

Contabilidad de Carbono en Bosques

Del dicho al hecho

Horacio Gilabert, Ingeniero Forestal, Ph.D.
Pontificia Universidad Católica de Chile.
Departamento de Ecosistemas y Medio Ambiente.



Sustentabilidad de Bosques y Plantaciones Forestales
Concepción, 5 de diciembre 2023

Contenidos



01

Ciclos de los GEI

Ciclos más importantes para el cambio climático



02

Reglas de contabilidad

Que información se necesita y de que nivel



03

Contabilidad en Bosques

Como se hace el balance de emisiones y capturas



04

Reflexiones finales

Mejor contabilidad, mejor ciencia y viceversa

Introducción

La contabilidad de emisiones de GEI se rige por una serie de reglas de contabilidad para simplificar y concordar métodos que permitan hacer comparaciones entre países y organizaciones, y permitir un seguimiento en el tiempo de las emisiones/capturas

En estos métodos, comunes a todos los sectores que se consideran en los reportes nacionales de GEI, se reduce la emisión y captura de GEI, que ocurren en procesos naturales y de origen antrópico muy complejos, a sumas y restas de capturas en ciertas fuentes.



01

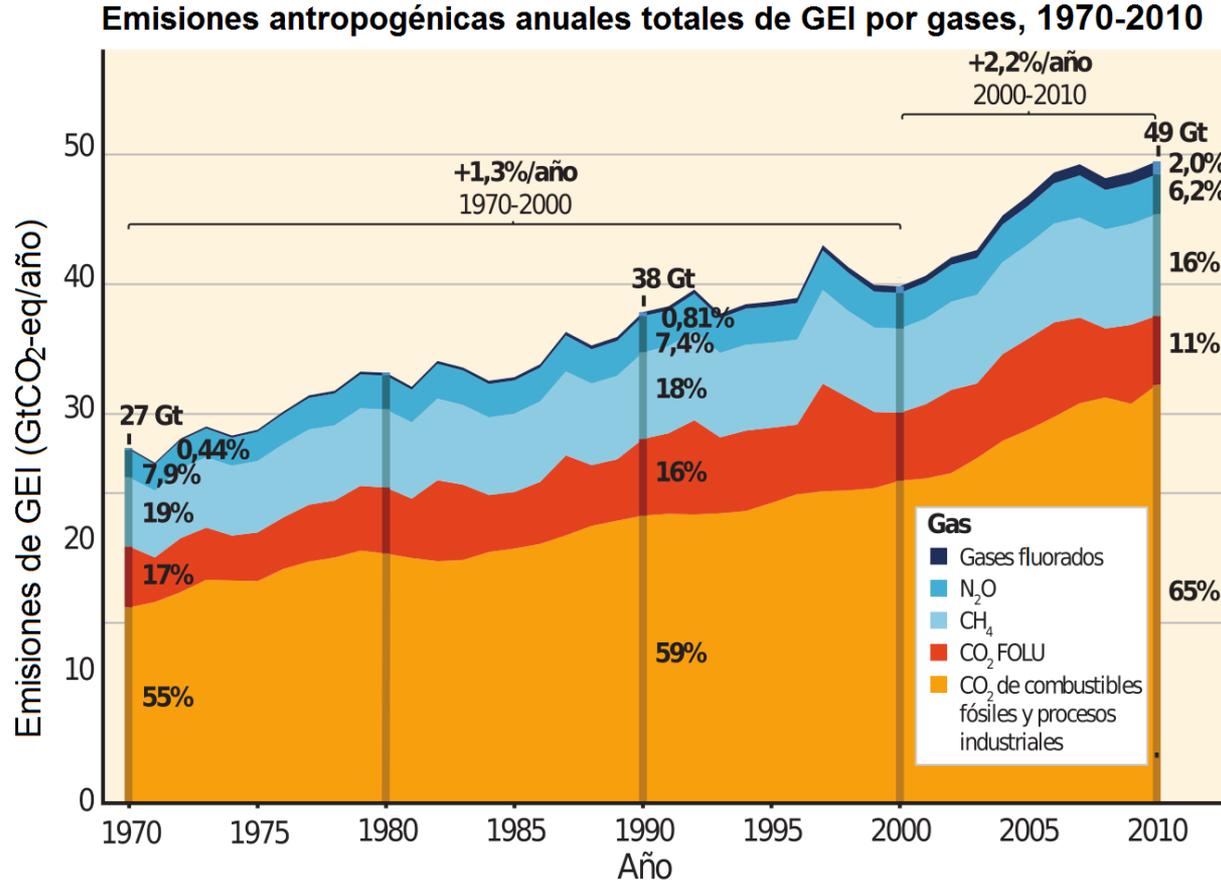
Ciclos de los GEI

Los villanos del Cambio Climático



Principales GEI

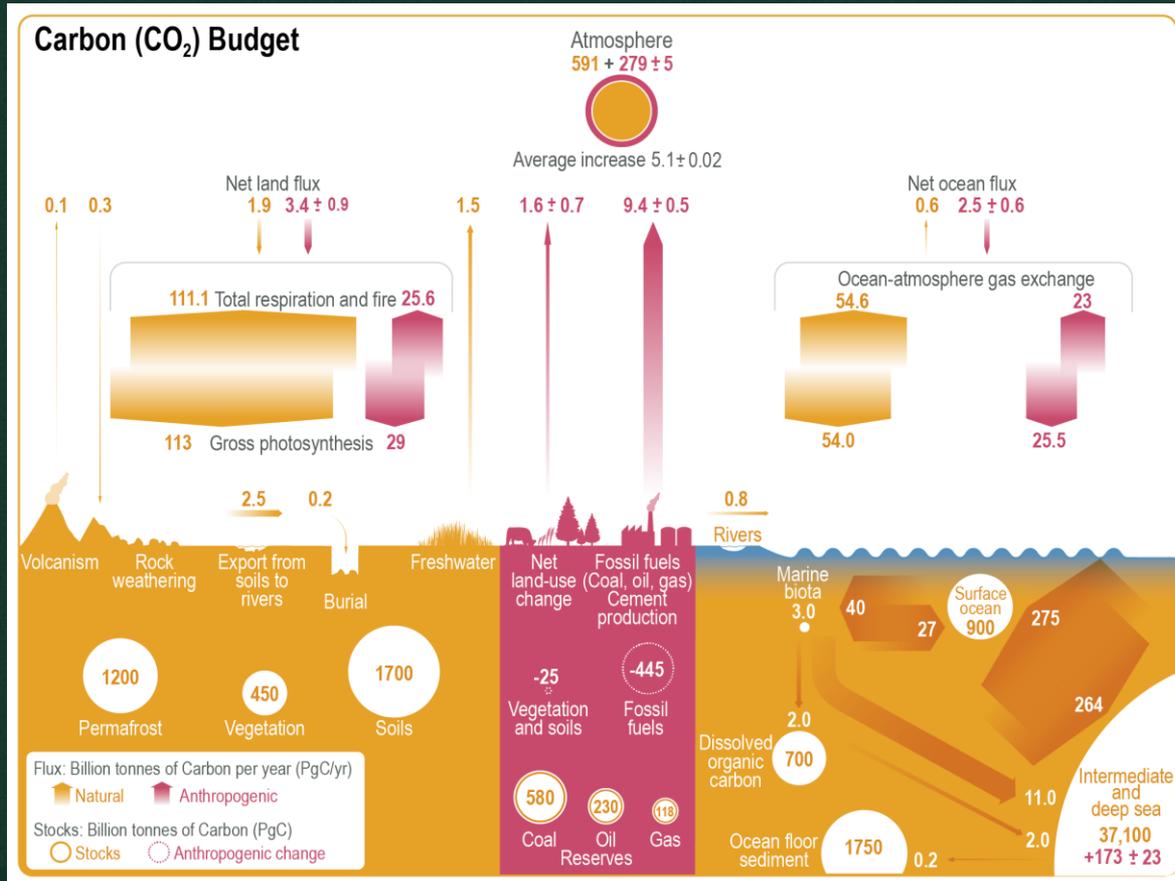
Centro de Cambio Global UC. 2010. CAMBIO CLIMÁTICO
EN CHILE: CIENCIA, MITIGACIÓN Y ADAPTACIÓN.
Ediciones UC. Pontificia Universidad Católica de Chile



G = 10⁹

GEI #1: CO₂

IPCC, Climate Change 2021: The Physical Science Basis.
 Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment
 Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change

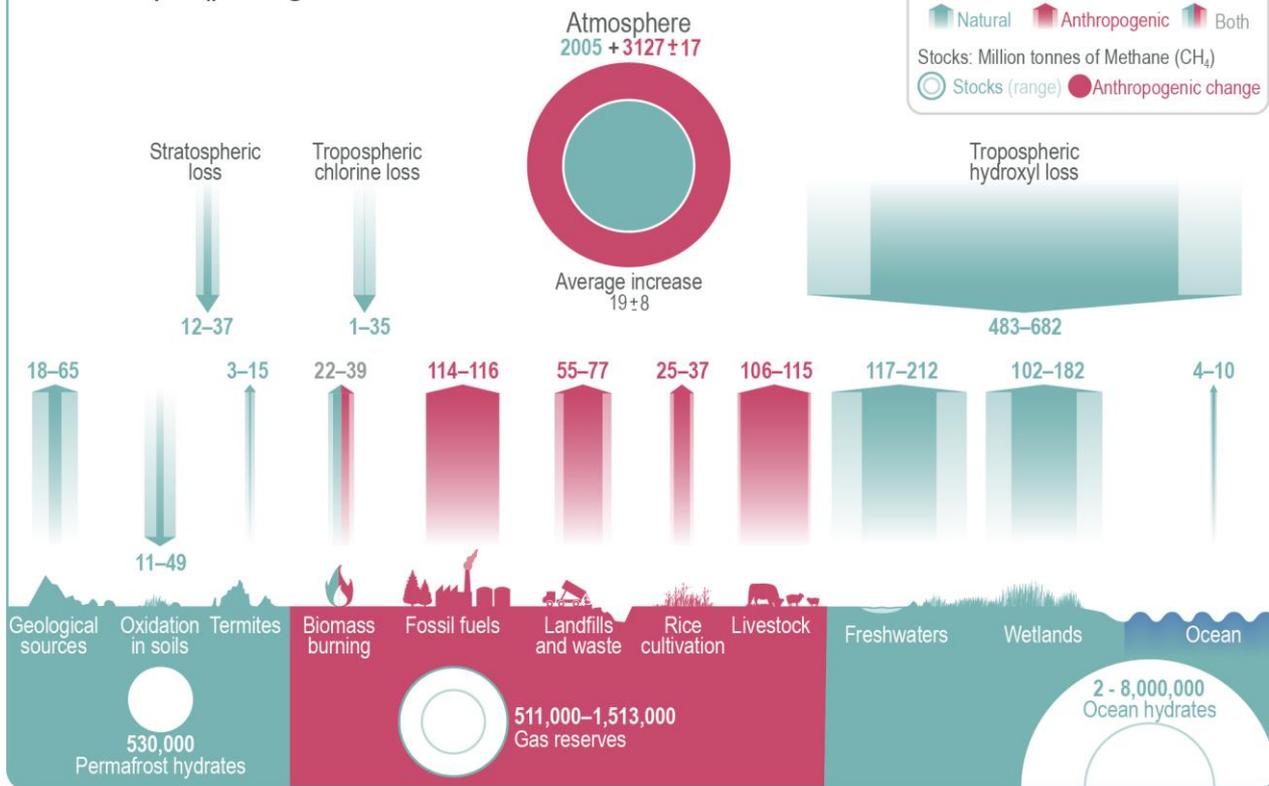


P=10¹⁵

GEI #2: CH₄ (GWP₂₀ = 84)

IPCC. Climate Change 2021: The Physical Science Basis.
 Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment
 Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change

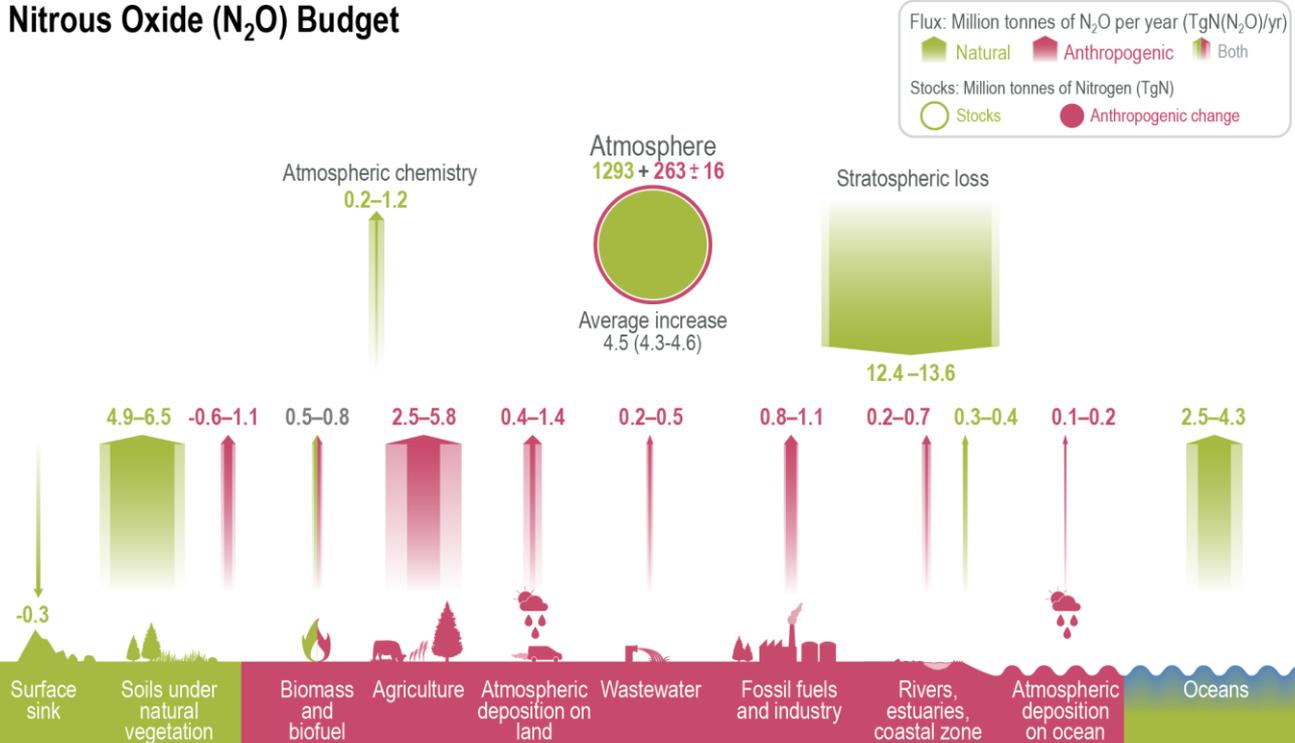
Methane (CH₄) Budget



GEI #1: N₂O (GWP₂₀ = 264)

IPCC. Climate Change 2021: The Physical Science Basis.
 Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment
 Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change

Nitrous Oxide (N₂O) Budget





02

Reglas de contabilidad

Niveles de actividad y Factores de emisión



Sectores de Contabilidad



Energía

Producción, transmisión y transformación de energía

Procesos Industriales y

Uso de Productos

PI, uso de GEI en productos y usos no energéticos de C en combustibles fósiles

Agricultura

Cultivos anuales, perennes y ganadería.

Silvicultura y

Uso del Suelo

Bosques, usos del suelo y cambios de US

Desechos

Tratamiento de desechos sólidos y líquidos

Otros

Emisiones indirectas de N desde fuentes no agrícolas

Una simple regla de cálculo



Nivel de actividad

Grado, magnitud o extensión en la que ocurre una actividad humana



Factor de emisión

Coeficientes que cuantifican las emisiones o capturas por unidad de actividad.

$$Emisiones(C \cdot y^{-1}) = AC \times FE$$

Reglas de cálculo: ¿A que actividades o sectores se les estiman las emisiones?

En la contabilidad de emisiones no se estiman todas, sino que se eligen las llamadas **Categorías Clave**:

- Aquellas que suman hasta el 95% acumuladode emisiones en una lista de orden decreciente de **cantidad de emisiones** (hasta el p95 cuando se ordenan de mayor a menor)
- Como complemento de este criterio se agregan aquellas categorías que en una análisis ponderado de **incertidumbre**, y ordenadas en orden decreciente y sumadas, están bajo el percentil 90.





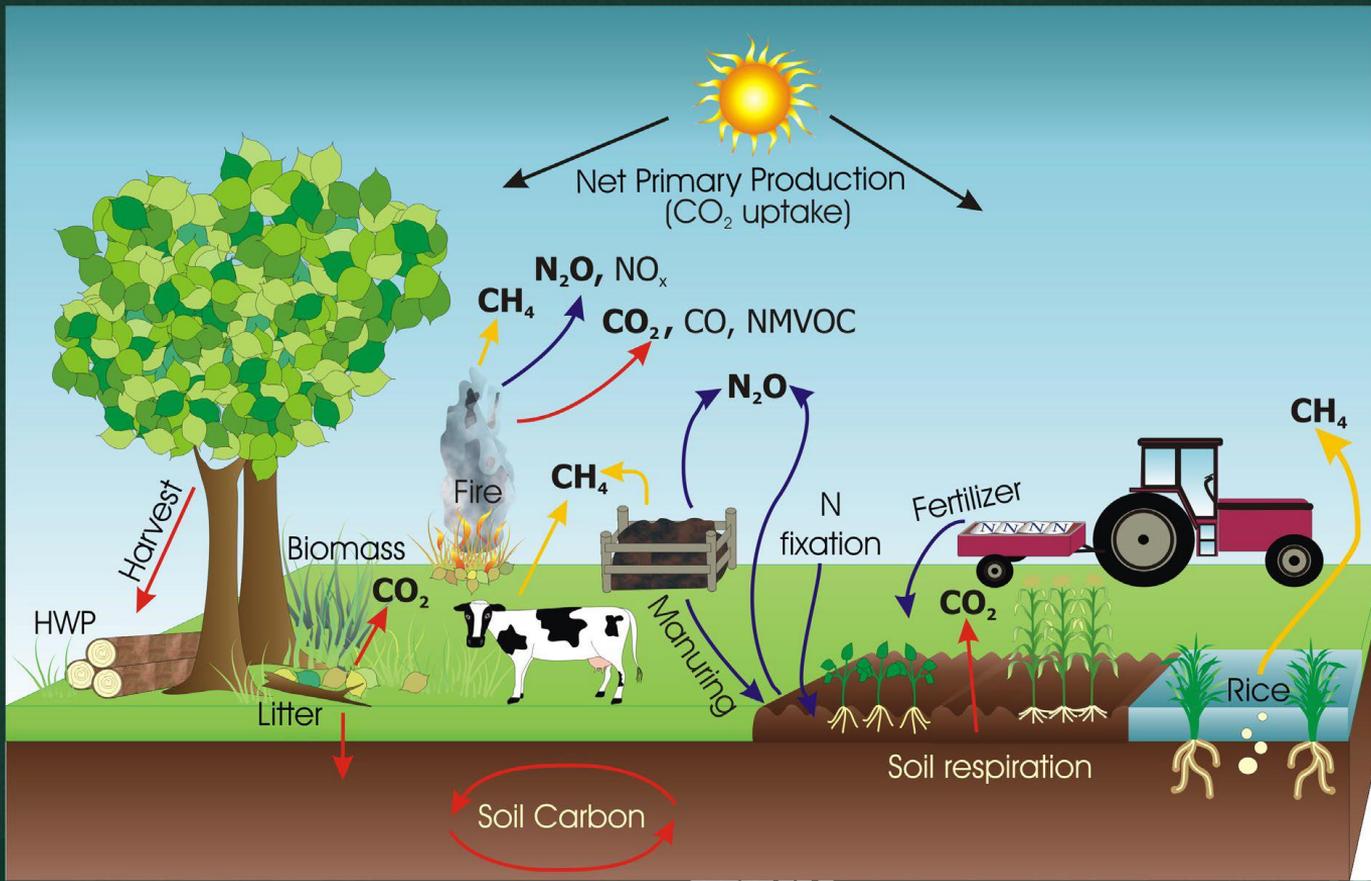
03

Contabilidad en bosques

Bosques, Uso del Suelo y Cambio de Uso del Suelo (UTCUTS=LULUCF € AFOLU)

UTCUTS: Panorama General

2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use



UTCUTS: Métodos para estimar emisiones

En este sub-sector se ordena la contabilidad categorizando los usos del suelo en Categorías de Uso y Gestión de Tierras (6) :

- Tierras Forestales (TF)
- Tierras de Cultivo (TC)
- Pastizales (P)
- Humedales (A)
- Asentamientos (H)
- Otras (O)

Asimismo, cada categoría se divide en Tierras que permanecen en la misma categoría y Tierras que cambian. Por ejemplo TF que permanecen como TF ó TF que cambian a TC.



UTCUTS: Matrices de CUS

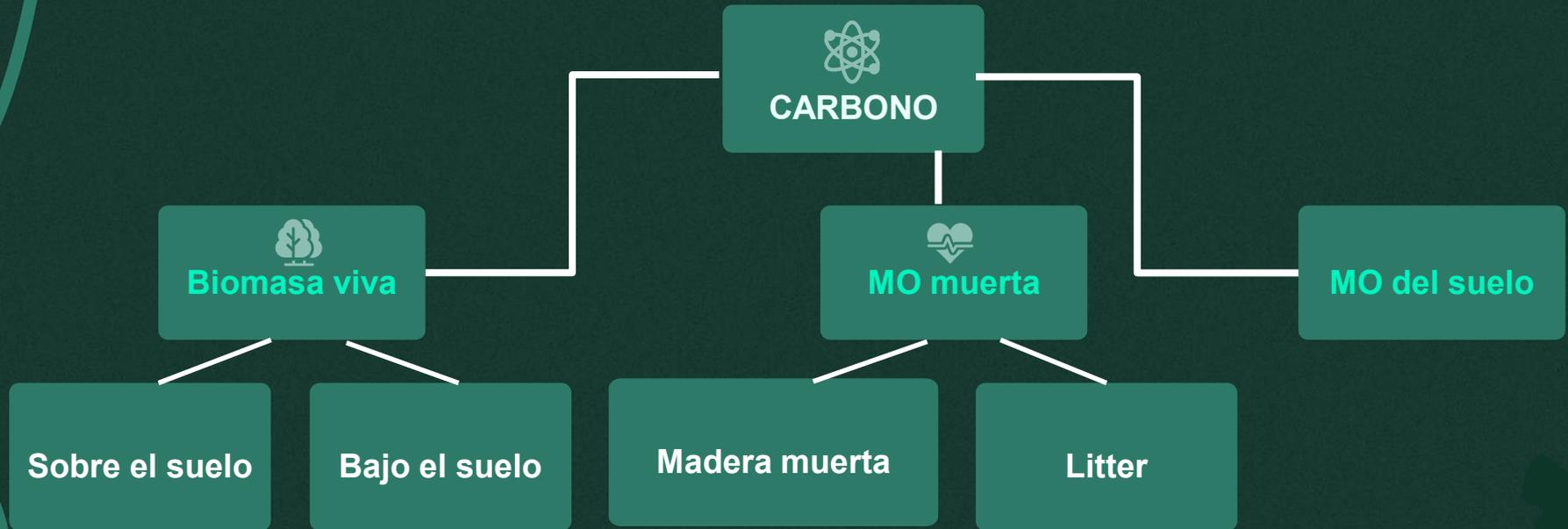
Estas cantidades (niveles de actividad) en Chile se manejan mediante matrices anuales de transición de uso del suelo.

Estas matrices tiene mayor detalle (desagregación) en el caso de las tierras forestales

		Uso de la Tierra 1990											Total 1989	
		AS	TC	PA	TF-BN_MA	TF-BN_AD	TF-BN_R	TF-BN_AR	TF-BN_AC	TF-BN_M	TF-PF	HU		OU
Uso de la Tierra/1989	AS	154.388,2	0,0	0,0	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,9	0,0	154.395,1
	TC	8.094,2	3.723.624,9	11.910,0	2763,08	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	38.829,6	634,8	0,0	3.785.856,5
	PA	2.061,1	21.789,6	18.584.624,5	27640,76	0,0	4.353,7	0,0	1.169,4	670,6	44.709,9	778,2	285,3	18.688.083,0
	TF-BN_MA	256,4	1.009,2	7.905,3	1553268,38	61,6	11.385,2	545,9	269,1	1.605,4	13.499,0	24,7	6,2	1.589.836,4
	TF-BN_AD	1,5	7,4	1.487,0	1456,06	6.204.120,8	10.891,3	9.058,7	205,0	227,7	610,7	33,7	126,1	6.228.226,1
	TF-BN_R	90,9	466,2	6.491,5	6184,18	9.640,8	4.567.123,8	12.561,5	157,6	3.260,8	7.831,6	149,4	19,6	4.613.977,9
	TF-BN_AR	12,9	16,9	634,2	686,02	5.801,5	7.486,3	965.017,5	47,3	210,3	447,6	6,6	30,3	980.397,3
	TF-BN_AC	9,0	0,0	1.067,7	527,96	689,9	175,5	28,0	2.823.732,6	0,0	241,7	9,1	268,5	2.826.749,8
	TF-BN_M	2,0	61,1	212,7	491,07	6,0	1.057,6	144,5	0,0	119.221,1	3.196,5	1,6	0,0	124.394,2
	TF-PF	373,3	2.506,1	7.204,9	4667,20	0,0	543,0	0,0	0,0	2.741,7	1.431.252,0	99,8	1,0	1.449.389,0
	HU	58,3	1.003,8	1.177,4	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	349,4	4.913.341,2	0,0	4.915.930,2
OU	416,8	0,0	0,0	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3.776,7	28.915.604,5	28.919.798,0	
TOTAL 1990		165.764,5	3.750.485,2	18.622.715,2	1.597.684,7	6.220.320,7	4.603.016,3	987.356,2	2.825.581,0	127.937,6	1.540.968,0	4.918.862,7	28.916.341,5	74.277.033,6

UTCUTS: Depósitos de Carbono

La contabilidad de emisiones en este sector considera 5 depósitos de C para cada categoría de tierras:



UTCUTS: Niveles de información

Otro concepto importante en la contabilidad es el de *Niveles* (Tiers) de los métodos y datos para hacer los cálculos de emisiones. Se definen 3 niveles:

- **Nivel 1 (Tier 1):** Son los más simples de usar y si bien se pueden tener o no niveles de actividad específicos por país, se proveen valores por defecto para los FE aplicables a biomas muy amplios (Bosques templados). FE son publicados por IPCC. Incertidumbre alta.
- **Nivel 2 (Tier 2):** Mismas definiciones que T1, pero aquí hay FE y cambios de stocks específicos por país y/o región. (Chile).
- **Nivel 3 (Tier 3):** Métodos y datos de muy buena calidad (especialmente variables y repetidos en el tiempo). Menor incertidumbre.



Factores de emisión en Chile

Ejemplo: pino radiata

1. IMA en volumen fustal, E=20 años
2. Densidad de la madera (ρ)
3. FEB=(MS fuste) / (MS aérea total)
4. Razón R: R = (BGB/ABG)
5. Fracción de C en materia seca (pC)
6. Área (A)

$$\text{Captura (tC/y)} = \text{IMA} \times \rho \times \text{FEB} \times (1 + R) \times pC \times A$$

Especie	Densidad básica (t m ⁻³)	Desviación Estándar
<i>Pinus radiata</i>	0,39	0,04
<i>Eucalyptus globulus</i>	0,53	0,07
<i>Eucalyptus nitens</i>	0,45	0,03
<i>Prosopis chilensis/P. tamarugo</i>	0,79	0,11
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	0,36	0,03
<i>Populus spp.</i>	0,30	0,03
Especies nativas	0,50	0,11

Especie	Factor de expansión
<i>Pinus radiata</i>	1,56
<i>Eucalyptus spp.</i>	1,77
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	1,59
Otras especies	1,64 ¹
Bosque nativo	1,75
Leña	1,28 ²

Especie	Factor R
Especies Nativas	0,29
<i>Pinus radiata</i>	0,25
<i>Eucalyptus spp.</i>	0,22
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	0,28
Otras especies	0,25 ¹

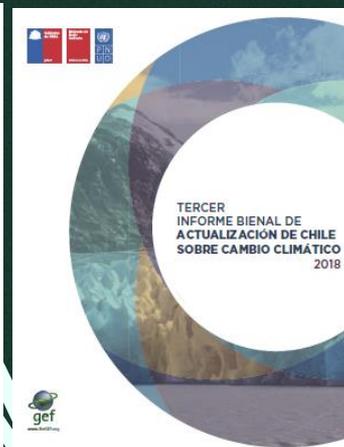
Factores de emisión en Chile

Especie/Región	IMAm ³ (ha-año) ⁻¹														
	XV	I	II	III	IV	V	RM	VI	VII	VIII	IX	XIV	X	XI	XII
<i>Pinus radiata</i>						10,0	10,0	10,3	17,6	20,7	20,9	18,5	19,3		
<i>Eucalyptus globulus</i>	8,1	8,1		8,1	11,3	12,3	12,2	12,8	19,0	24,0	21,3	21,8	22,7		
<i>Eucalyptus nitens</i>								12,4	24,9	33,0	32,4	38,9	41,0		
<i>Prosopis tamarugo</i> ; <i>Prosopis chilensis</i>	2,3	2,3	2,3	2,3	3,8	3,8	3,8								
<i>Pseudotsuga menziesii</i>									14,0	14,0	16,0	16,0	16,0	8,8	
<i>Populus spp.</i>					25,5		25,5	25,5	25,5	25,5	25,5	25,5	25,5	25,5	
Otras especies	3,6	3,6	3,6	3,6	5,5	7,3	7,3	9,1	10,9	12,7	12,7	14,5	14,5	18,2	9,1

Fuente: INFOR (2013; 2005b; 2007a); INGEI 1984/2006 (MMA, 2011); Ulloa (1995); Schulz (1995)

Tipo Forestal	IPA (m ³ (ha año) ⁻¹)					
	DAP <10 cm	DAP 10.1-20 cm	DAP 20.1-30 cm	DAP 30.1-40 cm	DAP 40.1-50 cm	DAP 50.1-60 cm
Alerce	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Ciprés de las Guaitecas	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9
Araucaria	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6
Cipres de la cordillera	2,7	2,7	4,7	4,7	3,9	3,9
Lenga	3,9	7,5	7,3	6,3	5,5	3,9
Coihue de Magallanes	3,7	3,7	6,1	6,1	4,6	4,6
Roble-Hualo	3,5	3,5	4,6	4,6	3,0	3,0
Roble Rauli Coihue	4,1	7,4	7,1	5,9	4,8	4,0
Coihue Rauli Tepa	4,9	5,6	7,3	6,3	6,0	5,2
Esclerofilo	1,6	1,6	2,2	2,2	1,9	1,9
Siempreverde	4,1	6,3	6,2	6,0	5,4	4,9

Fuente: Equipo Técnico de INFOR, de acuerdo a datos IFN.



Fuente: Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero de Chile (Ministerio Medio Ambiente, 2018)

Emisiones por incendios

$$L_{fire}$$

$$L_{fire} [tGEI \cdot y^{-1}] = A \times M_B \times C_f \times G_{ef} \times 10^{-3}$$



04

Reflexiones finales

Mejor contabilidad, mejor ciencia

Dos ideas finales

Estudios locales

La contabilidad de C, en el contexto de los reportes, simplifica procesos complejos, pero es perfectamente posible sofisticar las estimaciones mediante estudios locales debidamente validados.

Mejor ciencia = Mejor contabilidad

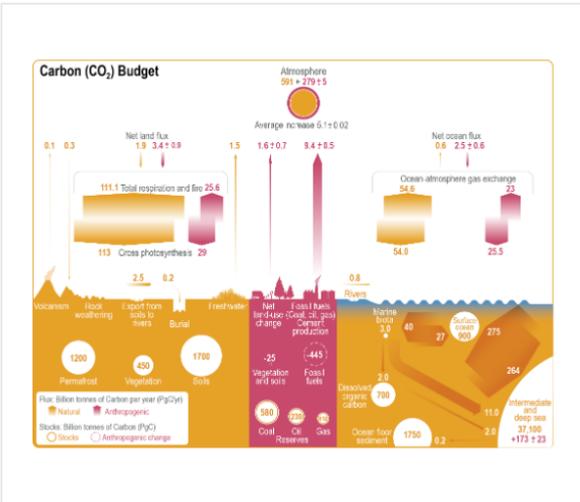
El avance desde datos/métodos Nivel 1 a Nivel 3 es esencial para disminuir la incertidumbre y generar políticas de mitigación costo-efectivas

Gracias

¿Preguntas?

hgilab@uc.cl
+562 2354 4169





OPEN IN CHAPTER
 DOWNLOAD
 HOW TO CITE

Figure caption

Figure 5.12 | Global carbon (CO₂) budget (2010–2019). Yellow arrows represent annual carbon fluxes (in PgC yr⁻¹) associated with the natural carbon cycle, estimated for the time prior to the industrial era, around 1750. Pink arrows represent anthropogenic fluxes averaged over the period 2010–2019. The rate of carbon accumulation in the atmosphere is equal to net land-use change emissions, including land management (called LULUCF in the main text) plus fossil fuel emissions, minus land and ocean net sinks (plus a small budget imbalance, Table 5.1). Circles with yellow numbers represent pre-industrial carbon stocks in PgC. Circles with pink numbers represent anthropogenic changes to these stocks (cumulative anthropogenic fluxes) since 1750. Anthropogenic net fluxes are reproduced from [Friedlingstein et al. \(2020\)](#). The relative change of gross photosynthesis since pre-

Feedback