, y el ahorro	0
		4. Planificación para contingencias relacionadas con sequías, inundaciones y brotes de plagas, desarrollo; redes de protección social	1
	5. Una alimentación y una agricultura sostenibles requieren mecanismos de gobernanza responsables y eficaces	1. Aumentar la participación efectiva	2
		2. Alentar la formación de asociaciones	0
3. Aumentar la frecuencia y el contenido de las consultas entre los interesados		0	
4. Desarrollar capacidad descentralizada		2	

Las políticas o prácticas clave relevantes, que cuentan con más medidas son:

- **Alimentación y nutrición animal equilibrada y de precisión:** Cuenta con medidas de mejoramiento de la dieta de alimentación en bovinos y mejora genética vegetal.

- **Uso de praderas (para biodiversidad, almacenaje de carbono y servicios de agua):** Cuenta con medidas como franjas de amortiguación para la ganadería y el fortalecimiento y ampliación de Consejos de manejo de veranadas.
- **Ampliación/protección del acceso de los agricultores a los recursos, tales como pasturas, agua, crédito:** Cuenta con medidas de apoyo a la inversión y mejoras al sistema crediticio, e inclusión de propietarios con escasa seguridad jurídica de tenencia de la tierra.

Por otra parte, de las 22 políticas o prácticas clave, 10 no cuentan con medidas relacionadas.

#### **3.2.2.1.3 Forestación**

El Cuadro 14 muestra la cantidad de medidas propuestas relacionadas con cada política o práctica clave en los lineamientos de FAO (2015) en el sector Forestal.

Cuadro 14. Cantidad de medidas por política o práctica clave para el sector Forestación.

Principio	Política o práctica clave	Nº de medidas	
Forestación	1. El uso más eficiente de los recursos es un factor decisivo para una agricultura sostenible	1. Gestión sostenible de bosques naturales y plantaciones forestales 2. Aumento del área forestada y desaceleración del proceso de deforestación 3. Uso más eficiente de energía basada en la madera 4. Desarrollo de productos forestales renovables innovadores 5. Mejoramiento de árboles para respaldar la productividad y la resiliencia	2 3 2 1 1
	2. La sostenibilidad requiere una acción directa encaminada a conservar, proteger y mejorar los recursos naturales	1. Conservación de la biodiversidad y de los recursos genéticos forestales 2. Restauración y rehabilitación de paisajes degradados 3. Papel más destacado de los bosques en la protección y conservación del suelo 4. Papel más destacado de los bosques en la protección y conservación de los recursos hídricos 5. Utilización de tecnologías de cosecha de impacto reducido 6. Certificación de gestión de bosques	2 >3 0 0 0 0
	3. La agricultura que no proteja los medios de subsistencia rurales y mejora la equidad y el bienestar rural es insostenible	1. Mejorar los derechos de tenencia de la tierra y acceso a recursos forestales 2. Fomentar la participación de interesados locales, incluidas comunidades y grupos de mujeres 3. Promover el desarrollo de empresas de pequeña y mediana escala 4. Suministro de empleo basado en bosques, incluidas disposiciones sobre salud y seguridad 5. Establecer planes de pago por servicios ambientales (PSE) 6. Integrar la forestación en las estrategias de reducción de la pobreza	1 1 1 0 0 0
	4. La agricultura sostenible debe aumentar la resiliencia de las personas, las comunidades y los sistemas	1. Aumentar la resiliencia de los ecosistemas a riesgos bióticos y abióticos, incluidos fenómenos de cambio climático, plagas y enfermedades, incendios forestales 2. Prevenir la transmisión de agentes patógenos a otros países a través del comercio internacional 3. Integrar la prevención y la gestión de riesgos en la planificación del uso sostenible de la tierra	>3 1 0
	5. Una alimentación y una agricultura sostenibles requieren mecanismos de gobernanza responsables y eficaces	1. Crear capacidad de personal e institucional 2. Respaldar una buena gobernanza de las zonas rurales 3. Descentralizar la adopción de decisiones y empoderar a las comunidades rurales para promover una forestación participativa 4. Crear paquetes de incentivos financieros para respaldar la inversión privada y hacer posible una distribución equitativa de los beneficios 5. Aplicar mecanismos de mediación y otros mecanismos de resolución de conflictos en el contexto de una buena gestión de recursos 6. Mejorar las comunicaciones para articular mejor los múltiples beneficios de los bosques	1 0 0 2 0 0

Las políticas o prácticas clave relevantes, que cuentan con más medidas son:

- **Aumento del área forestada y desaceleración del proceso de deforestación:** Cuenta con medidas como la modificación y fortalecimiento de la Ley N°20.283 sobre Recuperación de Bosque Nativo y Fomento Forestal y sus reglamentos, un programa de forestación y revegetación en comunas/áreas priorizadas, e instrumentos de fomento a la forestación.
- **Restauración y rehabilitación de paisajes degradados:** Cuenta con medidas como el fortalecimiento de restauración ecológica en comunas/áreas priorizadas, la modificación de la Ley N°19.561 que exime de reforestación a recuperación agrícola, y la focalización del programa de restauración y fiscalización para promover la sustentabilidad de la gestión forestal.
- **Aumentar la resiliencia de los ecosistemas a riesgos bióticos y abióticos, incluidos fenómenos de cambio climático, plagas y enfermedades, incendios forestales:** Cuenta con medidas como un programa de restauración de ecosistemas afectados post incendios forestales, el fortalecimiento del programa “Comunidades Preparadas frente a los Incendios Forestales”, y el fortalecimiento al Programa de protección fitosanitaria de los recursos vegetacionales nativos.

Por otro lado, de las 26 políticas o prácticas clave, 12 no cuentan con medidas asociadas.

En general, con respecto a las 70 propuestas de FAO (2015), Chile presenta medidas que cumplen con 41 de ellas, un 59%; como se muestra en el Cuadro 15.

Cuadro 15. Resumen de medidas propuestas en relación a propuestas de FAO.

<u>Categoría</u>	<u>Propuestas FAO</u>	<u>Medidas</u>	<u>Porcentaje</u>
Cultivos	22	15	68%
Ganadería	22	12	55%
Forestación	26	14	54%
<b>Total</b>	<b>70</b>	<b>41</b>	<b>59%</b>

La categoría en la que se cuenta con un mayor porcentaje de medidas con respecto a las propuestas es “Cultivos”, con un 68%.

### 3.2.2.2 Agricultura climáticamente inteligente

Los siguientes cuadros muestran los resultados de la comparación de las medidas de mitigación y adaptación al cambio climático de Chile con los lineamientos de FAO (2013) para una agricultura climáticamente inteligente.

El Cuadro 16, muestra la cantidad de medidas por política o práctica clave para la agricultura climáticamente inteligente en los módulos Manejo del agua y Manejo de suelos

Cuadro 16. Cantidad de medidas por política o práctica clave para la agricultura climáticamente inteligente en los módulos Manejo del agua y Manejo de suelos.

Módulo	Opciones	Ejemplos o explicación	Nº de medidas
Manejo del agua	1. Inversiones	Almacenamiento, Modernización de riego, Drenaje, Embalses	>3
	2. Manejo de tierras, aguas y cultivos	Mejorar suelos, Manejo integrado, Mejora de patrones de cultivos	2
	3. Políticas, instituciones y capacidades	Seguros, Fortalecimiento de acceso, Monitoreo hidrológico	3
Manejo de suelos	1. Análisis del estado de los suelos	-	0
	2. Prevención de conversión de suelos y protección de tierras vulnerables de pérdida de materia orgánica	-	1
	3. Prevención y mitigación de la degradación de tierras	-	0
	4. Control de la erosión del suelo	-	1
	5. Mejora del almacenamiento de agua	-	1
	6. Mejora de la estructura del suelo con materia orgánica	-	3
	7. Manejo de la materia orgánica del suelo para secuestro de carbono	-	3
	8. Mejorar el manejo de nutrientes	-	1

En este caso, la opción más relevante, que cuenta con varias medidas propuestas por Chile es:

- **Inversiones:** Cuenta con medidas de planificación y gestión de recursos hídricos a nivel nacional, un programa nacional para fomentar la gestión eficiente y sustentable del agua en la agricultura de riego, investigación e innovación, cosecha de aguas lluvias, y el diseño e implementación de un programa de investigación sobre la huella del agua, de manera de incorporar tecnologías que permitan la reducción en el uso del recurso hídrico en los puntos críticos de las cadenas productivas de los productos agropecuarios.

El Cuadro 17, muestra la cantidad de medidas por política o práctica clave para la agricultura climáticamente inteligente en los módulos Buen manejo de la energía para la ACI, Conservación y uso sustentable de los recursos genéticos para alimentos y agricultura y Sistema de producción de cultivos climáticamente inteligente.

Cuadro 17. Cantidad de medidas por política o práctica clave para la agricultura climáticamente inteligente en los módulos Buen manejo de la energía para la ACI, Conservación y uso sustentable de los recursos genéticos para alimentos y agricultura y Sistema de producción de cultivos climáticamente inteligente.

Modulo	Opciones	Ejemplos o explicación	Nº de medidas
Buen manejo de la energía para la ACI	1. Incrementos sustentables en productividad e ingresos	Mejorar la relación entre producción y energía	0
	2. Fortalecer la resiliencia al cambio climático	Diversificación de fuentes de energía	1
	3. Mitigar el cambio climático	Reducción del consumo energético	0
Conservación y uso sustentable de los recursos genéticos para alimentos y agricultura			1
Sistema de producción de cultivos climáticamente inteligente	1. Mantener un suelo saludable para mejorar los servicios ecosistémicos relacionados con el suelo y la nutrición de los cultivos		>3
	2. Cultivo de una gama más amplia de especies y variedades en asociaciones, rotaciones y secuencias		1
	3. Utilización semillas de calidad y materiales de siembra de variedades bien adaptadas y de alto rendimiento		1
	4. Adoptar el manejo integrado de plagas, enfermedades y malezas		1
	5. Gestión eficiente del agua		>3

En el cuadro anterior, las opciones que cuentan con más medidas son:

- **Mantener un suelo saludable para mejorar los servicios ecosistémicos relacionados con el suelo y la nutrición de los cultivos:** Cuenta con medidas enfocadas impulsar el cambio en los calendarios de siembra para minimizar riesgos climáticos, fomentar el uso de sistemas de cultivo para la reducción del estrés térmico, uso de fertilizantes con inhibidores del ciclo del nitrógeno, fomento a la agricultura orgánica y secuestro de carbono por los suelos mediante la cero labranza.
- **Gestión eficiente del agua:** Cuenta con medidas de planificación y gestión de recursos hídricos a nivel nacional, un programa nacional para fomentar la gestión eficiente y sustentable del agua en la agricultura de riego, investigación e innovación, y el diseño e implementación de un programa de investigación sobre la huella del agua, de manera de incorporar tecnologías que permitan la reducción en el uso del recurso hídrico en los puntos críticos de las cadenas productivas de los productos agropecuarios.

El Cuadro 18, muestra la cantidad de medidas por política o práctica clave para la agricultura climáticamente inteligente en los módulos Ganadería climáticamente inteligente y Silvicultura climáticamente inteligente.

Cuadro 18. Cantidad de medidas por política o práctica clave para la agricultura climáticamente inteligente en los módulos Ganadería climáticamente inteligente y Silvicultura climáticamente inteligente.

Modulo	Opciones	Ejemplos o explicación	Nº de medidas
Ganadería climáticamente inteligente	1. Manejo de cultivos y pastizales	Variedades mejoradas, manejo de residuos, manejo de pasturas	>3
	2. Manejo del agua	Manejo y eficiencia del uso del agua	2
	3. Manejo del ganado	Alimentos, integración con el ecosistema, razas y especies mejoradas, manejo de estiércol	1
Silvicultura climáticamente inteligente	1. Mejorar las contribuciones de los bosques y los árboles a la seguridad alimentaria y los medios de vida		0
	2. Reducir la vulnerabilidad y aumentar la resiliencia de los bosques y las personas		3
	3. Abordar la deforestación y la degradación forestal para ayudar a salvaguardar la seguridad alimentaria		>3

En los módulos Ganadería climáticamente inteligente y Silvicultura climáticamente inteligente, las opciones con mayor cantidad de medidas, son:

- **Manejo de cultivos y pastizales:** Cuenta con medidas como el programa de transferencia tecnológica de alternativas de manejo y uso de residuos silvoagropecuarios, franjas de amortiguación para actividad ganadera, fortalecimiento y ampliación de Consejos de manejo de veranadas, el programa de investigación agropecuaria y la limitación de aplicación de la Ley N°20.412 en suelos de Aptitud Preferentemente Forestal.
- **Abordar la deforestación y la degradación forestal para ayudar a salvaguardar la seguridad alimentaria:** Cuenta con medidas como la modificación y fortalecimiento de la Ley N°20.283 sobre Recuperación de Bosque Nativo y Fomento Forestal y sus reglamentos, la modificación Ley N°19.561 que exime de reforestación a recuperación agrícola, la incorporación de variables de conservación de bosques a la Ley N°18.450, la focalización del programa de restauración y fiscalización para promover la sustentabilidad de la gestión forestal, y la reducción de talas ilegales en bosque nativo.

Por otro lado, de las 26 opciones, 5 no cuentan con medidas relacionadas entre las propuestas de Chile.

En general, con respecto a las 26 propuestas de FAO (2013) para una agricultura climáticamente inteligente, Chile cuenta con medidas que cumplen con 21 de ellas, un 81%, de acuerdo con el Cuadro 19.

Cuadro 19. Resumen de medidas propuestas en relación a propuestas de FAO

Categoría	Propuestas FAO	Medidas	Chile
Manejo del agua	3	3	100%
Manejo de suelos	8	6	75%
Buen manejo de la energía	3	1	33%
Conservación y uso sustentable de los recursos genéticos para alimentos y agricultura	1	1	100%
Sistema de producción de cultivos climáticamente inteligente	5	5	100%
Ganadería climáticamente inteligente	3	3	100%
Silvicultura climáticamente inteligente	3	2	67%
Total	26	21	81%

Destacan las categorías “Manejo del agua”, “Conservación y uso sustentable de los recursos genéticos para alimentos y agricultura”, “Sistema de producción de cultivos climáticamente inteligente” y “Ganadería climáticamente inteligente”, en las que la totalidad de sus propuestas se encuentran cubiertas. Por otro lado, la categoría “Buen manejo de la energía” es la de menor porcentaje de cumplimiento con un 33%.

## 4 DISCUSIÓN

### 4.1 Evaluación del nivel de especificidad e incertidumbre

La comparación de los niveles de especificidad de la información utilizada en los inventarios de gases de efecto invernadero de los países estudiados, muestra una notoria diferencia entre los países Anexo I y los países No Anexo I. Al respecto, el Protocolo de Kioto, en su artículo 7, estableció en el año 1998 que los países Anexo I debían presentar anualmente ante la CMNUCC sus inventarios de gases de efecto invernadero (CMNUCC, 1998); situación que se extendió a los países No Anexo I en el año 2015 mediante el Acuerdo de París (CMNUCC, 2015). De esta forma, Australia y España, en su condición de países Anexo I, han entregado sus informes de inventarios de gases de efecto invernadero ante la CMNUCC anualmente desde el año 2003; Chile ha entregado informes en los años 2015, 2017 y 2018; Colombia en 2019; y México en 2019 (CMNUCC, 2019). Si bien el desarrollo de informes de inventarios de GEI no implica que las estimaciones no se hayan desarrollado para el resto de los años, se puede asumir que los países Anexo I poseen una mayor experiencia derivada de sus obligaciones ante la CMNUCC, debido a su mayor responsabilidad en las emisiones de GEI a través de la historia.

En relación a los países No Anexo I estudiados, Chile presenta una proporción similar a la de México en la utilización de los métodos de cálculo, aunque con mayor proporción del método Nivel 1 y menor en el Nivel 2; mientras que Colombia muestra una mayor proporción de utilización del método Nivel 2 (27%, contra un 15% de Chile). De esta forma, Chile es el país que presenta una menor especificidad en la información utilizada en su inventario de GEI entre los países estudiados.

Al evaluar la incertidumbre de cada componente de la estimación, datos de actividad y factor de emisión (47% y 119% en promedio, respectivamente), se evidencia que los factores de emisión son en general poco específicos, siendo la razón principal de la utilización del método Nivel 1, independientemente de la disponibilidad de datos de actividad.

Por otra parte, Chile presenta la mayor proporción de entradas No Estimadas o No Reportadas entre los países estudiados, al mismo nivel de México (Figura 2). Sin embargo, dicho resultado se debe a la forma en que se reportaron las categorías en el último informe de inventario de gases de efecto invernadero de Chile, del año 2018. En éste, el sector “Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura” se reportaron las categorías que corresponden a cambios de uso de la tierra de forma agregada, mientras que en las directrices del IPCC (2006), utilizadas como referencia, se encuentran desagregadas de acuerdo al uso de suelo inicial. Como referencia, en el informe de inventario de gases de efecto invernadero de Chile de 2016, las categorías mencionadas fueron reportadas de forma desagregada, lo que habría generado resultados distintos en cuanto a la cantidad de entradas No Reportadas.

Los resultados del análisis de incertidumbre muestran diferencias con respecto al nivel de especificidad, tomando en cuenta los valores promedio, donde Chile muestra menores niveles de incertidumbre que España y Colombia. Sin embargo, también es necesario considerar que los valores promedio se ven afectados por la cantidad de categorías que no cuentan con un dato; es decir, entradas No Estimada, No Reportada, No ocurre y No Aplica.

Debido a que no se identificaron diferencias significativas entre los países Anexo I y los No Anexo I, ni entre Chile y el resto de los países estudiados, no se puede confirmar que los países Anexo I presenten mejores resultados, lo que sí sucede con los niveles de especificidad. Esto se expresa principalmente en el alto nivel de incertidumbre presentado por España y al bajo nivel de México. Además, es posible confirmar que no existe una relación directa entre los niveles de especificidad y los de incertidumbre.

Si bien Colombia presenta el mayor valor de incertidumbre promedio (120%), la categoría “Manejo de estiércol (N<sub>2</sub>O)” representa en gran medida dicho valor, ya que todas sus subcategorías se encuentran sobre 200%, valor que se produce por la alta incertidumbre en los factores de emisión utilizados. Después de Australia, Chile presenta la menor amplitud en el nivel de incertidumbre (Figura 3) evidenciando que los datos y métodos utilizados son similares entre las distintas categorías estimadas y que, a pesar de presentar un alto porcentaje de utilización del método Nivel 1, la incertidumbre combinada no resulta superior a la del resto de los países. Esto se debe principalmente a que la incertidumbre de los datos de

actividad de Chile es menor a la de los factores de emisión, lo que disminuye el nivel de la incertidumbre combinada.

Por otro lado, como las dos subcategorías con mayor nivel de incertidumbre en Chile, “Emisiones indirectas de N<sub>2</sub>O de los suelos gestionados” y “Tierras de cultivo” no presentan un alto nivel de emisiones, el impacto de dichos valores de incertidumbre no es realmente relevante al considerar las emisiones totales del sector.

#### **4.2 Evaluación de las medidas propuestas para mitigación y adaptación**

El análisis de las medidas propuestas por cada país incluido en el estudio, analizadas en comparación a las recomendaciones de IPCC (2014), evidencia una diferencia entre los países Anexo I y los No Anexo I. Los países Anexo I presentan valores por debajo del 30% de cumplimiento de las propuestas (25% en España y 20% en Australia), mientras que los No Anexo I, valores entre 32% y 39%. Al respecto, es necesario considerar que los países Anexo I, tienen la posibilidad de utilizar bonos de carbono, comprando derechos de emisiones al resto de países para cumplir sus compromisos de reducción de emisiones de GEI; de esta forma, una reducción de emisiones realizada en un país No Anexo I, que sea adquirida por un país Anexo I se agregará a la cantidad de este último (Naciones Unidas, 1998).

La cantidad de medidas registradas en la revisión bibliográfica es de 62 en el caso de Chile, 25 en el de México, 51 en el de Colombia, 35 en el de España y 16 en el de Australia. Considerando que el total de propuestas de IPCC es de 44, la diferencia entre el total de medidas registradas por país y el porcentaje de cumplimiento que muestra una menor amplitud en los resultados, se explica en que en ciertos casos, varias medidas están asociadas a una misma propuesta de IPCC. Por ejemplo, en la propuesta de reforestación “Mejora de las reservas de biomasa mediante la plantación de árboles en tierras agrícolas no forestales”, Chile cuenta con 2 medidas, México con 2, Colombia con 6, España con 1 y Australia con 2; la medida de Manejo forestal “Manejo de bosques para la producción sostenible de madera”, Chile y Colombia cuentan con 8 medidas, México con 3, España con una y Australia ninguna.

Es necesario destacar que en el total de medidas de Chile se consideran 15 provenientes del proyecto MAPS que, como se indicó anteriormente, no es una estrategia oficial del Estado de Chile, si no que una propuesta de medidas de mitigación encargada por el mismo. Si se hiciera una diferenciación entre las medidas sugeridas en dicho documento y los compromisos establecidos en estrategias, los resultados podrían variar significativamente.

En el caso de Australia, su 7<sup>ma</sup> Comunicación Nacional ante la CMNUCC, del año 2017, presenta planes con la intención de cumplir su NDC<sup>2</sup>. Sin embargo, a diferencia del resto de los países estudiados, la totalidad de las medidas registradas se enmarcan en el *Emission reduction fund*; es decir, corresponden a financiamiento de iniciativas privadas que cumplan con los requisitos establecidos.

Chile presenta el menor porcentaje de medidas con respecto a las propuestas dentro de los países No Anexo I, a pesar de contar con el mayor número de medidas registradas en el estudio. El sector que cuenta con el mayor porcentaje de cumplimiento es el Forestal, con un 86%, seguido del sector ganadería con un 50%. Esto indicaría que en cuanto a mitigación de gases de efecto invernadero, la mayoría de los esfuerzos de Chile están enfocados en la silvicultura. Las medidas propuestas en dicho sector están centradas principalmente en la reducción de la forestación y el manejo forestal; sin embargo, se presentan medidas en diversos ámbitos, como la educación ambiental, restauración ecológica, fiscalización, tecnología y legislación, por lo que se puede considerar que el sector forestal se encuentra apropiadamente cubierto en cuanto a medidas de mitigación; al menos nominalmente, sin considerar el potencial de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero de las mismas. Es necesario considerar que la facilidad de acceso y el conocimiento de la institucionalidad chilena en temáticas de cambio climático puede influir en la cantidad de medidas que se registraron en el caso de Chile con respecto al resto de los países.

<sup>2</sup> *Nationally determined contribution*. Las contribuciones determinadas a nivel nacional encarnan los esfuerzos de cada país para reducir las emisiones nacionales y adaptarse a los efectos del cambio climático (CMNUCC, 2019)

Con respecto a los lineamientos de FAO (2015), Chile presenta un 59% de cumplimiento en las medidas de mitigación y adaptación propuestas. Este porcentaje es notablemente superior al resultante en la comparación de las medidas de mitigación con las propuestas de IPCC (32%).

Dentro del sector Cultivos, las medidas enfocadas en la participación efectiva de las comunidades se basa en el acceso a la información y la educación ambiental, mientras que no se presentan medidas para la formación de asociaciones, el empleo rural en pequeñas y medianas empresas y la nutrición rural; esto evidencia una falta de consideración hacia la pequeña y mediana agricultura, que provee la mayor cantidad de alimentos de consumo interno de forma diversificada, aportando a la sostenibilidad ambiental y la conservación de la biodiversidad (FAO, 2014). Lo mismo sucede con el sector Ganadería, en el que tampoco se presentan medidas enfocadas en el sector rural pequeño y mediano.

El sector Forestación, a pesar de contar con varias medidas de adaptación al cambio climático, presenta principalmente un enfoque hacia la mitigación, debido a que sus medidas se basan principalmente en la forestación, reducción de la deforestación, restauración y rehabilitación de paisajes degradados, incendios forestales y protección fitosanitaria de recursos vegetacionales. Por el otro lado, no se presentan medidas enfocadas a la conservación de recursos a través de la gestión de los bosques, o relacionadas a la reducción de la pobreza, y la gobernanza y participación de comunidades rurales.

El documento “*Climate-Smart Agriculture Sourcebook*” (FAO, 2013) presenta 26 propuestas, una cantidad menor a las 70 del documento “Construyendo una visión común para la agricultura y la alimentación sostenibles” (FAO, 2015) y, al abarcar temáticas similares, las propuestas del primero resultan más generales que las del segundo. Esto explica el alto porcentaje de cumplimiento, de un 81%. Entre las propuestas de FAO (2013), destaca la sección “Buen manejo de la energía para la ACI”, en la que solo se cuenta con una medida que propone la utilización de energías renovables no convencionales en riego. Si bien las medidas de Chile enfocadas en energía se encuentran en los planes o estrategias del sector, podrían haberse generado medidas específicas en el sector silvoagropecuario para la eficiencia y reducción del consumo energético, y establecer relaciones entre ambos sectores.

En general, Chile presenta un 54% de cumplimiento del total de medidas, considerando las propuestas de IPCC (2014), y de FAO (2013; 2015). Es necesario considerar que las medidas presentadas por Chile no fueron creadas necesariamente basándose en los lineamientos de los documentos considerados como referencia; y estos, a pesar de estar diseñados para todos los países, pueden no condecirse con las realidades de todos ellos. De todas formas, las propuestas que no cuentan con medidas en los planes y estrategias de Chile, son perfectamente aplicables y podrían considerarse para futuras actualizaciones de los mismos.

## 5 CONCLUSIONES

Chile presenta en su informe de inventario de GEI un nivel de especificidad inferior al de los países Anexo I y similar al de los demás países No Anexo I, además de un nivel de incertidumbre que no es significativamente diferente a ninguno de los países incluidos en el estudio. Debido a esto, la calidad de la información utilizada puede definirse como normal, tomando en consideración las condiciones del país en materias de cambio climático como parte No Anexo I de la CMNUCC.

La principal acción que se requiere para mejorar la especificidad e incertidumbre de los datos utilizados en el INGEI, tomando en cuenta que los factores de emisión por defecto utilizados son los que generan un mayor nivel de incertidumbre, es el desarrollo de factores de emisión específicos para el país, que permitan realizar estimaciones de emisiones de GEI más específicas y representativas.

Al considerar que Chile presenta el menor porcentaje general de cumplimiento de las propuestas de IPCC para la mitigación de gases de efecto invernadero, a pesar de disponer para el análisis una mayor cantidad de medidas que el resto de los países, es posible concluir que los esfuerzos en mitigación están enfocados principalmente en el sector forestal, que cuenta con el mayor porcentaje de cumplimiento. Además, debe considerarse que la facilidad de acceso y el conocimiento previo de la institucionalidad chilena en temáticas de cambio climático, puede afectar la comparación en cuanto a la cantidad de medidas registradas con respecto a los demás países estudiados.

Las posibilidades de mejora en este caso son el desarrollo de más medidas de mitigación en los sectores agrícola y ganadero, como por ejemplo en el manejo de pastizales, la cría de animales de menores emisiones y los sistemas silvopastoriles. En el caso del sector forestal, sería recomendable la generación de medidas que consideren los servicios ecosistémicos de los mismos y la mayor inclusión de los sectores rurales de pequeños y medianos agricultores, en las políticas de cambio climático del país.

En la comparación de las medidas de mitigación y adaptación con las propuestas de FAO, es posible identificar que, en cuanto a medidas de adaptación, los esfuerzos están enfocados en los sectores Cultivos y Ganadería, donde destacan la eficiencia en el uso del agua, la nutrición animal, y la reforestación. Por otro lado, sería apropiada la inclusión de más medidas enfocadas en la prevención de la degradación de tierras y en la eficiencia energética, como también la consideración de la contribución de los bosques como medios de subsistencia, más allá de su valor comercial y de mitigación de GEI.

## 6 BIBLIOGRAFÍA

Australian Government Department of the Environment and Energy. 2017. Australia's 7th National Communication on Climate Change. 256p.

Australian Government Department of the Environment and Energy. 2018. National Inventory Report 2016 Volume 1. 382p.

Australian Government Department of the Environment and Energy. 2018. National Inventory Report 2016 Volume 2. 348p.

Australian Government Department of the Environment and Energy. 2018. National Inventory Report 2016 Volume 3. 251p.

Australian Government Department of the Environment and Energy. 2017. Australia's 7th National Communication on Climate Change. 256p.

Comisión Nacional del Medio Ambiente. 1999. Chile 1<sup>st</sup> National Communication. 89p.

CMNUCC (Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático). 2007. Unidos por el clima. Bonn, Alemania. 44p.

CMNUCC (Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático). 2019. Contribuciones determinadas a nivel nacional (NDC) [en línea]. Recuperado en: <<https://unfccc.int/es/process-and-meetings/the-paris-agreement/contribuciones-determinadas-a-nivel-nacional-ndc>>. Consultado el: 27 de diciembre de 2019.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). Climate-Smart Agriculture Sourcebook. 2013. 570p.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2014. Agricultura Familiar en América Latina y el Caribe: Recomendaciones de Política. 486p.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2015. Construyendo una visión común para la agricultura y alimentación sostenibles. 55p.

Gobierno de la República de México. 2013. Estrategia Nacional de Cambio Climático. 62p.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2006. Cuadros para la generación de informes. 72p.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2014. Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Chapter 11: Agriculture, Forestry and Other Land Use (AFOLU). 112p.

Ley N°19.300. Aprueba Ley sobre Bases Generales del Medio Ambiente: Ministerio Secretaría General de la Presidencia, 1994. 39p. [Publicado en Diario Oficial el: 9 de marzo de 1994].

MAPS Chile. 2014. Opciones de mitigación para enfrentar el cambio climático: resultados de Fase 2. 256p.

Ministerio de Agricultura. 2017. Estrategia Nacional de Cambio Climático y Recursos Vegetacionales. 244p.

Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente de España. 2014. Hoja de Ruta de los Sectores Difusos. 64p.

Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente de España. 2017. Tercer Informe Bienal de Actualización ante la CMNUCC. 139p.

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia. Sin fecha. Plan de Acción Sectorial de Mitigación del Sector Agropecuario. 29p.

Ministerio de Agricultura y Ministerio del Medio Ambiente del Gobierno de Chile. 2013. Plan de Adaptación al Cambio Climático del Sector Silvoagropecuario. 64p.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia. 2017. Estrategia Integral de Control de la Deforestación y la Gestión Sostenible de los Bosques. 174p.

Ministerio del Medio Ambiente del Gobierno de Chile. 2016. Segundo informe bienal de actualización de Chile sobre cambio climático. Santiago, Chile. 283p.

Ministerio del Medio Ambiente del Gobierno de Chile. 2017. Informe del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero de Chile, serie 1990-2013. 517p.

Ministerio del Medio Ambiente del Gobierno de Chile. 2018. Informe del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero de Chile, serie 1990-2016. 762p.

Ministerio para la Transición Ecológica del Gobierno de España. 2019. Informe del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (Serie 1990-2017). 990p.

Naciones Unidas. 1992. Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Nueva York, Estados Unidos. 27p.

Naciones Unidas. 1998. Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Kyoto, Japón. 25p.

Naciones Unidas. 2015. Acuerdo de París. París, Francia. 18p.

Oficina Española de Cambio Climático. Sin fecha. Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático. 59p.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales de México. 2018. Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de efecto Invernadero 1990-2015. 851p.

Unidad Coordinadora Segundo Informe Bienal de Actualización de Colombia ante la CMNUCC. 2018. Informe del Inventario Nacional de GEI de Colombia. 851p.