



9-10
OCTUBRE
LO VALLEDOR 2024



Mitigación de gases de efecto invernadero en ganadería

Ignacio Beltrán, M.V. Dr. Cs. Vet.



CHILE
AVANZA
CONTIGO

FUNDACIÓN
FUCOA

INDICE DE CONTENIDO



**1. Gases efecto invernadero:
Generalidades**



**2. Cuantificación: Nacional y a nivel
Predial de emisiones de C**



**3. Estrategias de mitigación: Impacto real
a nivel predial**



1. Gases efecto invernadero: Generalidades

EFFECTO INVERNADERO

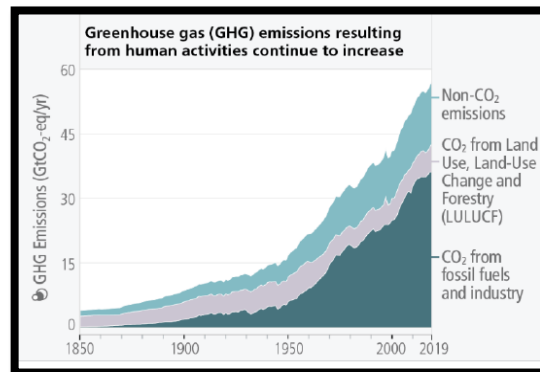
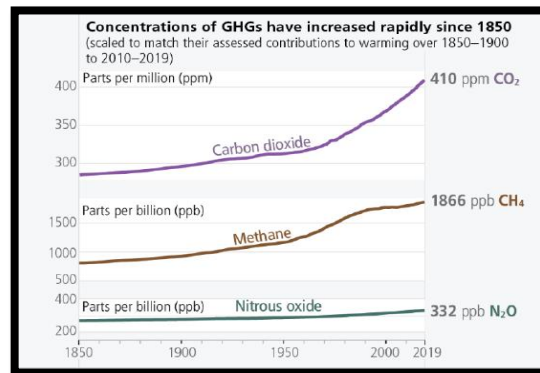
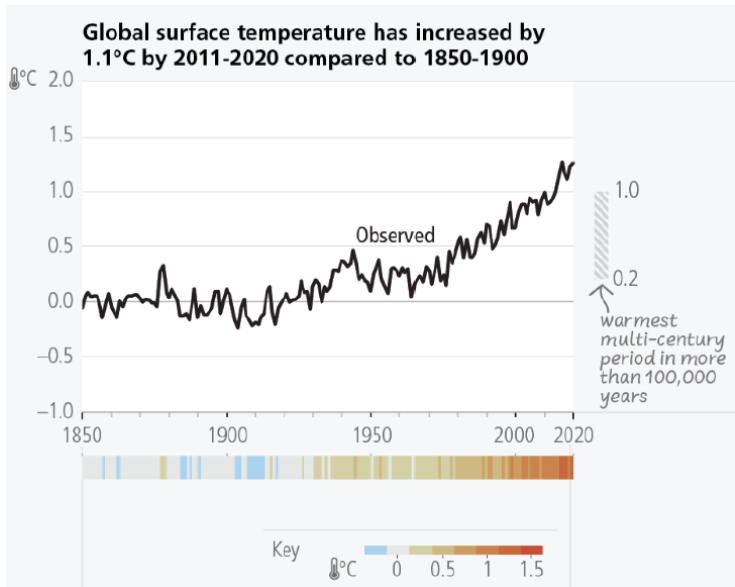
(natural, mantener T° tierra)



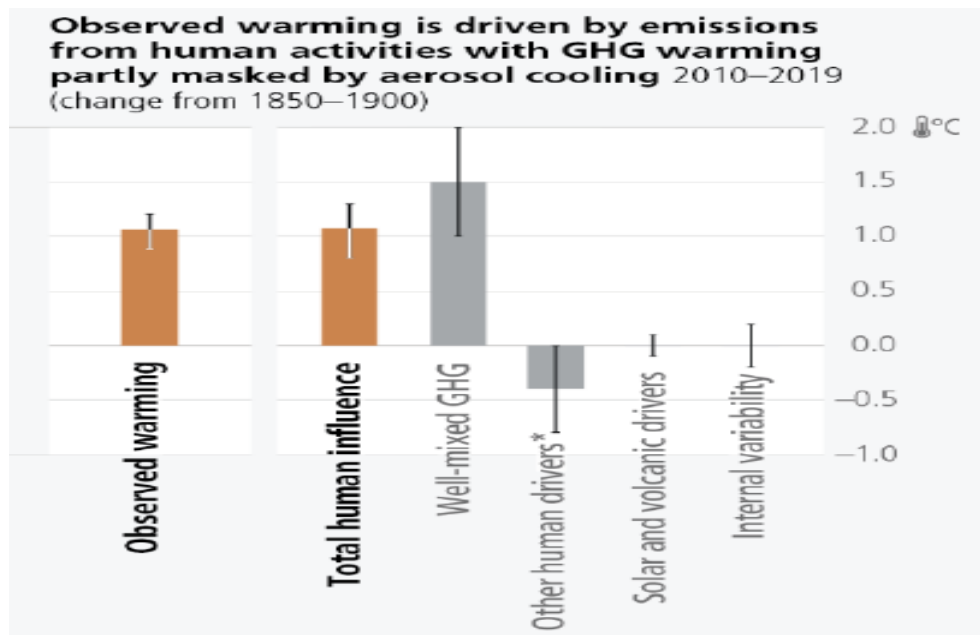
Actividad humana rápido >
concentración de GEI atmosfera

Cambio climático
(aumento T° planeta)

Gases de efecto invernadero y calentamiento global



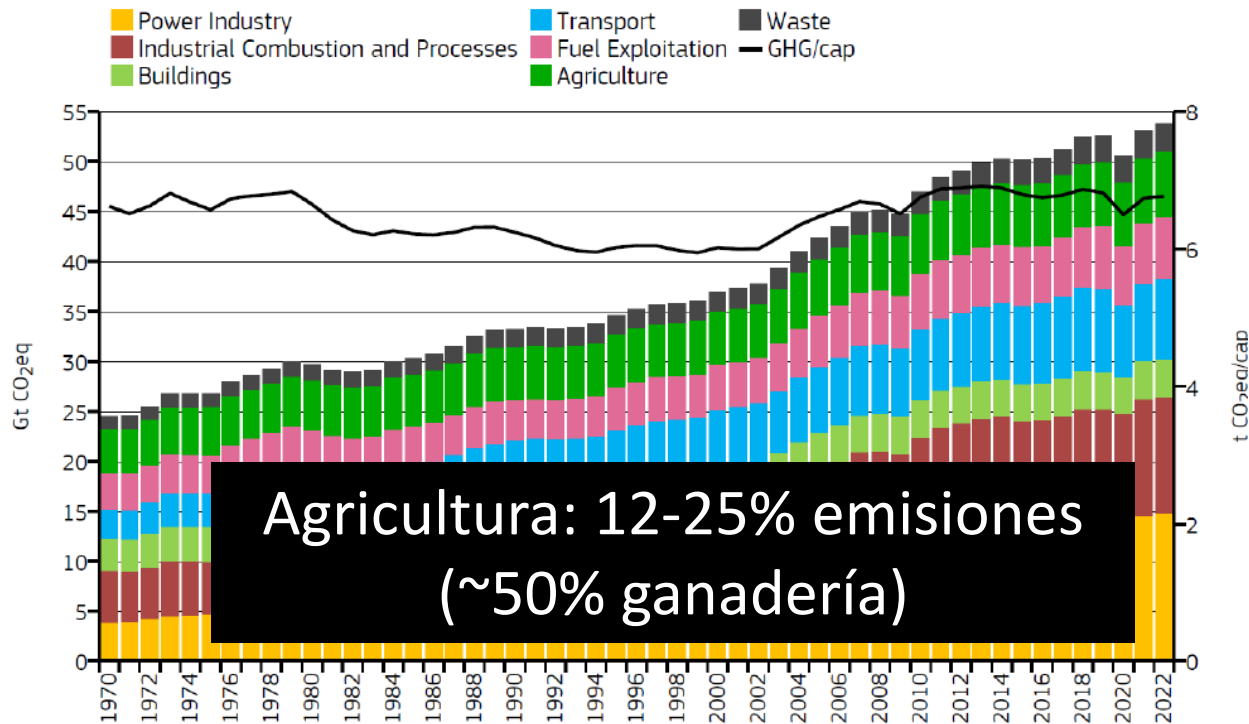
Gases de efecto invernadero y calentamiento global



*Other human drivers are predominantly cooling aerosols, but also warming aerosols, land-use change (land-use reflectance) and ozone.

Tendencia Emisiones de GEI en el mundo

Figure 2. Global GHG emissions by sector (left axis, bars) and per capita (right axis, black line), 1970-2022 (in Gt CO₂eq)



Source: JRC, 2023



1

Efecto invernadero: Natural y necesario para vida en la tierra (aumentado [] efecto humano)

2

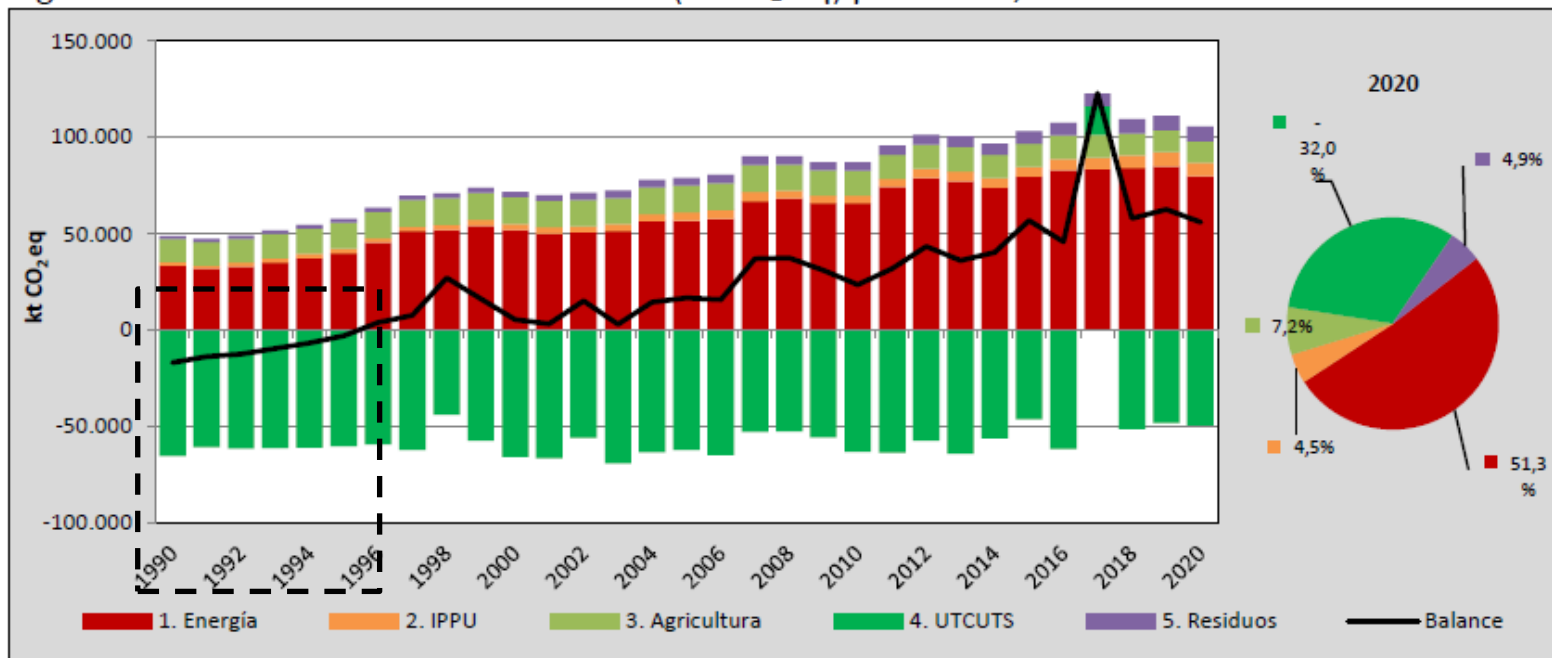
AGRICULTURA: Segunda fuente de emisión de GEI a nivel mundial (12-25%) (Primero energía)

3

GANADERIA: 12,5% a nivel mundial

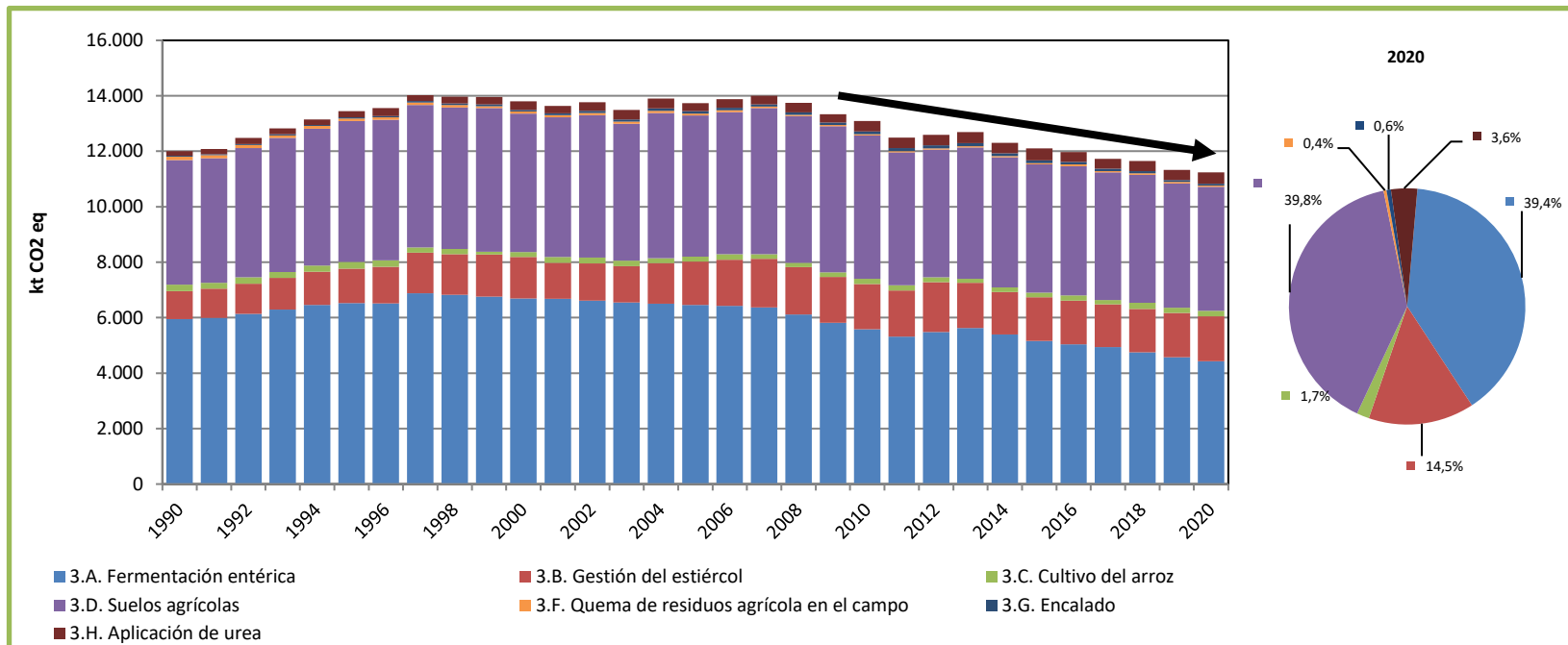
Emisiones de GEI (1990-2020): Chile

Figura 2-1. INGEI de Chile: balance de GEI (kt CO₂ eq) por sector, serie 1990-2020



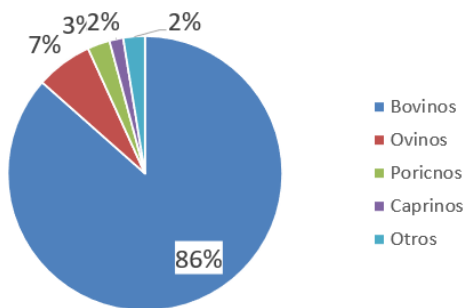
Fuente: Equipo Técnico Coordinador del MMA

Emisiones de GEI (1990-2020): Agricultura (INIA Responsable)

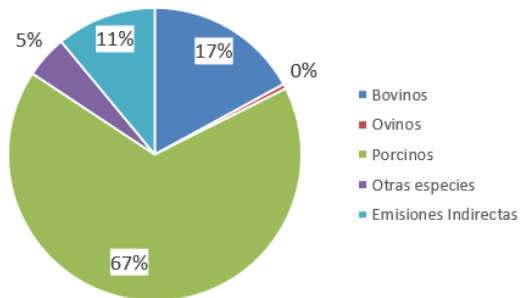


Emisiones de GEI (1990-2020): Agricultura

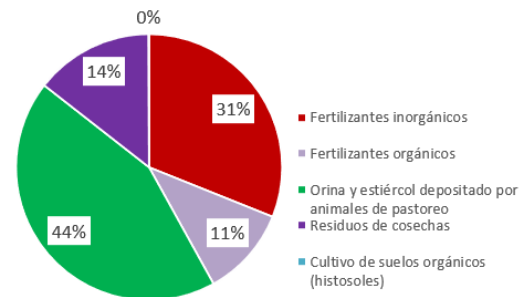
Fermentación Entérica



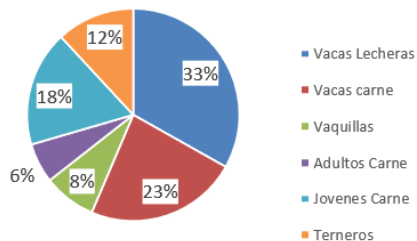
Manejo de estiércol



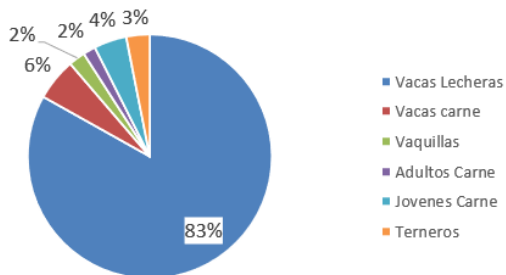
Suelos Agrícolas



Ganado bovino



Ganado bovino





1

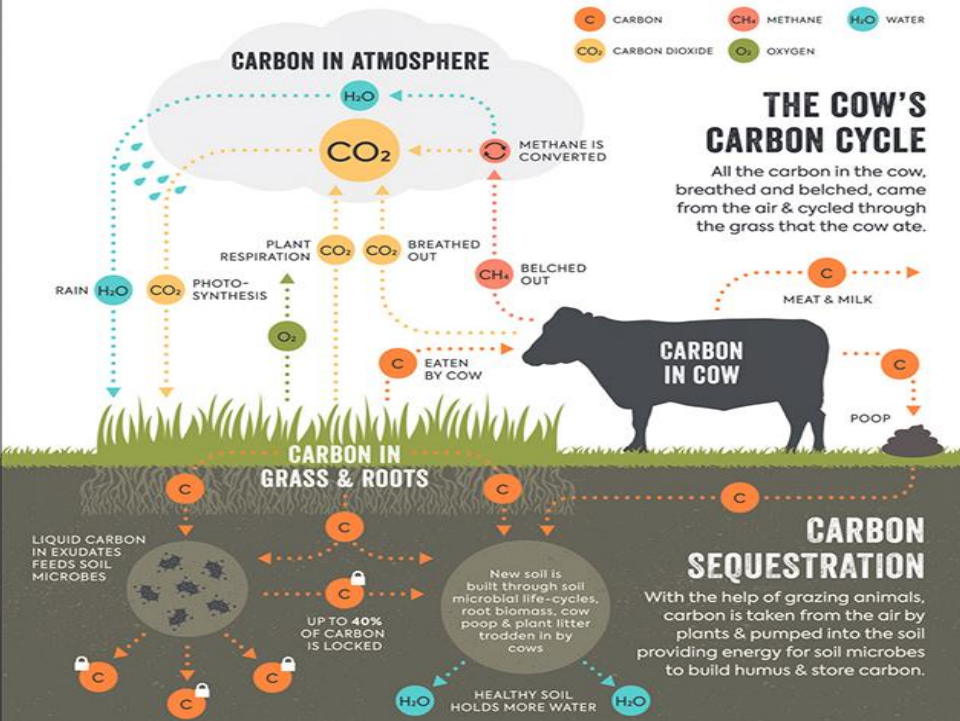
AGRICULTURA: Segunda fuente de emisión de GEI en Chile (11%) (Primero energía)

2

GANADERIA: ~6% a nivel nacional

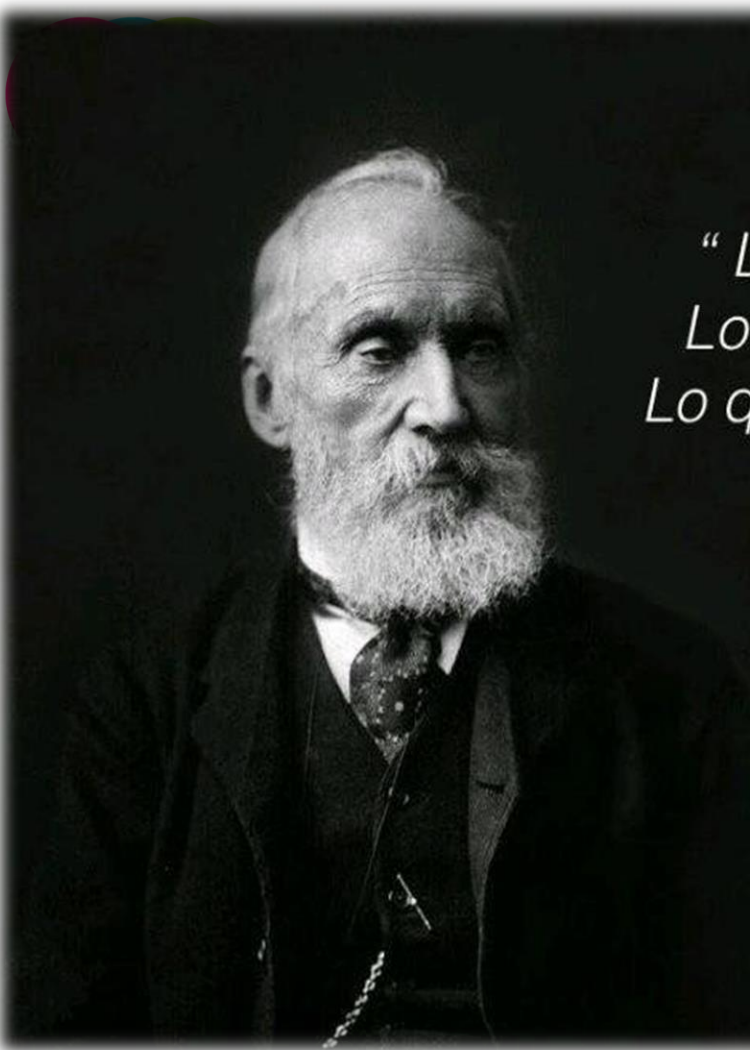
3

Mayores emisores agricultura:
Fermentación entérica y suelos Agrícolas



Cuantificación:

Nacional y a nivel Predial de emisiones de C



*“ Lo que no se define no se puede medir.
Lo que no se mide , no se puede mejorar.
Lo que no se mejora, se degrada siempre.”*

William Thomson

Reducir emisiones : Privado + Público

**¿POR QUÉ TENEMOS DE
CUANTIFICAR LAS EMISIONES?**

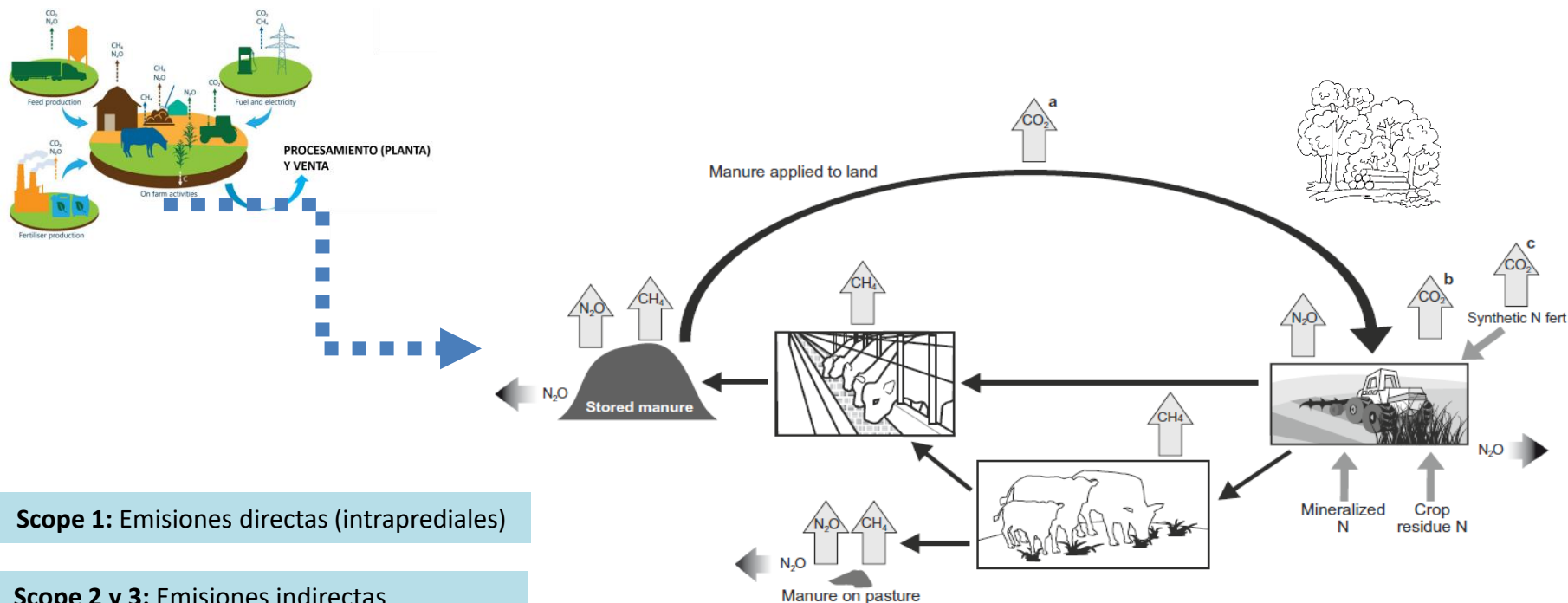


LINK DESCARGA:

<https://biblioteca.inia.cl/handle/20.500.14001/68955>

Ignacio Beltrán, Francisco Salazar, Marta Alfaro, Yasna Rojas, Sergio Iraira, Carlos Bahamondez, Eduardo Molina, Marcelo Panichini

1. Alcance del estudio: Emisiones directas de C

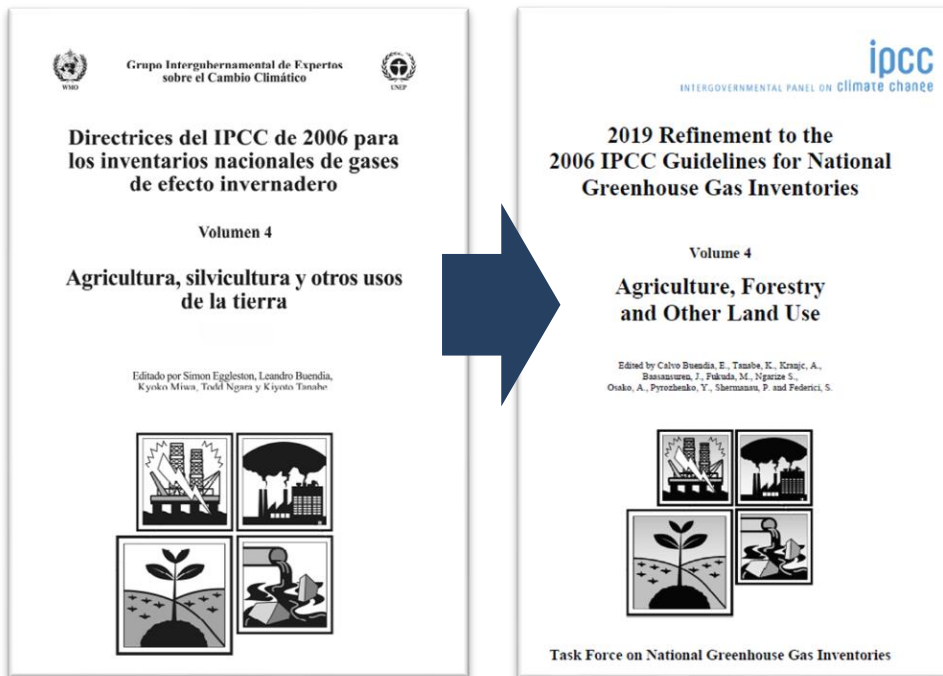


Scope 1: Emisiones directas (intraprediales)

Scope 2 y 3: Emisiones indirectas (extraprediales)

Determinar metodología a usar

2. Metodología para emisiones de C



- IPCC 2006 → Valido nivel mundial
- IPCC 2019 → actualización del IPCC 2006

2. Metodología para captura de C

BOSQUES

- INSTITUTO FORESTAL
- Basado en ganancias y pérdidas de Carbono

PRADERAS

- IPCC: si no hay estudios, balance 0
- FAO 2022: Suelos de Chile 1,37 t CO_{2eq}/ha/año (**POTENCIAL**)

3. Datos: Encuesta predial



NO OLVIDAR

*“Datos son la base de una buena
cuantificación predial del balance de C”*

Algunos resultados de la metodología...



Scope 1

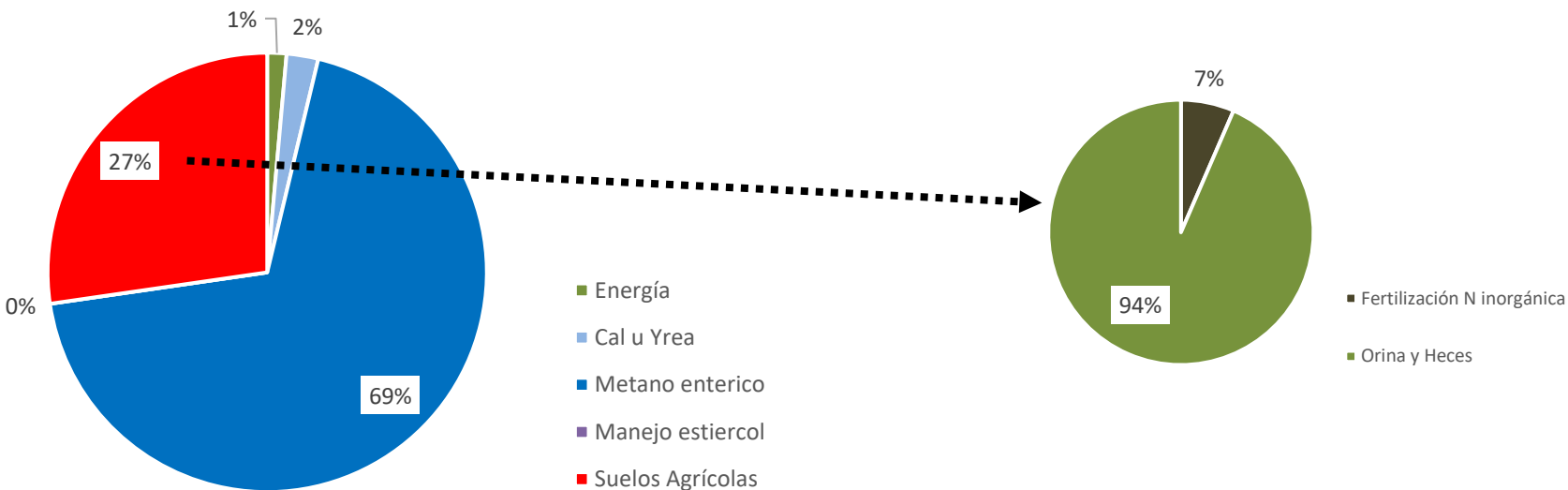
Scope 2

LINK DESCARGA:

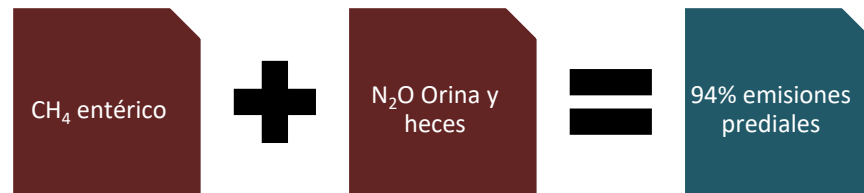
<https://bibliotecadigital.ciren.cl/items/13150101-5c34-478f-a8e2-35ea997b4575>

Francisco Salazar, Ignacio Beltrán, Marta Alfaro, Yasna Rojas, Sergio Iraira, Carlos Bahamondez, Eduardo Molina, Marcelo Panichini

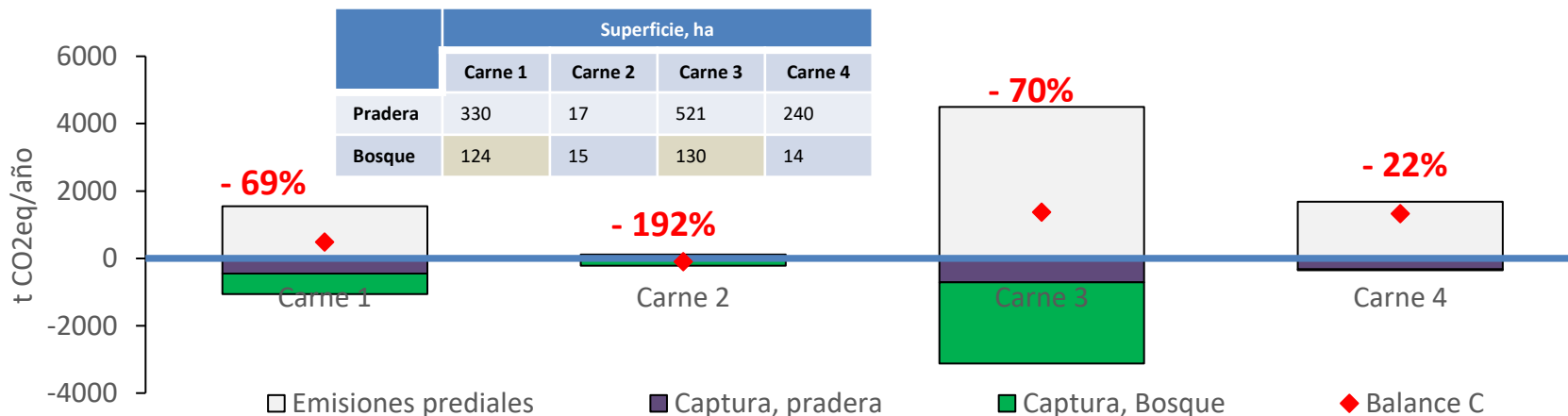
Emisiones de C



- NO hay emisiones por manejo de estiércol



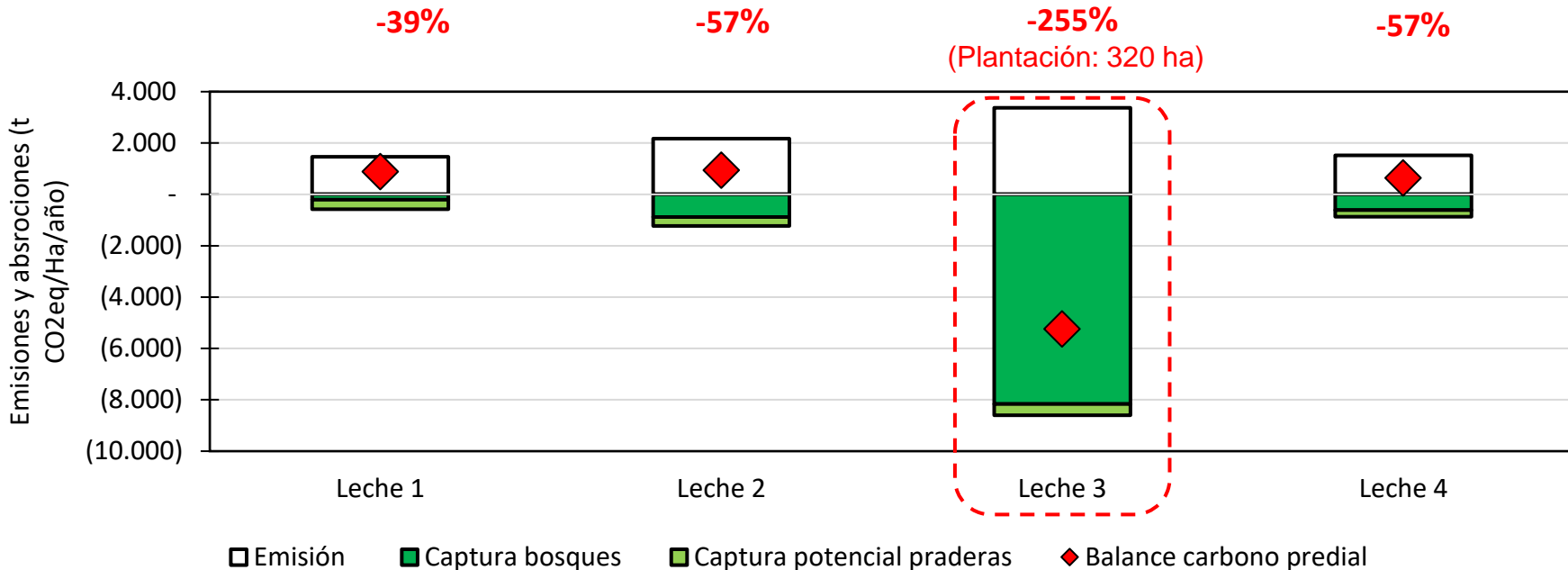
Balance de C



1. El sistema es capaz de compensar un % importante de sus emisiones, sin embargo, se requiere mas trabajo en mitigación
2. **Bosque no es sinónimo de captura de carbono (Carne 1 vs Carne 3)**

Producción bovina de leche (n = 4)

Balance C





1

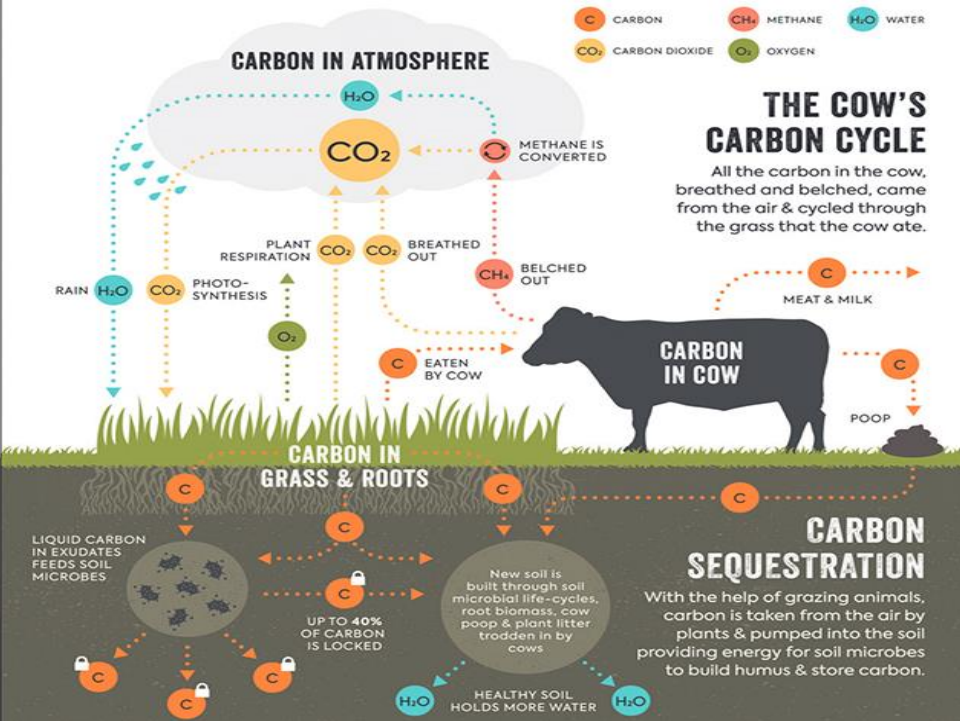
Sistemas prediales ganaderos: Metano entérico y suelos agrícolas principales fuentes de emisión (>90%)

2

Bosque y praderas compensan emisiones, pero no son suficiente para alcanzar carbono neutralidad

3

Bosque no es sinónimo de Captura de C (requiere manejo)



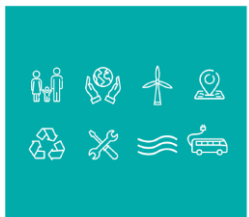
Mitigación:
Nacional y a nivel Predial de emisiones de C

¿Qué hace Chile en mitigación?

CONTRIBUCIÓN DETERMINADA A NIVEL NACIONAL (NDC) DE CHILE



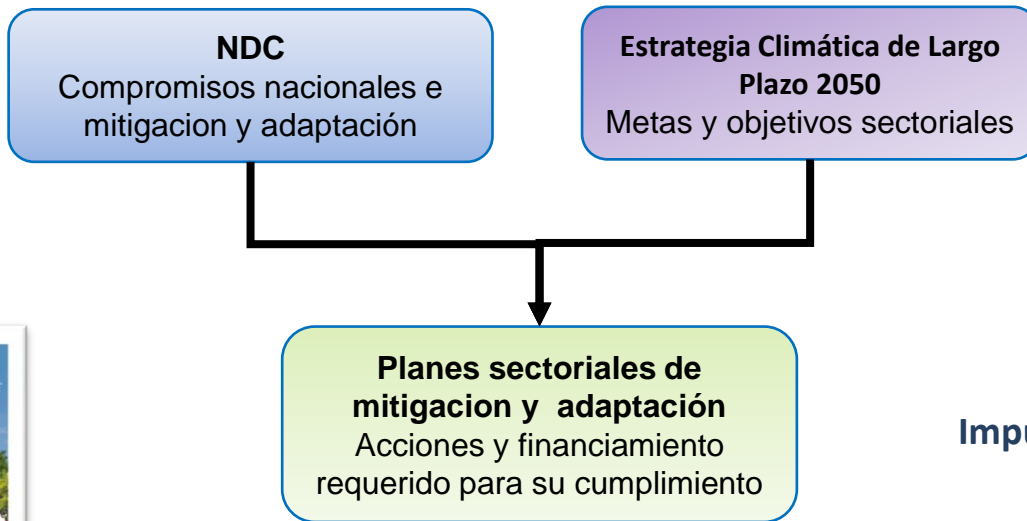
ACTUALIZACIÓN 2020



(Acuerdo de París)



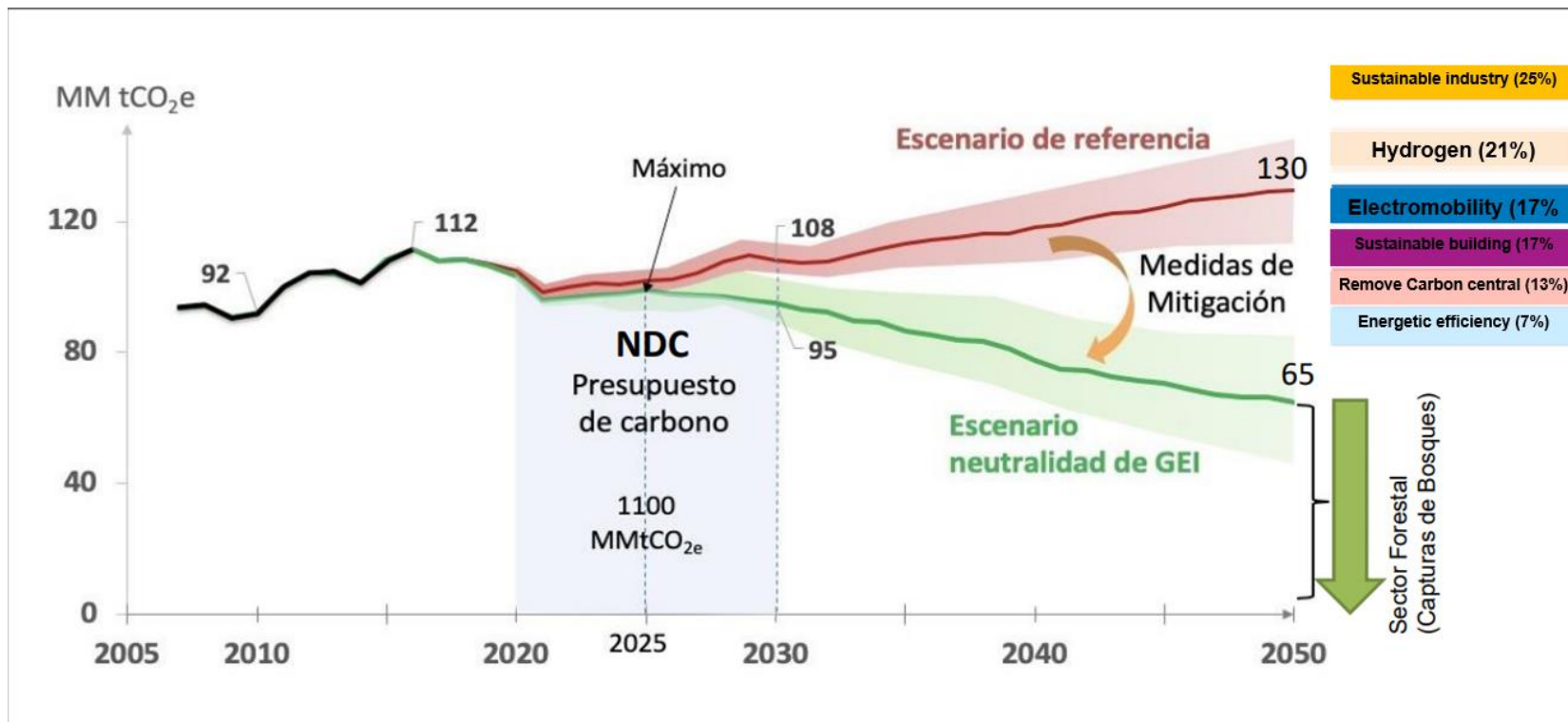
Ley Marco de Cambio Climático



Impuesto verde

Sistema de Compensación de Emisiones del Impuesto Verde

¿Qué hace Chile en mitigación?



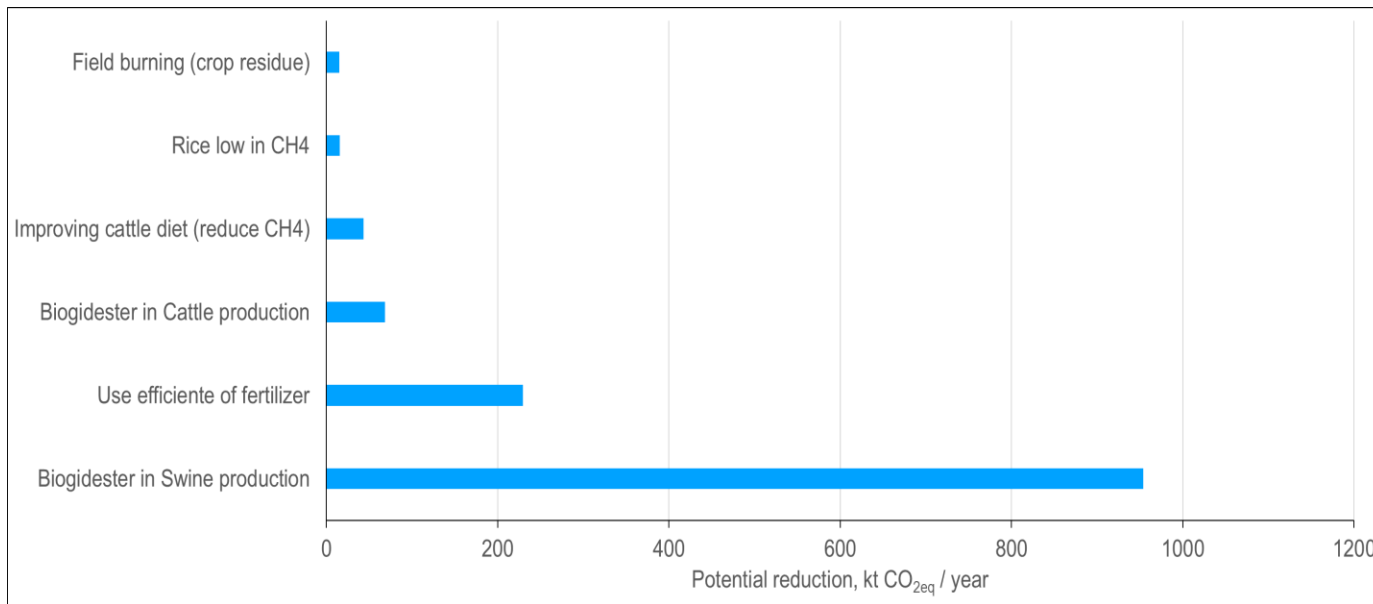
¿Qué hace Chile en mitigación? Agricultura



Ley Marco de CC → Plan de mitigación por Sector

Estrategia de mitigación	Implementación al 2023
1. Biodigestores para purines de cerdos	42% de purines manejados
2. Mejorar eficiencia uso de fertilizantes	Reducir 10% uso de fert. N
3. Biodigestores para purines de bovinos	10% de purines de sistemas confinados
4. Reducción emisiones de metano entérico	10% de bovinos en sistemas estabulados con aditivo
5. Reducción quema de residuos agrícolas	Reducción en 30%
6. Arroz bajo en metano	10% de la producción nacional bajo este sistema

¿Qué hace Chile en mitigación? Agricultura



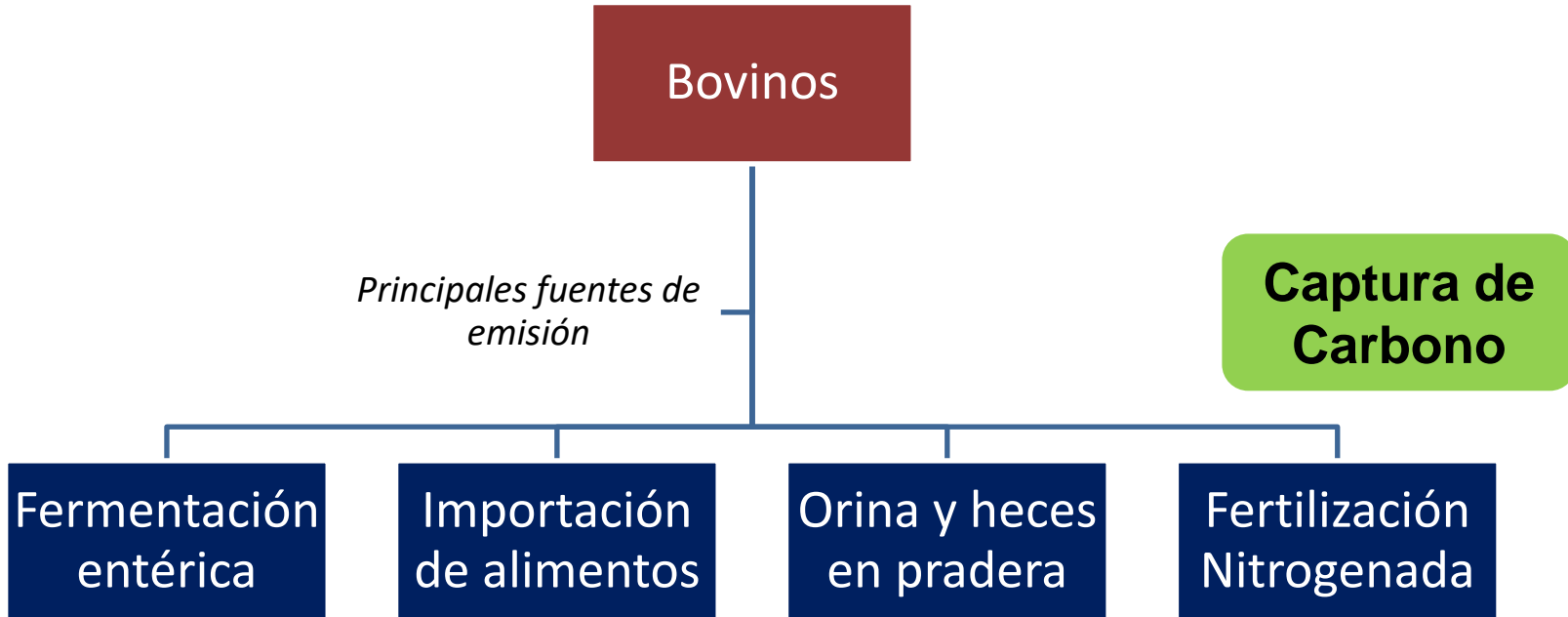
**Emisión anual de Chile = ~100.000
kt CO₂ eq (Agricultura ^12.000)**



**Bajo impacto
nacional**

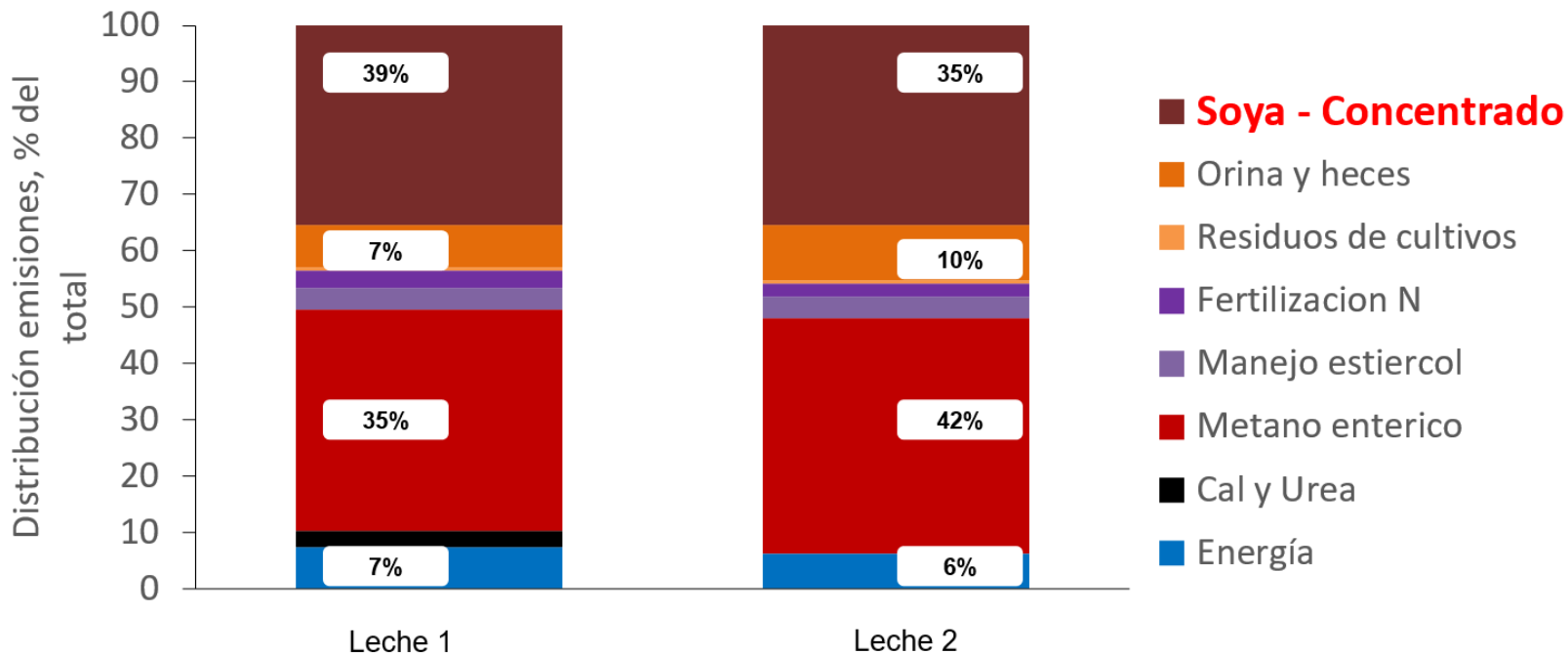


**Identificar mas practicas (I+D
y financiamiento)**



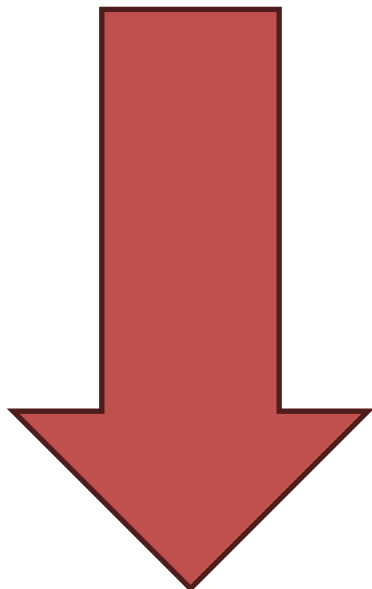
Producción bovina de leche (enfoque tipo 1, 2 y parcial 3)

Fuentes de emisión (Energía + alimentos)

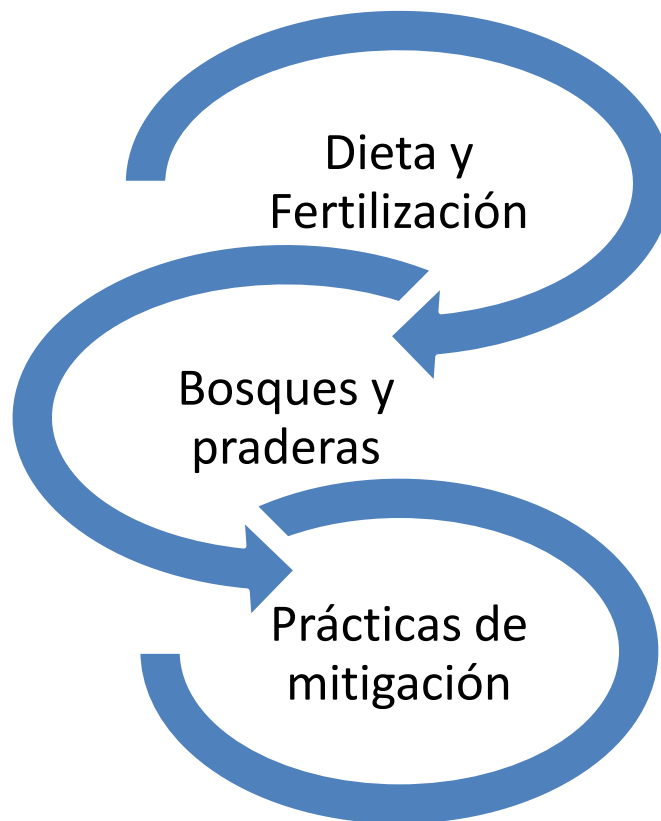


¿Dónde centrar esfuerzos de mitigación?

GENERAL (manejo)



ESPECIFICO



1. Mitigación: Origen alimentos

ALIMENTO	Huella de carbono, kg CO _{2eq} /kg alimento
Afrecho de soya (Brasil)	4,27
Concentrado comercial	0,70
Arvejas	0,5-0,9

Afrecho de soya	Huella de carbono, kg CO _{2eq} /kg alimento
Brasil	4,27
Estados Unidos	0,54
Producción europea (mix global)	1,99
Producción europea (mix Europa)	0,83
Soya certificada	0,36

“Seleccionar origen y tipo de suplemento (económico y ambiental) es una forma de mitigar las emisiones prediales de Carbono”

PROBLEMA: Disponibilidad y precio

2. Mitigación: Captura de C

BOSQUES

- 5- 25 t CO_{2eq}/ha/año (Predios leche y carne [n=8])
- **BOSQUES MANEJADOS**

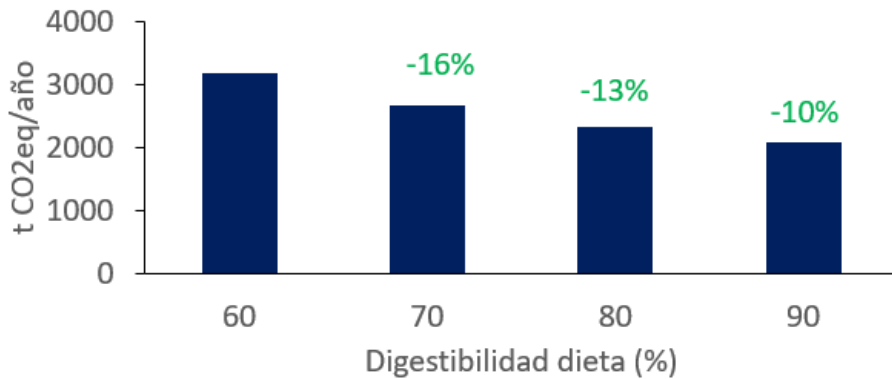
PRADERAS

- IPCC: si no hay estudios, balance 0
- FAO 2022: Suelos de Chile 1,37 t CO_{2eq}/ha/año (**POTENCIAL**)

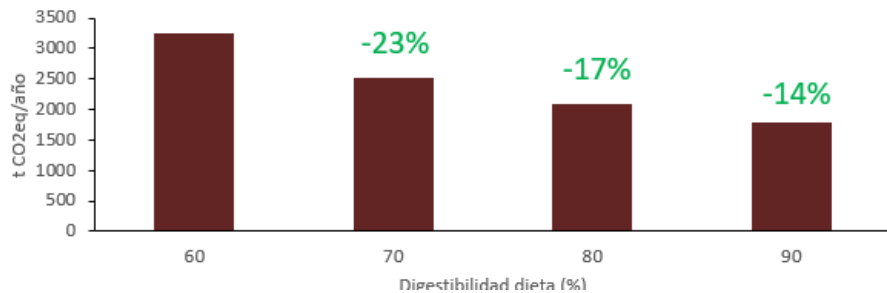
Faltan estudios

3. Metano entérico Digestibilidad

a) Leche



b) Carne (engorda)



¿Cómo se produce el metano?

Fermentación (++) y gestión estiércol) (+)

Importante considerar:

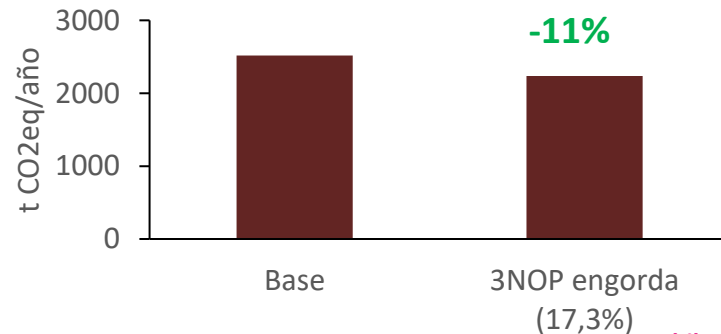
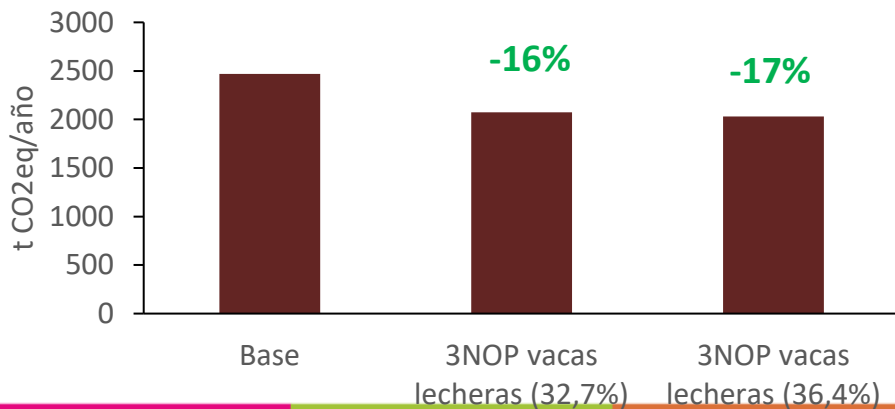
1. Manejo pastoreo
2. Conservación de forrajes
3. Formulación de dietas

3. Metano entérico

3-NOP

	Dosis	Reducción metano	Referencia
Bovinos de leche (confinado)	70,5 mg / kg MS	32,7	Metanálisis Kebreab et al (2023)
Bovinos de leche (pastoreo)	80-120 mg / kg MS	Sin efecto	Muñoz et al (2024) – Chile Costigan et al (2024) - Irlanda
Bovinos de leche (confinado)	100 mg / kg MS	36,4	Metanálisis Yu et al. (2021)
Bovinos de carne (confinado)	100 mg / kg MS	17,3	Metanálisis Yu et al. (2021)

- **Impacto individual DISTINTO a impacto predial!!**
- Efecto en sistemas estabulados pero no pastoriles (Chile)
- Otras categorías animal(?)
- Alto costo, nulo impacto productivo (quien asume costo?, bonificación?)



3. Metano entérico

Algas

Algas pardas*

	Internacional	Nacional
In vitro	-25 a 45%	-23%
In vivo	-14%	Sin efecto (leche)

* *A. nodosum*, *M. pyrifera*.

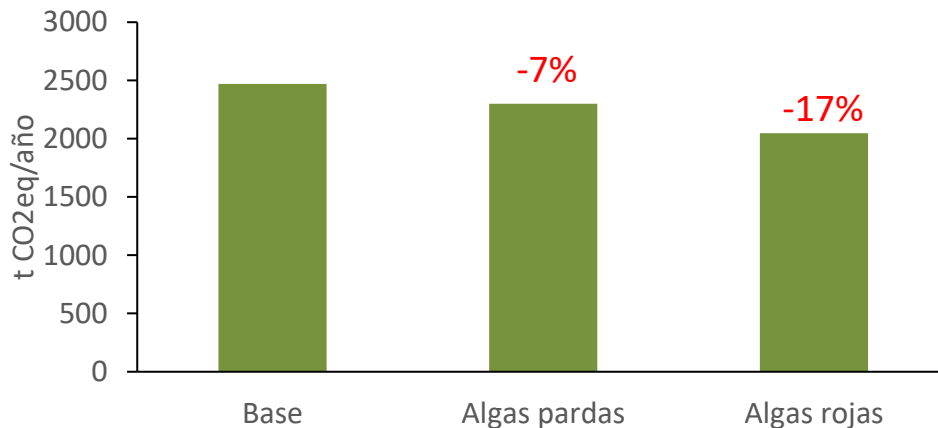
Algas rojas*

	Internacional	Nacional
In vitro	-99%	-99% (resultados preliminares)
In vivo	-35%	En preparación

* *Asparagopsis taxiformis* y *Asparagopsis armata*

Primer resultado de uso de *Asparagopsis* sp. en Chile → 99% inh. CH₄ in vitro (in vivo en prep)

- Algas rojas mayor impacto y requieren menor dosis de inclusión vs Algas pardas
- PROBLEMAS
 1. Disponibilidad
 2. Alto costo producción (quien paga, bonos?)
 3. Como suplementar en pastoreo

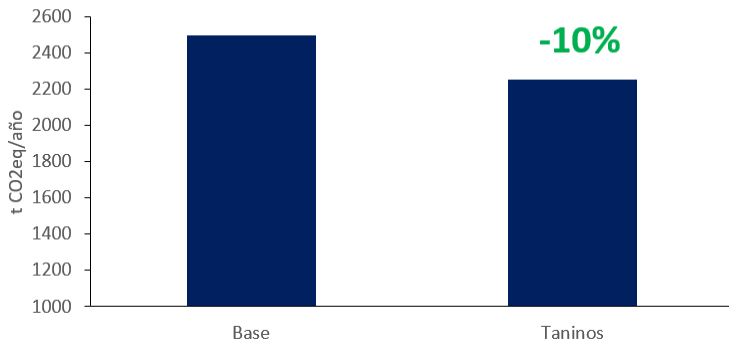


3. Metano entérico

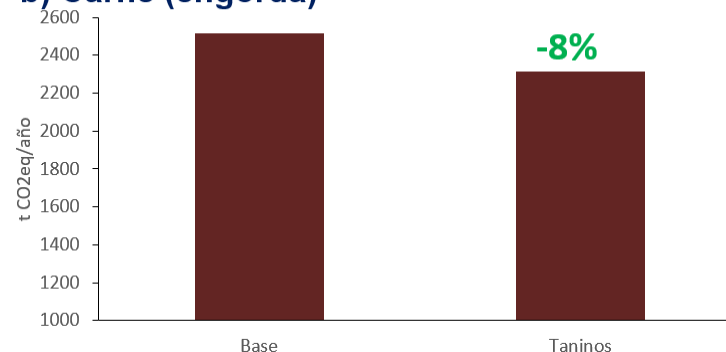
Taninos

	CH ₄	Referencia
Bovinos de leche	-18%	Base datos proyecto
Bovinos de carne	-13%	Base datos proyecto
Rumiantes	-40%	Metaanálisis Pepeta et al (2024)

a) Leche



b) Carne (engorda)



3. Metano entérico

Taninos (Orujo de uvas)



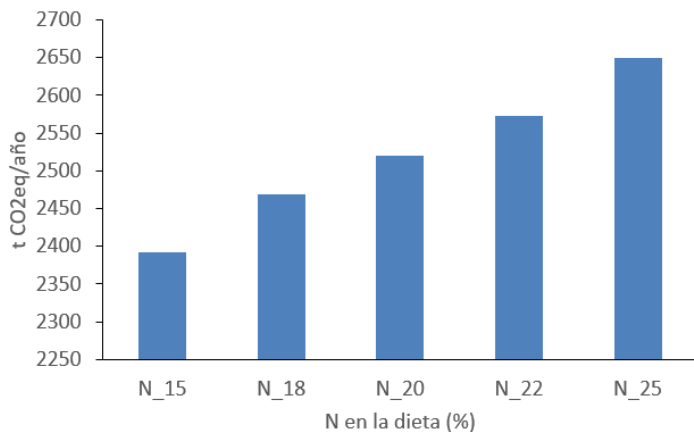
4. Oxido Nitroso

N en fertilizantes, purines y manchas de orina

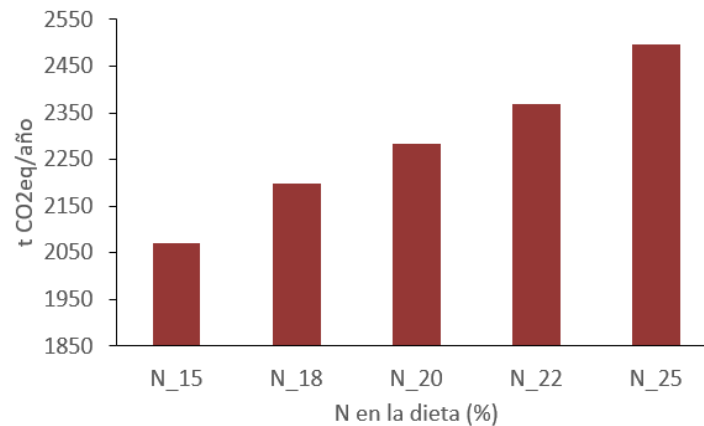


4. Oxido Nitroso Balance N dieta

a) Leche



b) Carne (engorda)

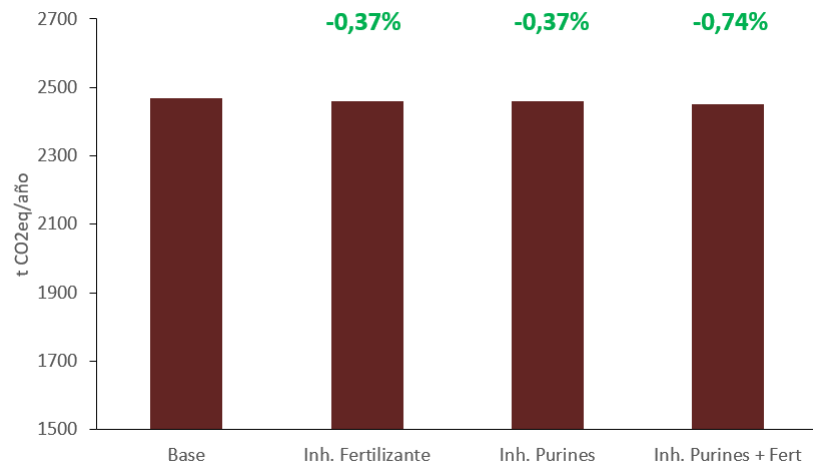


ASESORIA NUTRICIONAL

1. Manejo del pastoreo
2. Suplementación

4. Oxido Nitroso Fertilización N

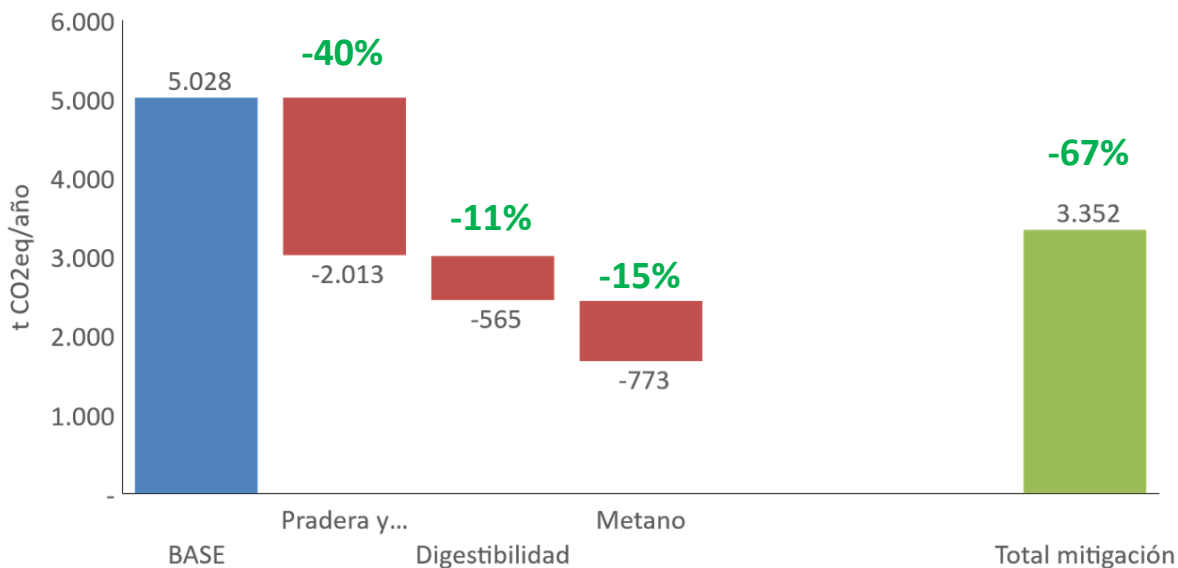
	Uso de inhibidores
Fertilizantes	-7 a -22%
Purines	-23%)



Mitigación y emisiones prediales (Ejemplo para Carne)

Vaquillas	1180
Ternereras	287
Vacas	390
Pradera	521
Bosque	130

Captura pradera, t C/ha	1,37
Captura Bosque, t C/ha	10
Mitigación CH ₄ , %	-30%
Digestibilidad, %	68 a 65%





1

Carbono neutralidad Sector Ganadero:
Vamos en camino, sin embargo, se requieren mas esfuerzos (investigación)

2

Bosques: Sumidero natural de carbono que permite mejorar Balance de C predial

3

Practicas son de alto costo, con bajo impacto productivo → Bonos, compensación (?)

4

Siempre evaluar impacto predial de una medida de mitigación: Individual << Predial



**MUCHAS
GRACIAS!**

Ignacio.beltran@inia.cl

[https://www.researchgate.net/profile
/Ignacio-Beltran-3](https://www.researchgate.net/profile/Ignacio-Beltran-3)



**CHILE
AVANZA
CONTIGO**

FUNDACIÓN
FUCOA