

SEMINARIO INTERNACIONAL

Integrando el conocimiento del cambio global
a los procesos de toma de decisiones en la
Cuenca del Plata: un enfoque transdisciplinario.

Santa Fe, Argentina, septiembre de 2019



UNL • FACULTAD
DE INGENIERÍA Y
CIENCIAS HÍDRICAS



Sebastián H. Villarino

CONICET - UNMdP (FCA) - INTA - GEAP

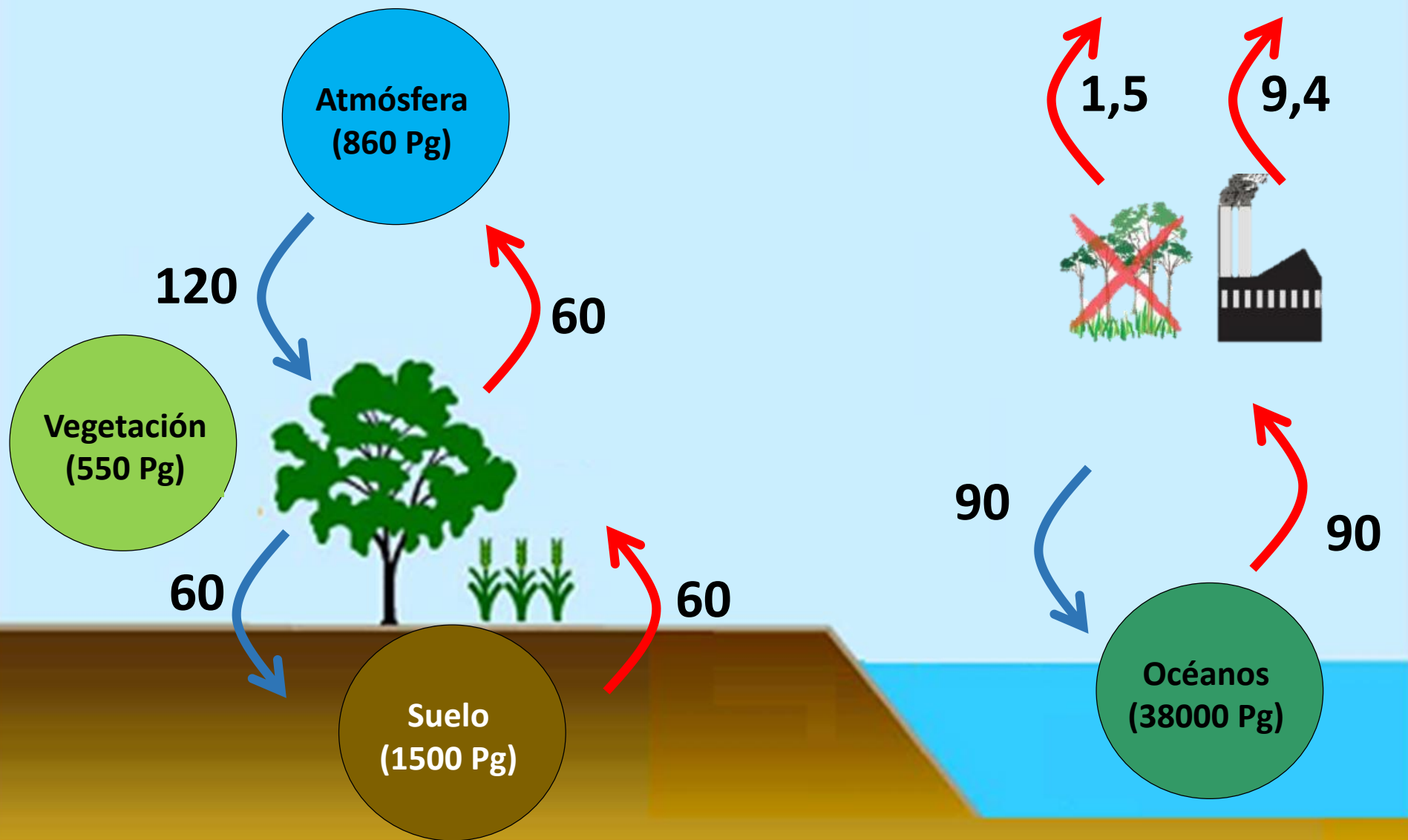


E- mail: sebavillarino@Gmail.com

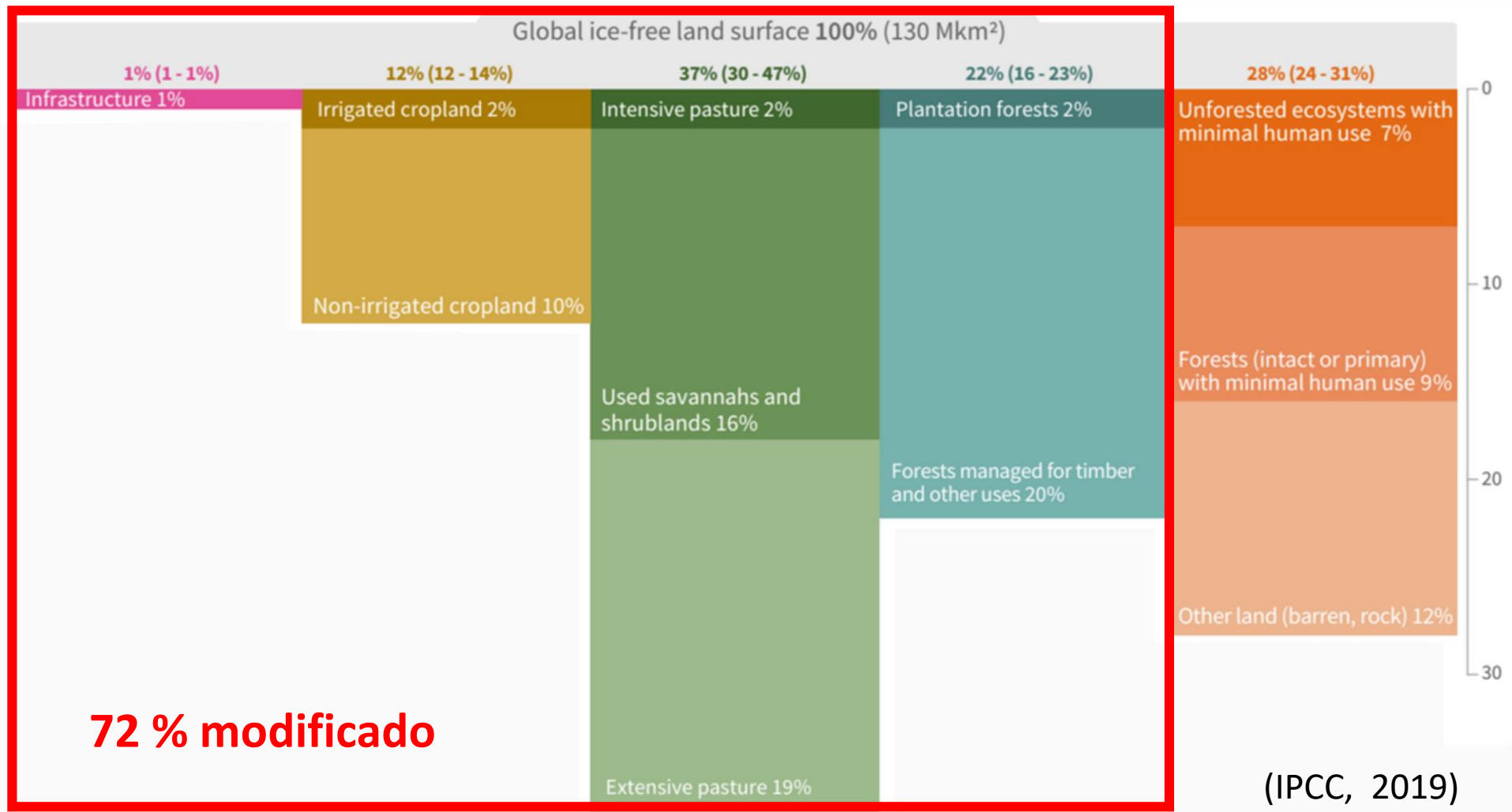
Ciclo del C y uso del suelo



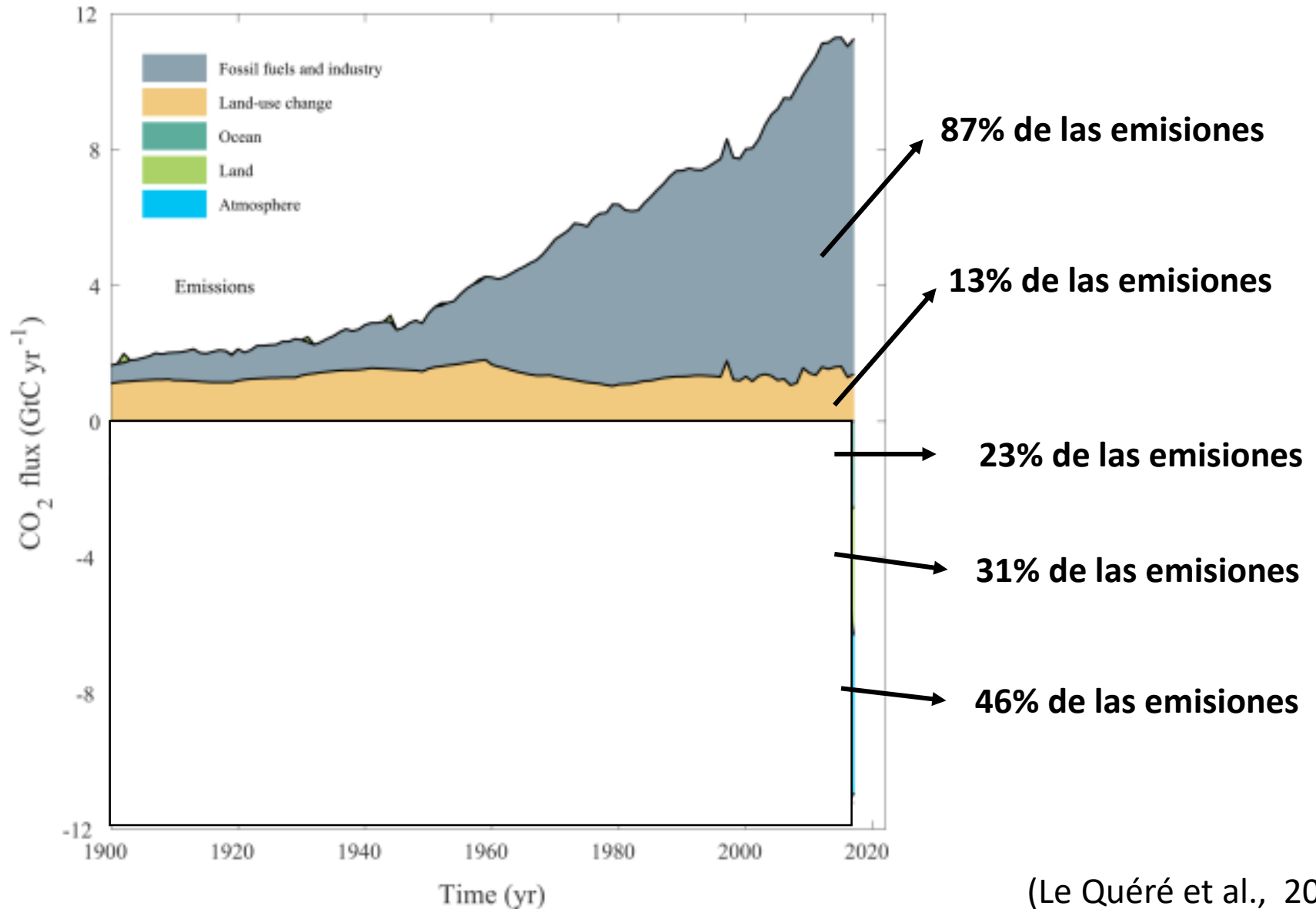
Ciclo del C (Pg C año^{-1})



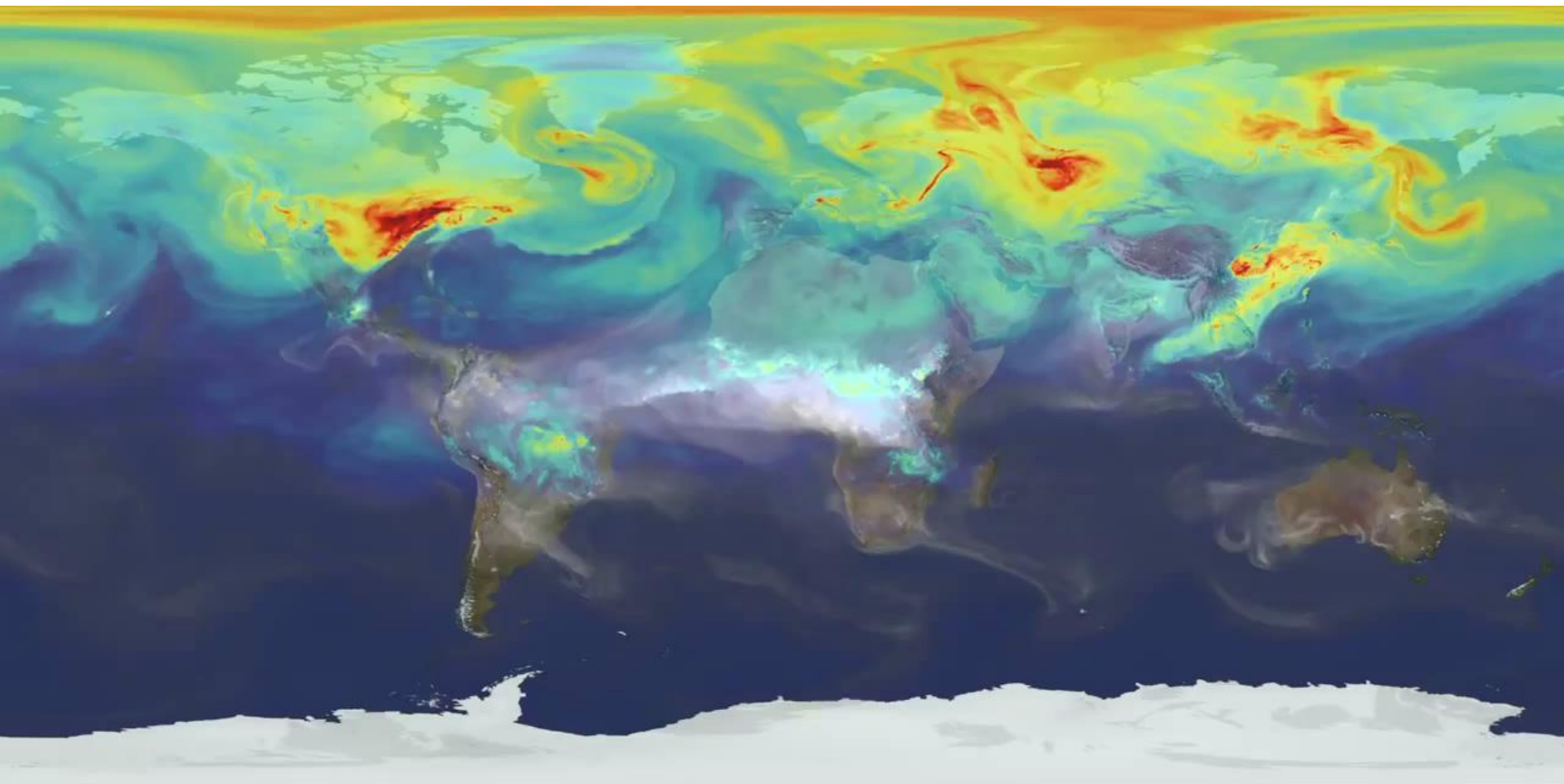
+ Intervención humana -



Seminario Internacional Cambio Global



Seminario Internacional Cambio Global



2006 / 01 / 01

Global Modeling and Assimilation Office

Carbon Monoxide Column Abundance [1.0×10^{18} molec cm^{-2}]



0.0 0.6 1.2 1.8 2.4 3.0 3.6 4.2 4.8 5.4 6.0

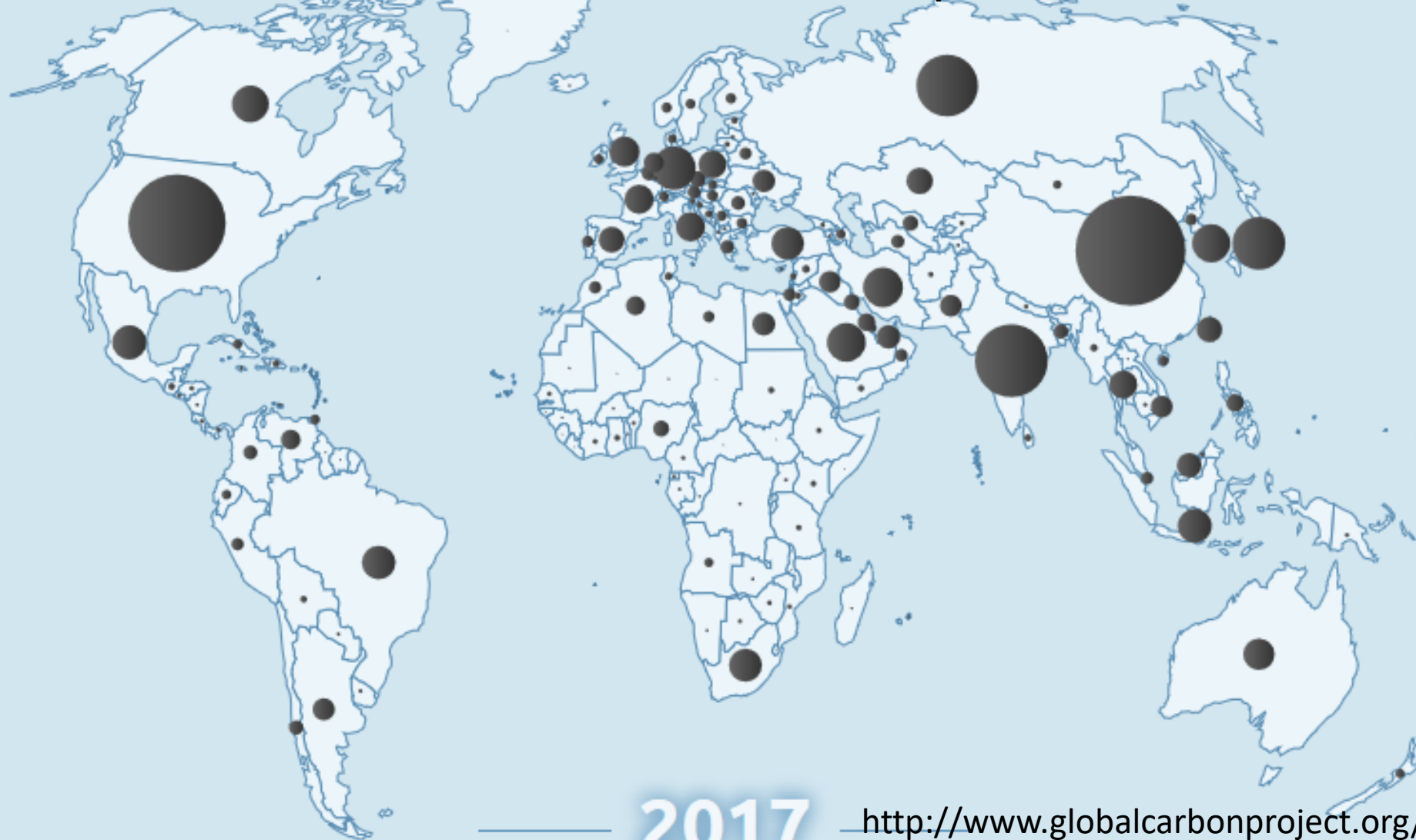
Carbon Dioxide Column Concentration [ppmv]



377 379 381 383 385 387 389 391 393 395

Seminario Internacional Cambio Global

Emisiones desde el uso de combustibles fósiles y la actividad industrial



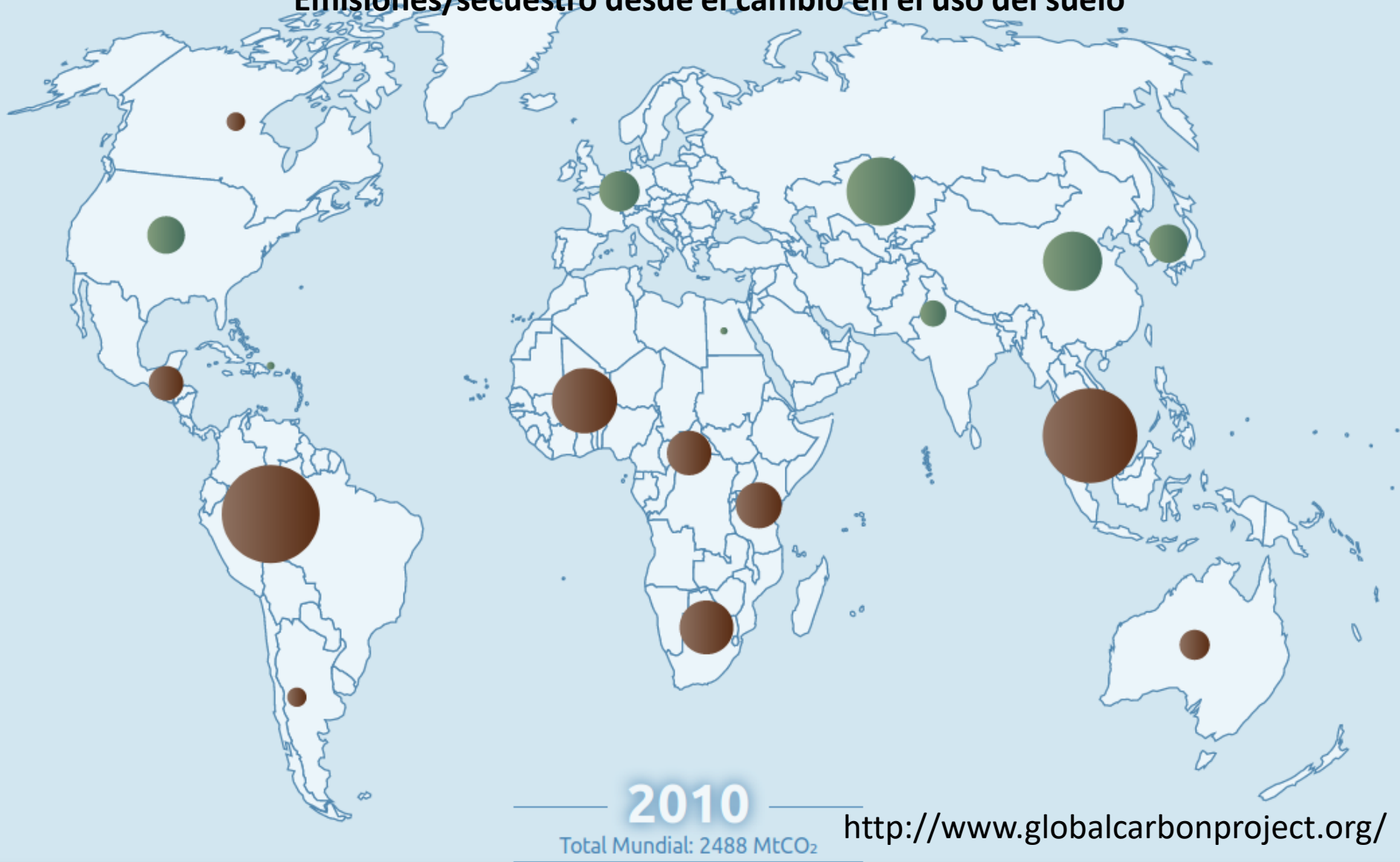
2017

<http://www.globalcarbonproject.org/>

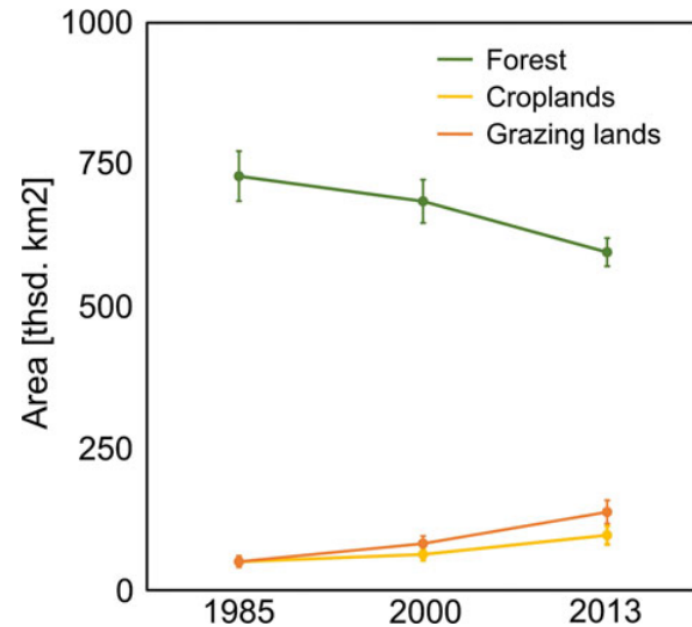
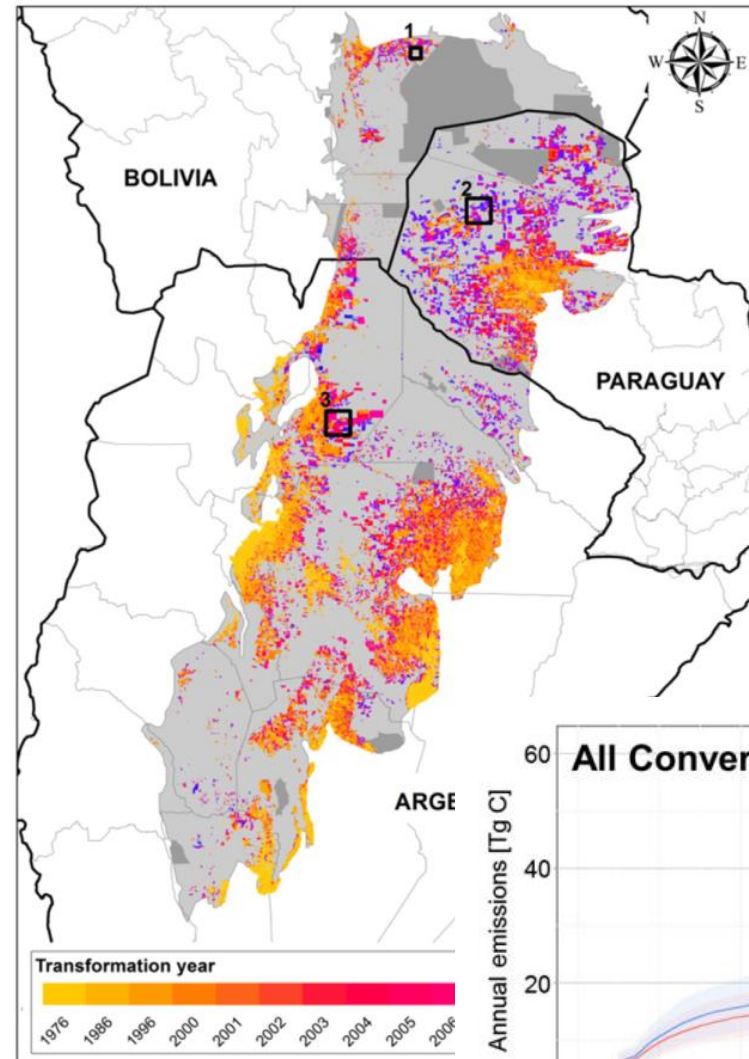
World Total: 36153 MtCO₂

Seminario Internacional Cambio Global

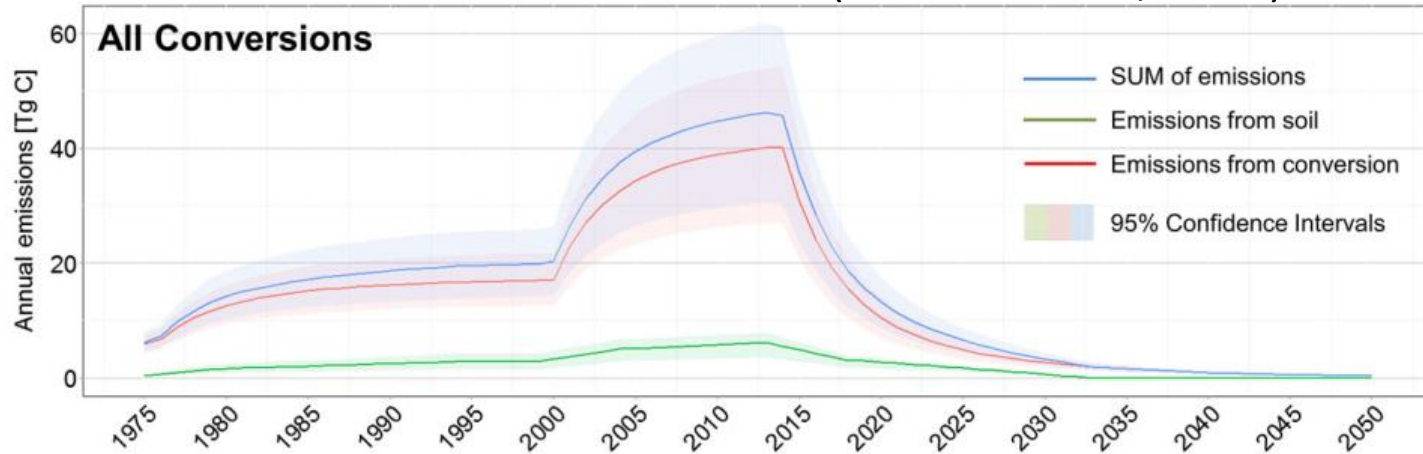
Emisiones/secuestro desde el cambio en el uso del suelo



Seminario Internacional Cambio Global

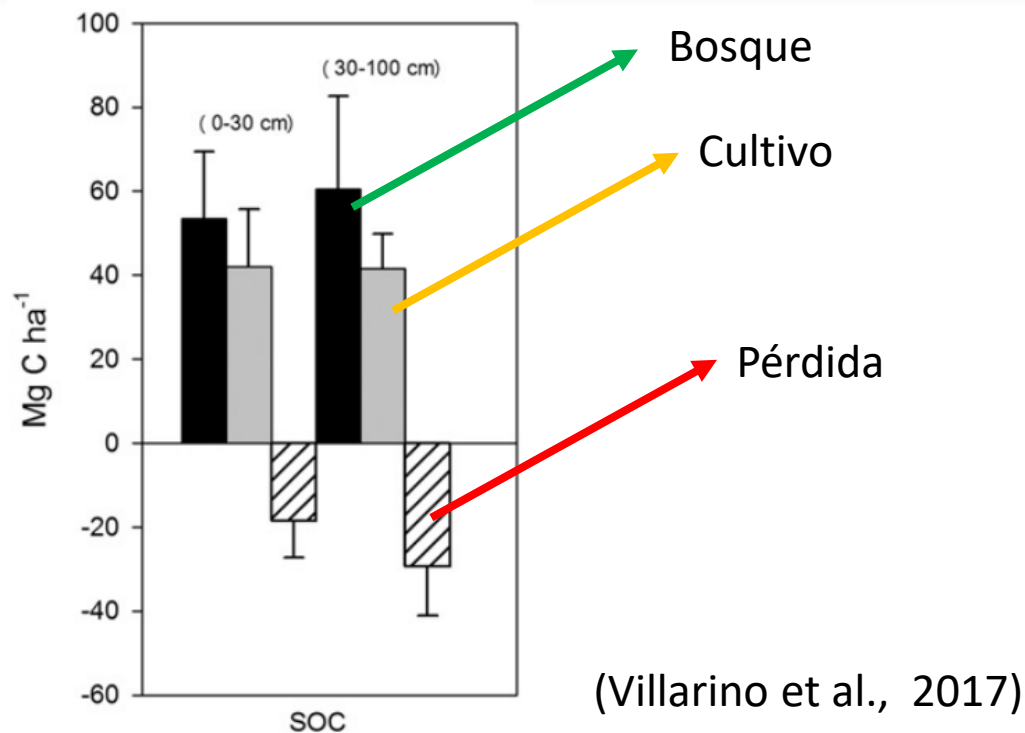
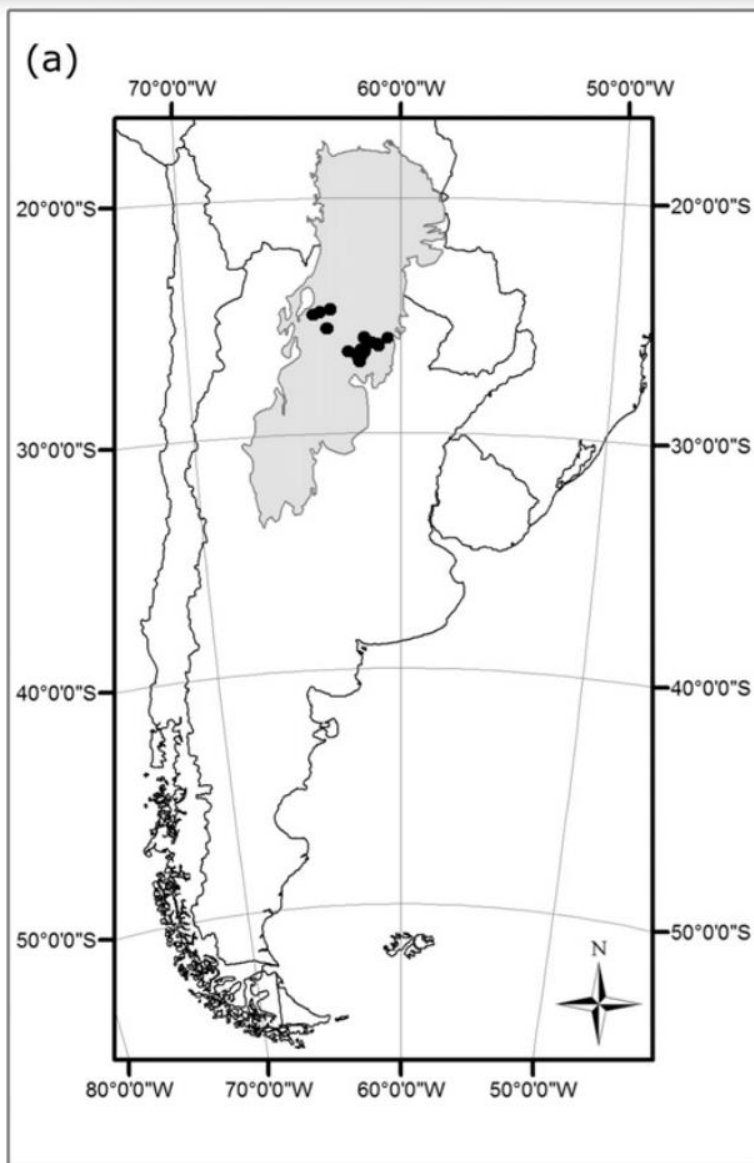


(Baumann et al., 2016)



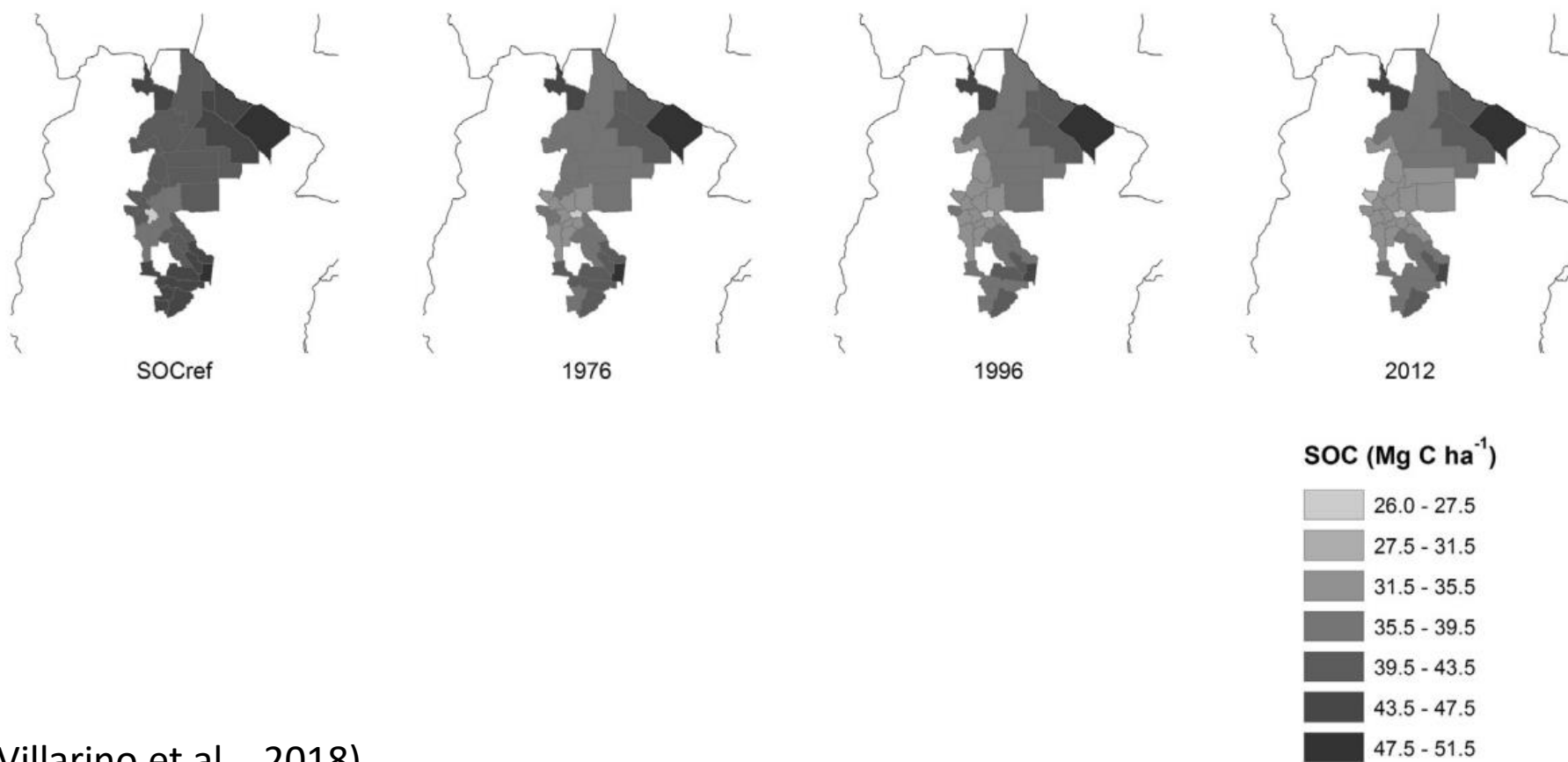
(Vallejos et al., 2014)

Seminario Internacional Cambio Global



- C en biomasa del bosque: 60 Mg/ha (Baumann et al., 2016)
- C en el suelo (1m): 114 Mg/ha
- Pérdida de C en bosque a cultivo: **-48 Mg/ha**

Seminario Internacional Cambio Global



(Villarino et al., 2018)

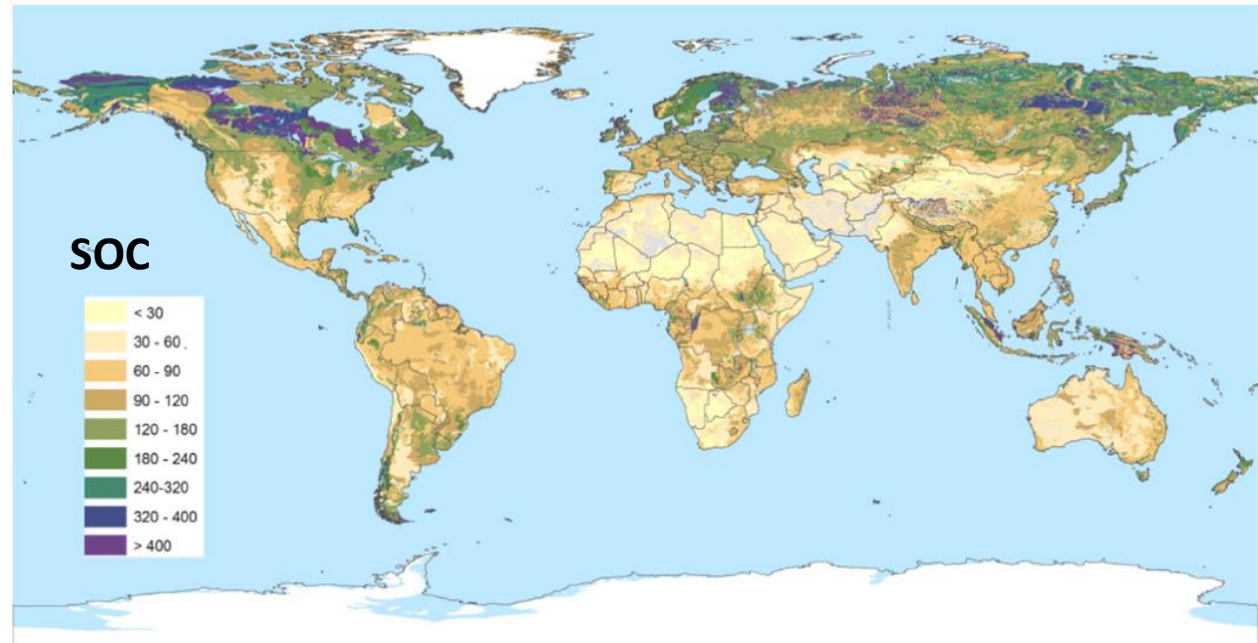
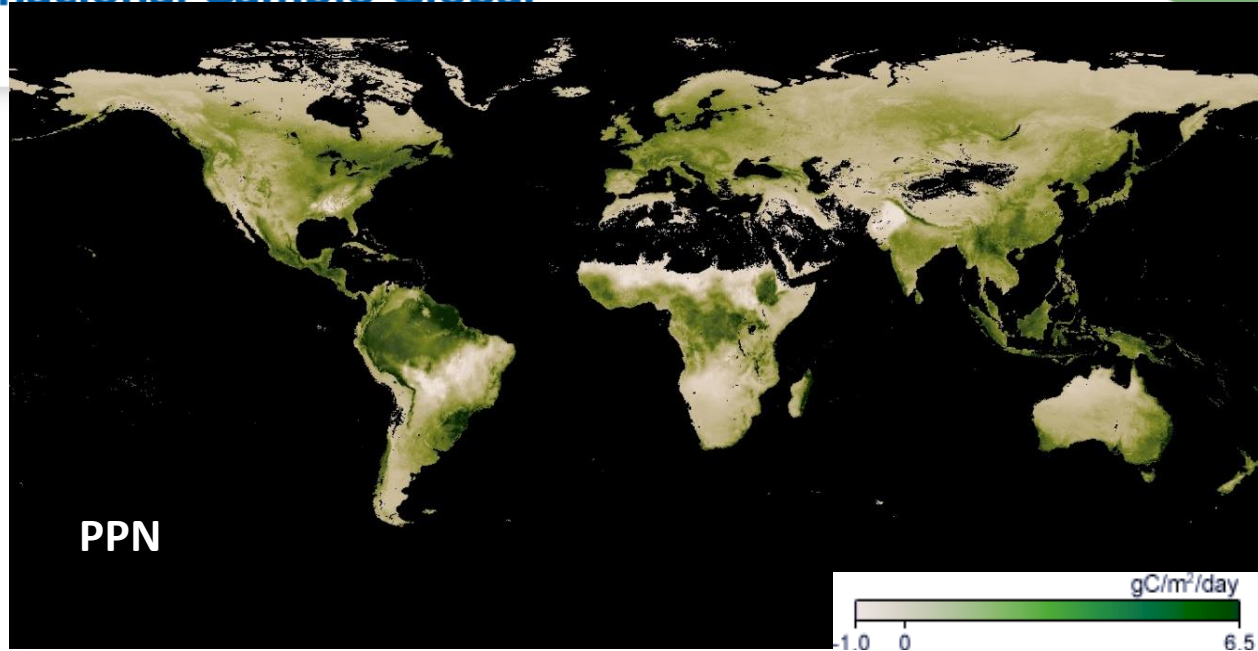
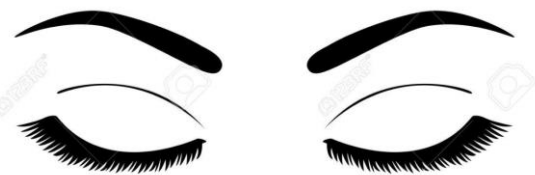
Seminario Internacional Cambio Global

Lo que vemos

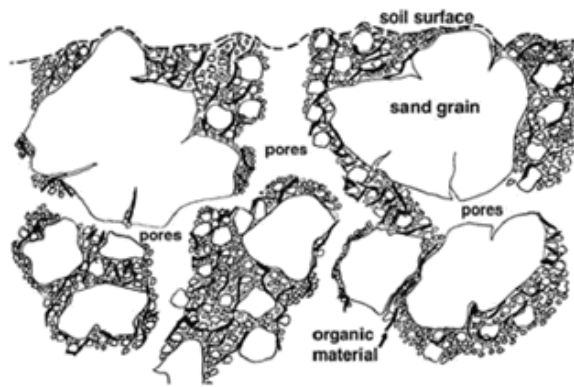


Lo que vemos, ¿Es
un buen indicador
de lo que no
vemos?

Lo que no vemos





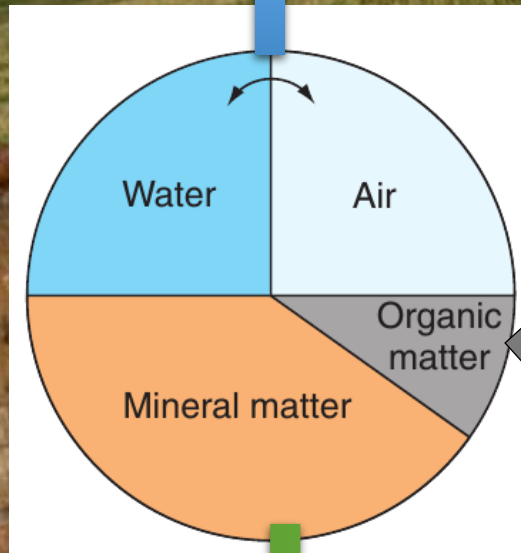


Granular

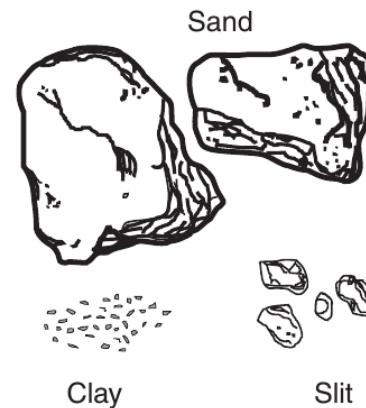


Prismatic

obal

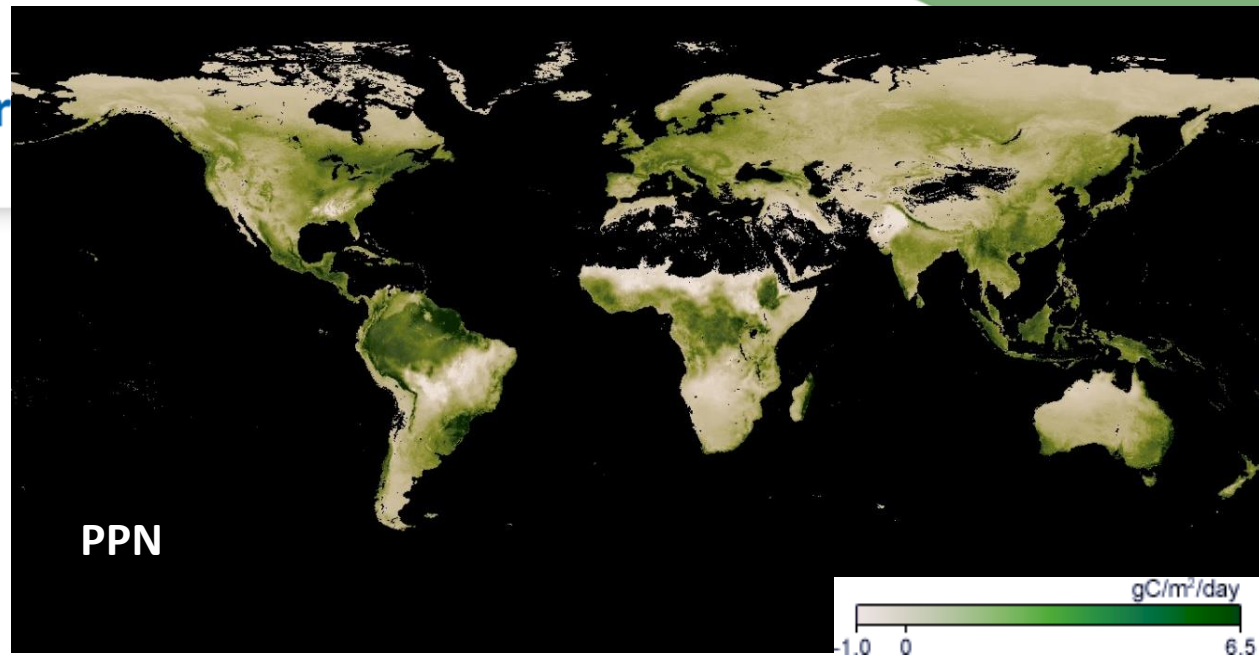
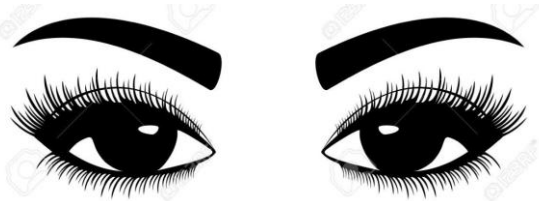


Textura



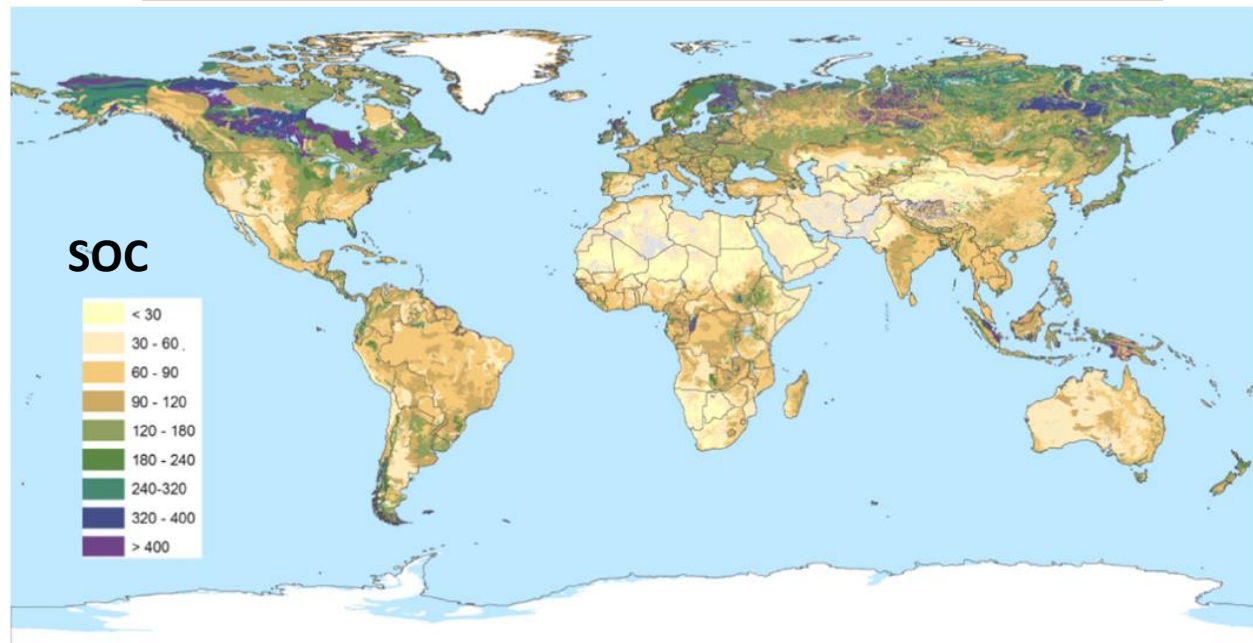
100 μm

Lo que vemos



¿Por qué difieren los mapas?

Lo que no vemos

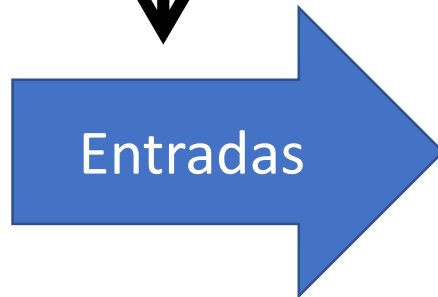




Ecosistema natural



Precipitación



Temperatura



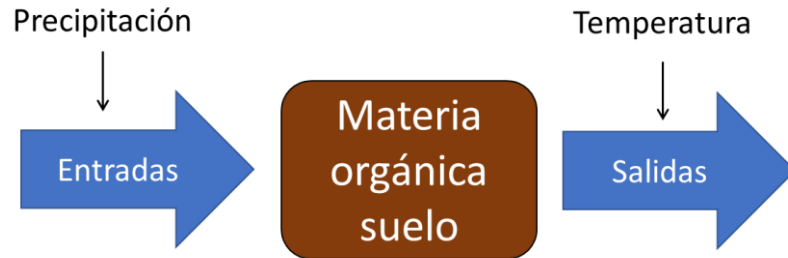
Precipitación

Temperatura

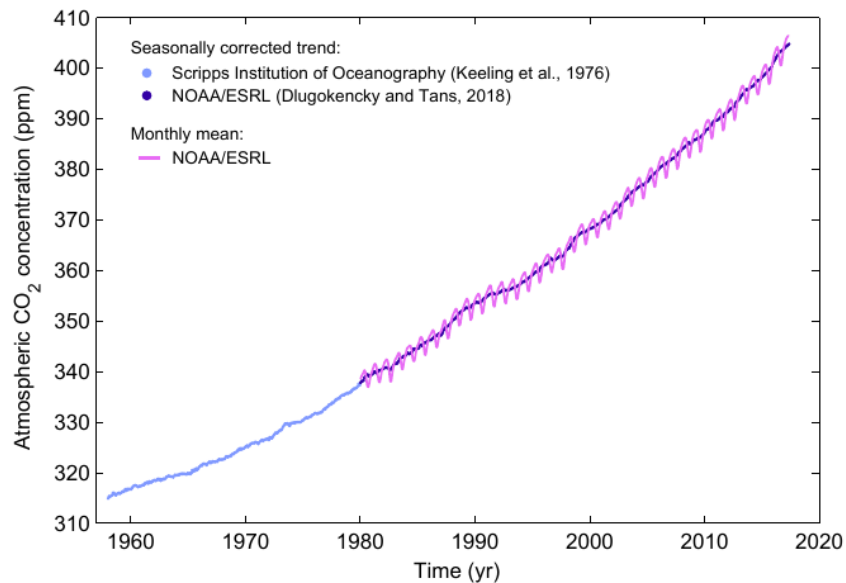


(Jobbagy y Jackson 2000)

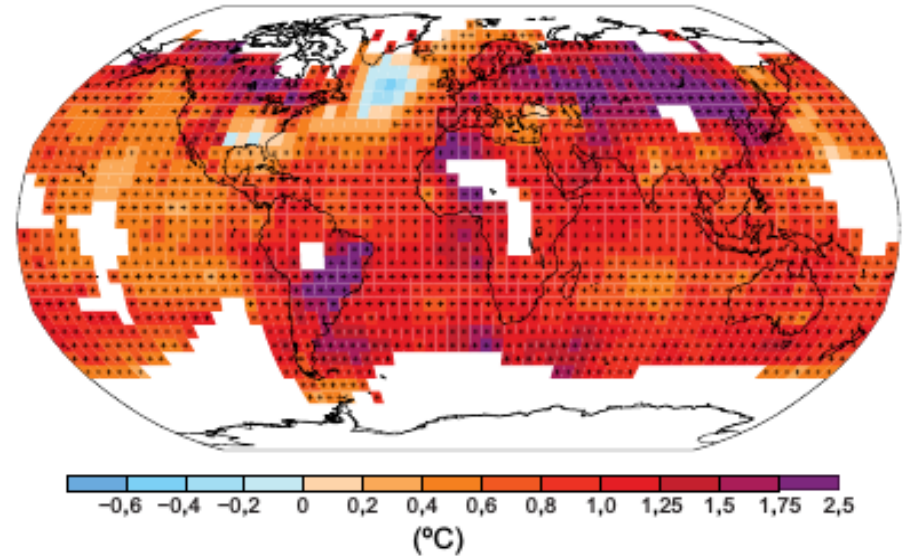
Seminario Internacional Ca



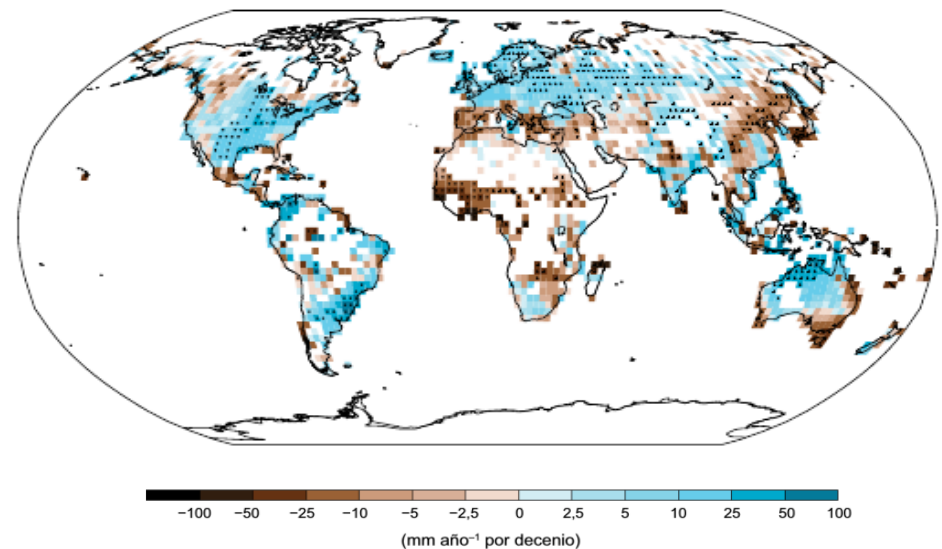
Y el CO₂!



Cambio observado en la temperatura en superficie, 1901-2012

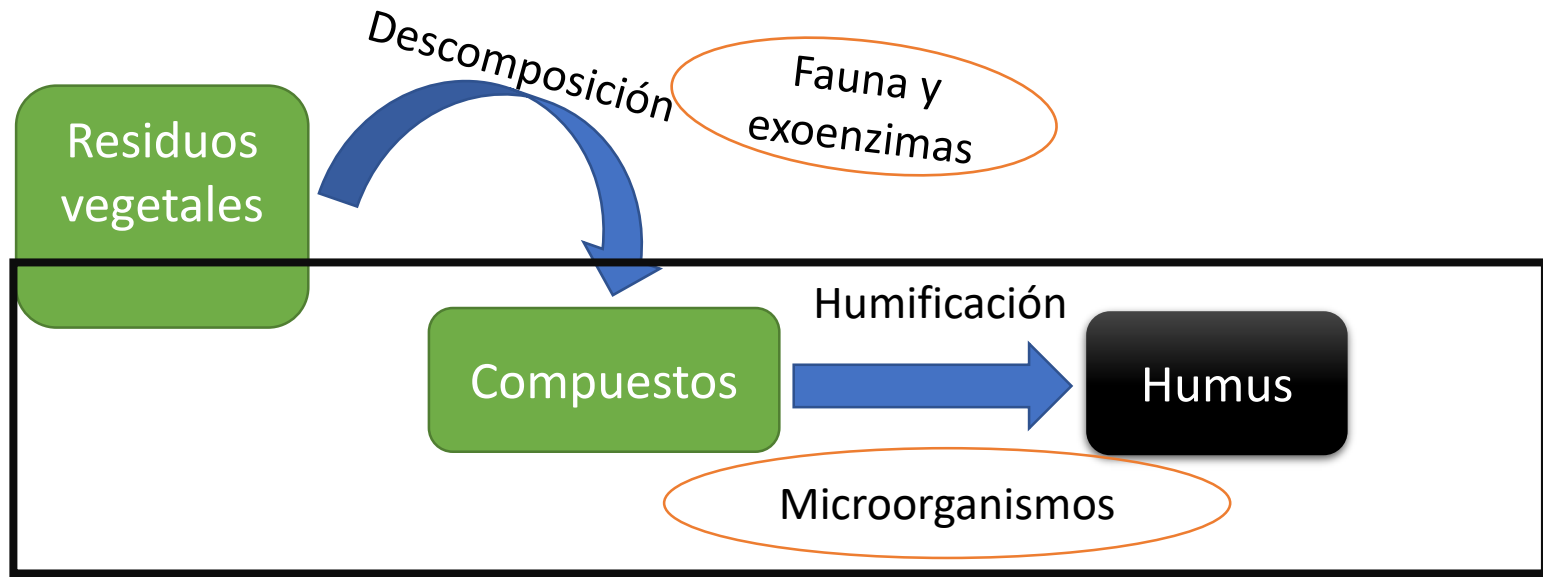


1951-2010



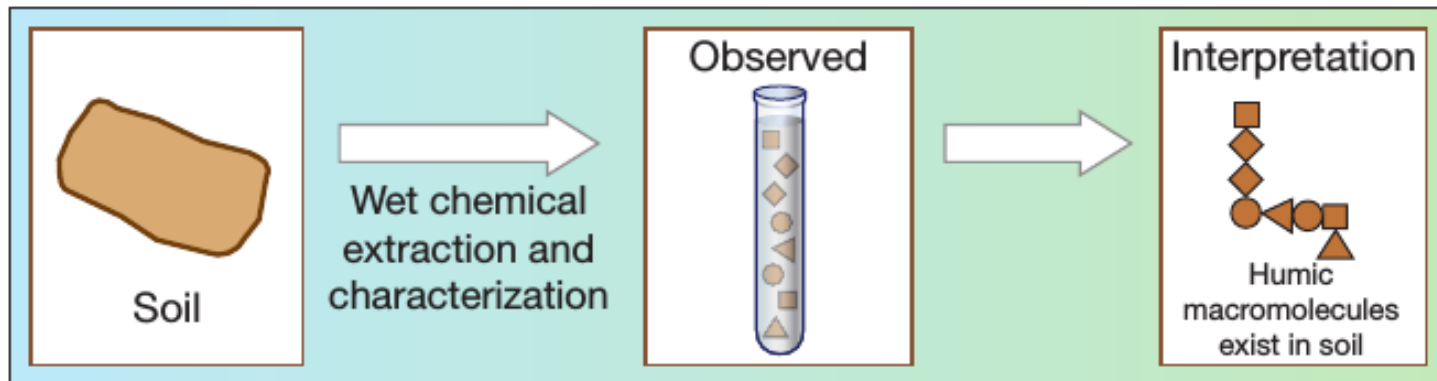
¿Qué es y como se forma la materia orgánica del suelo?

Respuesta según la visión histórica:



Ups! Quizás no era como pensábamos....

a Historical view



(Schmidt et al., 2011)

With sadness (and confusion?), we announce
that
our friend, the concept of

Humus

* Ancient times, † 2005(?)

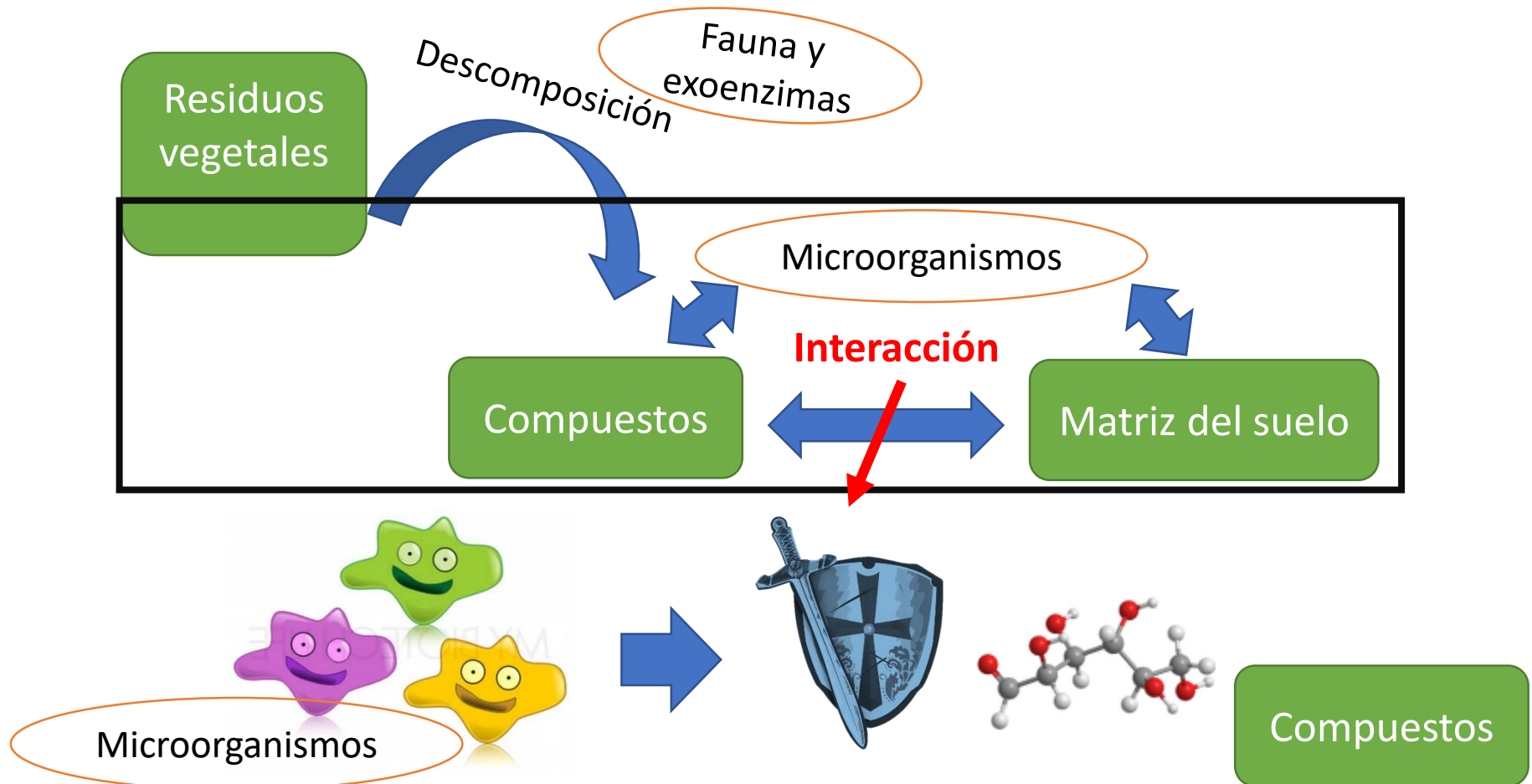
passed away after a long and fruitful life. It
came so slowly that we hardly noticed it, but
all of a sudden the concept of soil "humus"
faded. We have learned a lot from it, and will
miss it.

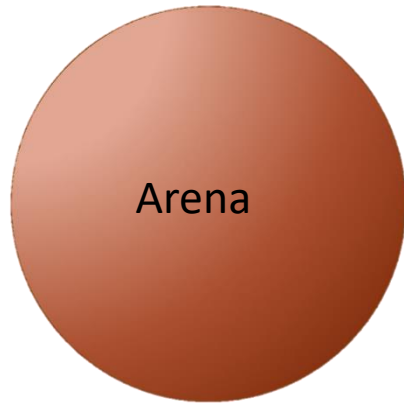
Funeral is ongoing

Flowers may be thrown onto any soil outside.

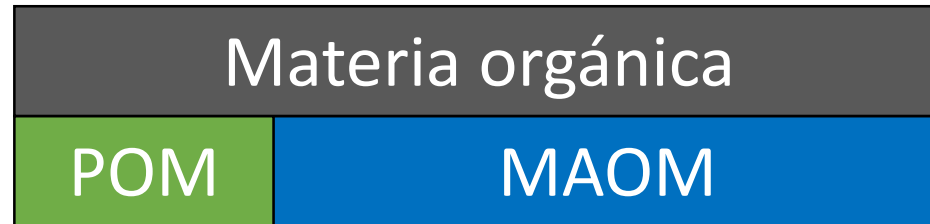
Con tristeza (¿y confusión?),
Anunciamos que, nuestro
amigo, el concepto de humus
falleció después de una vida
larga y fructífera. Llegó tan
lentamente que apenas lo
notamos, pero de repente el
concepto de "humus"
desapareció. Hemos
aprendido mucho de el y lo
extrañaremos

Si la MOS esta formada por sustancias simples...
¿Por qué permanece en el suelo?





Arena

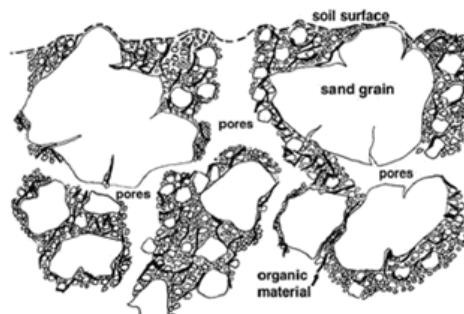


- Limo
- Arcilla

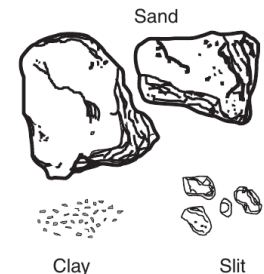
Protección
bioquímica

Agregados del
suelo

Interacción con
limos y arcillas



Textura



100 µm

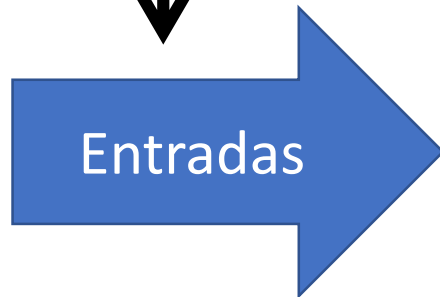


Internacional Cambio Global

Ecosistema natural



Precipitación



Temperatura



Textura y agregación



(Jobbagy y Jackson 2000)



Internacional Cambio Global

Agroecosistema



¿Los mismos factores?

Precipitación



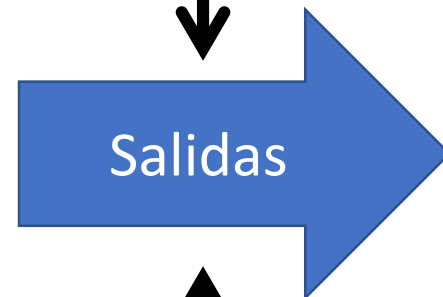
Cultivos
Cosecha
Pastoreo
....



Textura y agregación



Temperatura

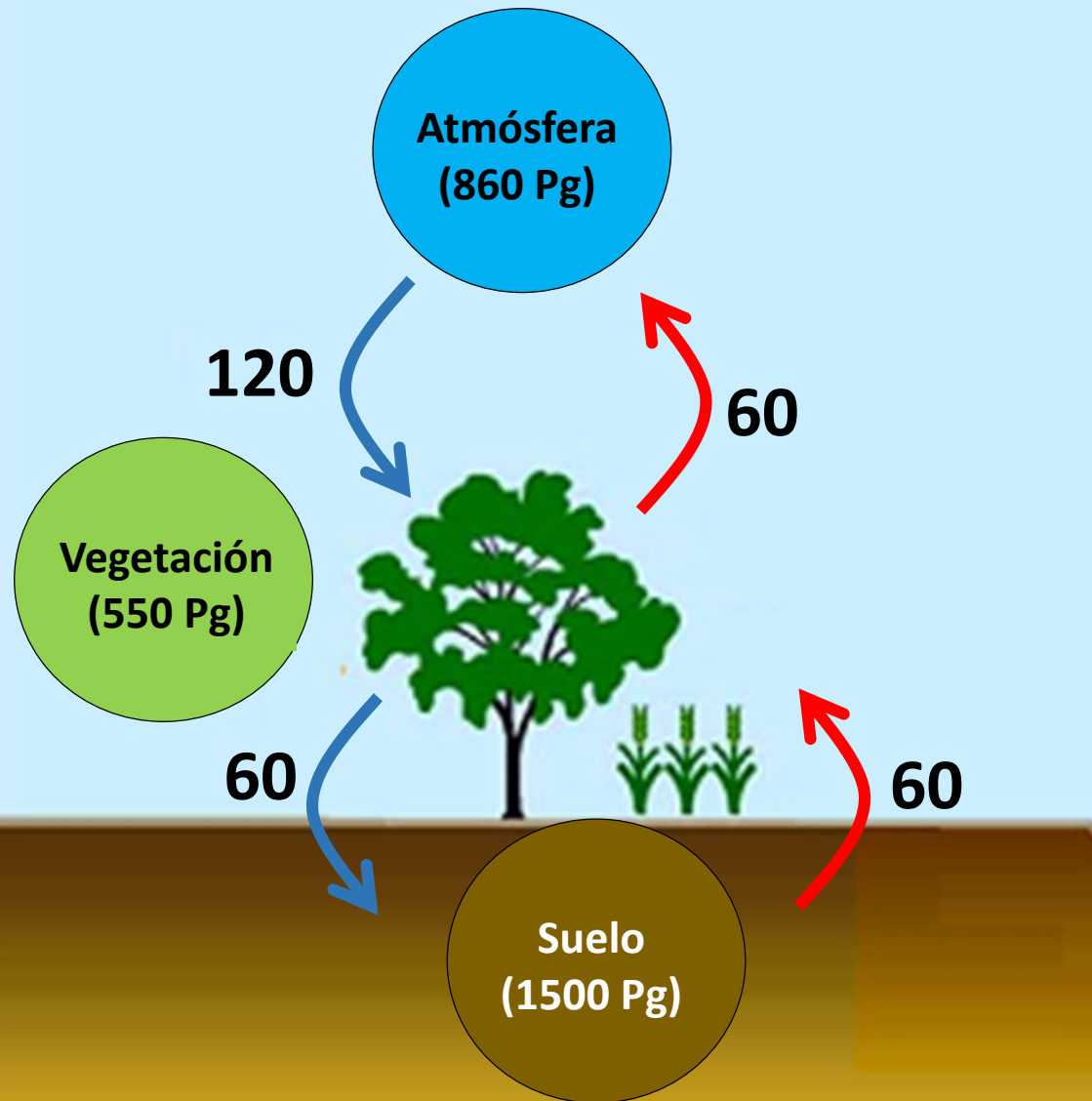


Laboreo
Siembra directa
Pastoreo
...

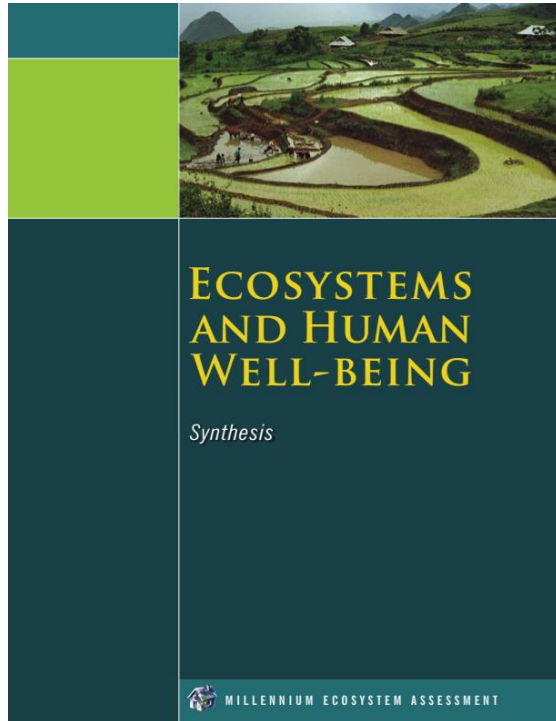
¿Por qué es importante la materia orgánica del suelo?



Ciclo del C (Pg C año^{-1})

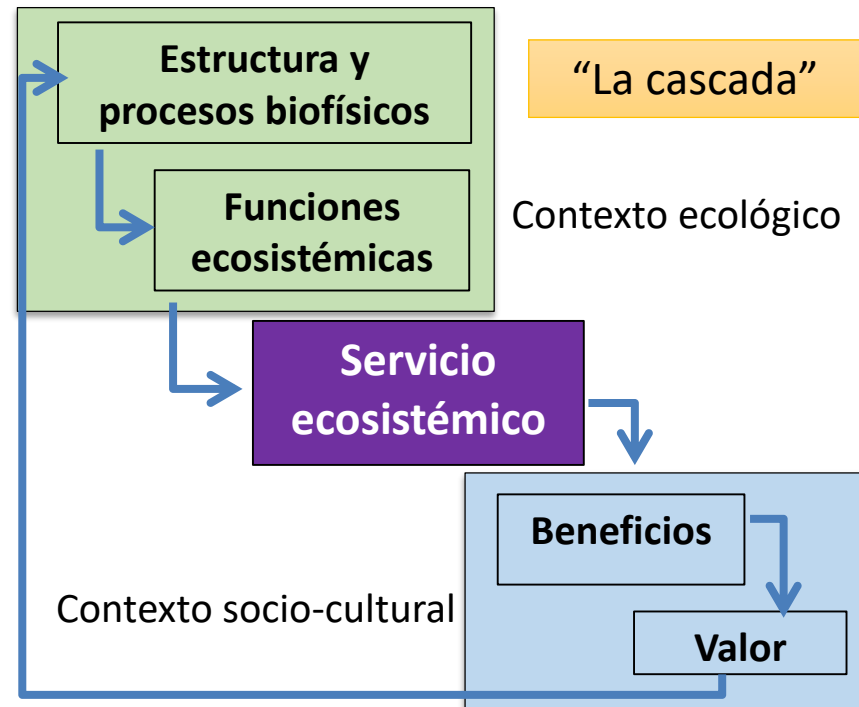


Seminario Internacional Cambio Global



Evaluación ecosistemas del milenio
(2005)

Servicios ecosistémicos:
“Los beneficios que las personas
obtienen de los ecosistemas “



Modificado de Haines-Young y Postchin, 2010

Degradación de tierras: pérdida de biodiversidad, funciones ecosistémicas o servicios ecosistémicos (IPBES, 2018)



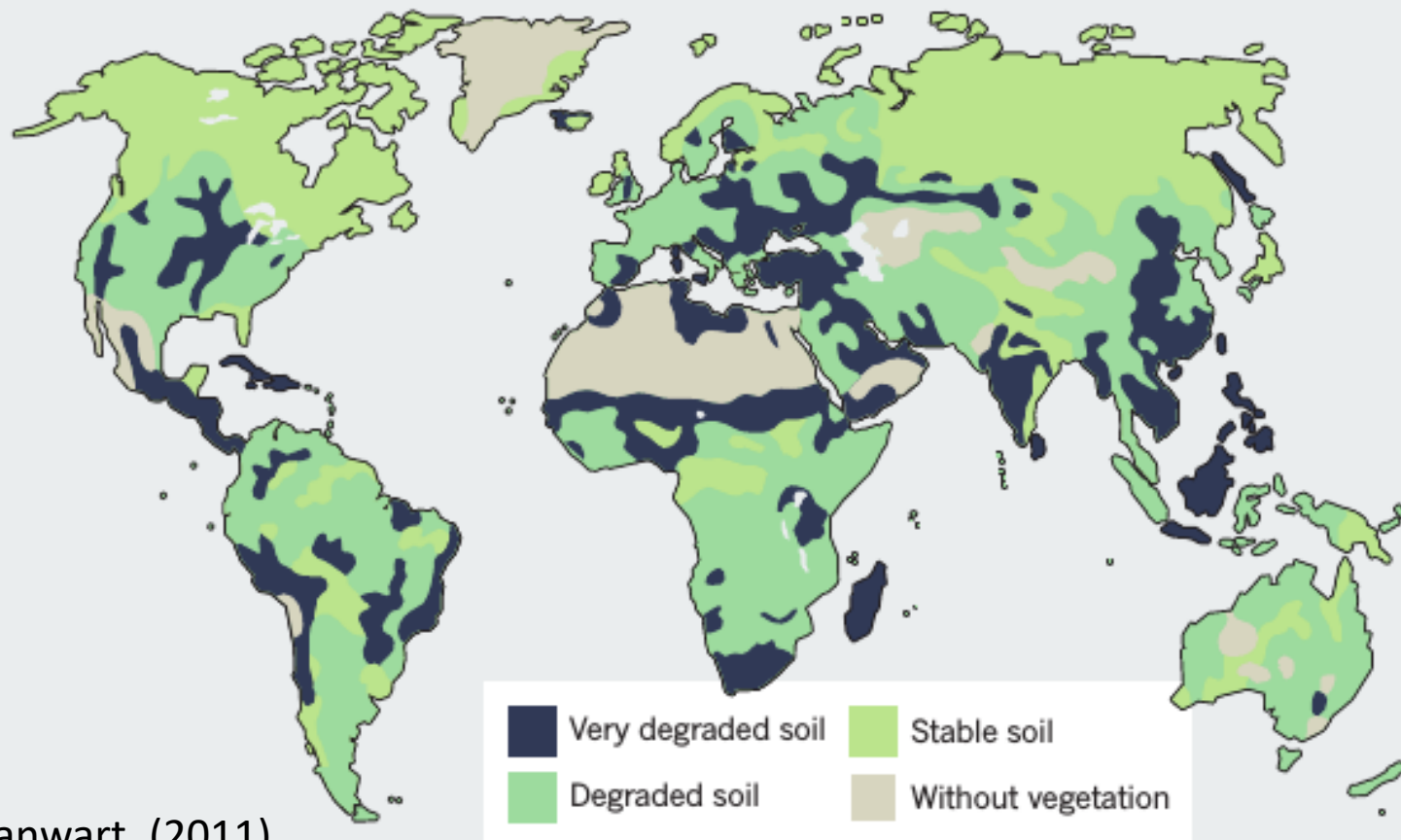
Funciones del Suelo

Los suelos aportan servicios ecosistémicos que permiten la vida en la Tierra



A THREATENED RESOURCE

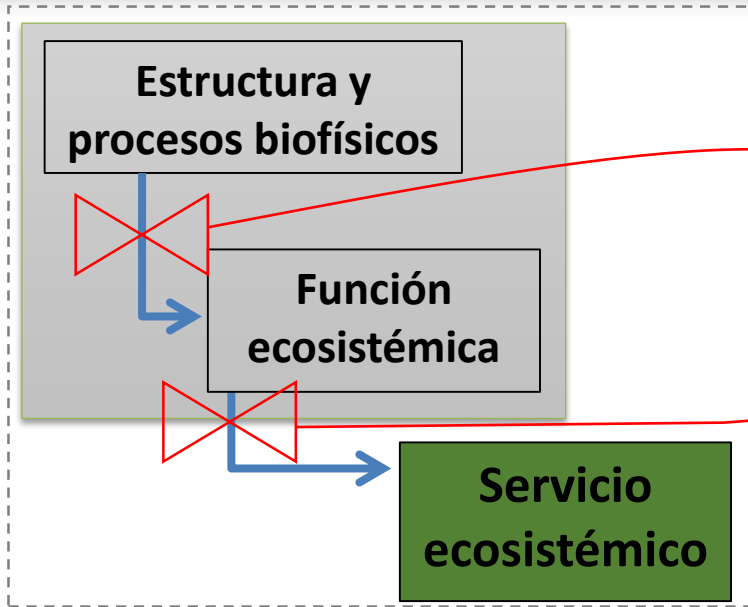
In some places soil is being lost 100 times faster than it forms.



Banwart, (2011)

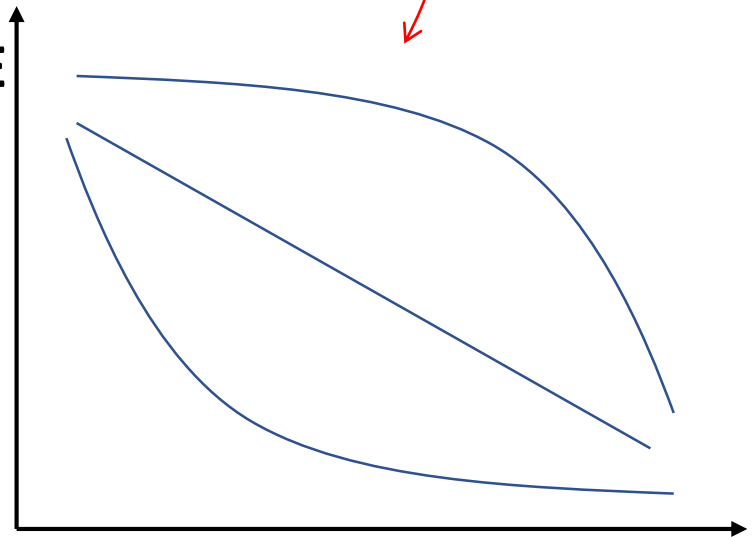
25 % de la superficie libre de hielo se encuentra degradada (IPCC, 2019)

Seminario Internacional Cambio Global



Funciones de
afectación/producción de SE

FE/SE

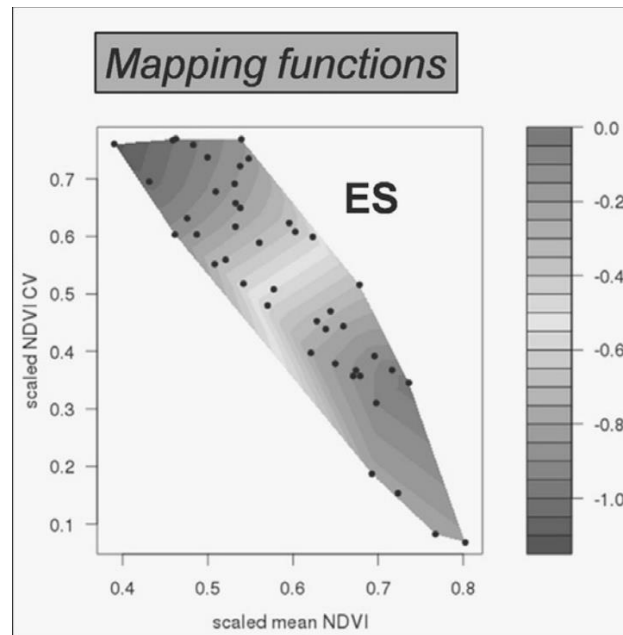
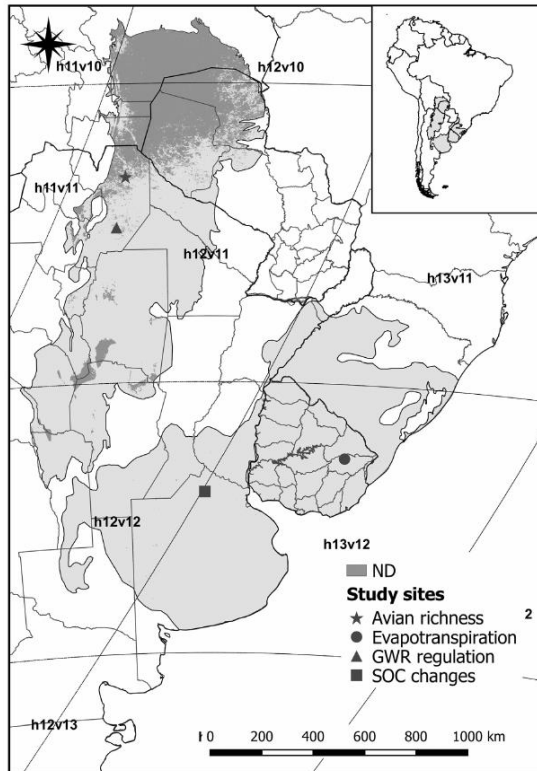
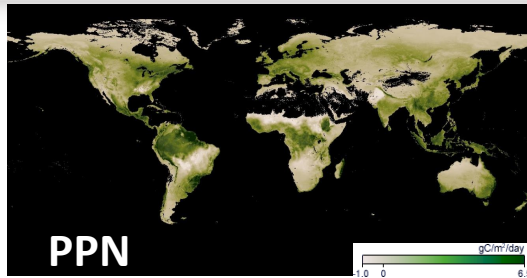


Carbono

¿Pueden ser
capturados por la
dinámica del C?

Seminario Internacional Cambio Global

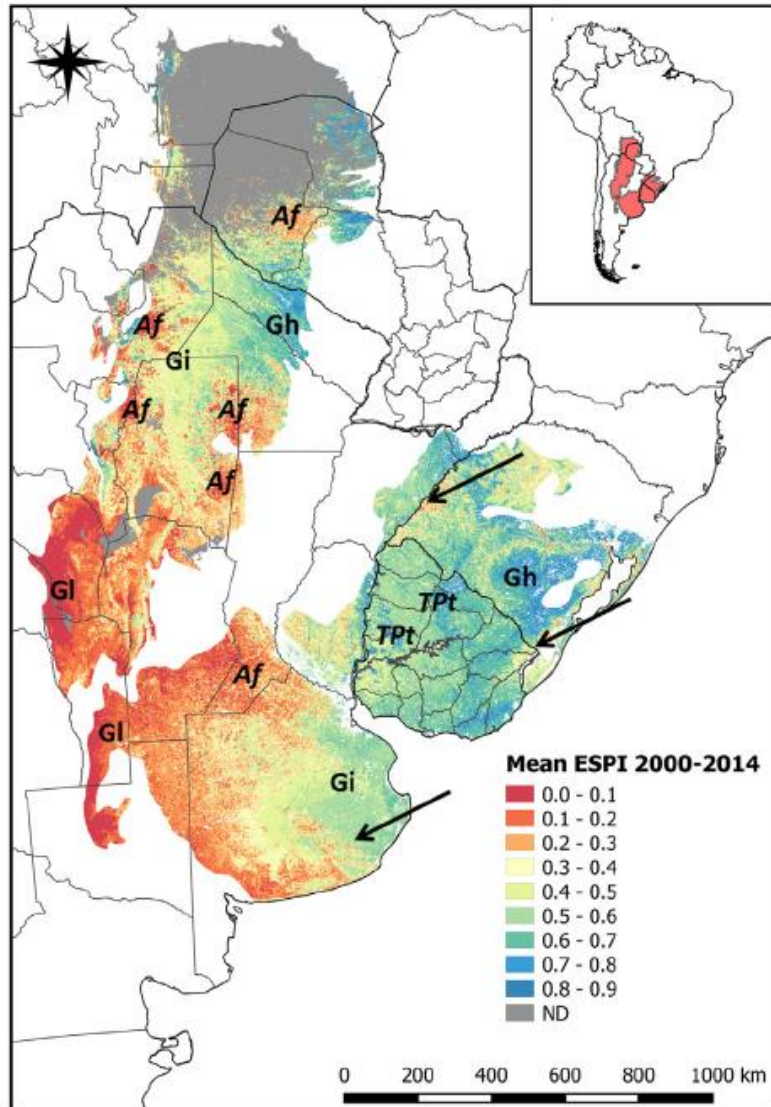
Lo que vemos



Indicador: **ESPI**
$$\text{NDVI}_{\text{prom}} * (1 - \text{NDVI}_{\text{cv}})$$

La provisión de SE
puede estimarse
con un indicador
basados en la PPN
promedio y su
variabilidad intra-
anual

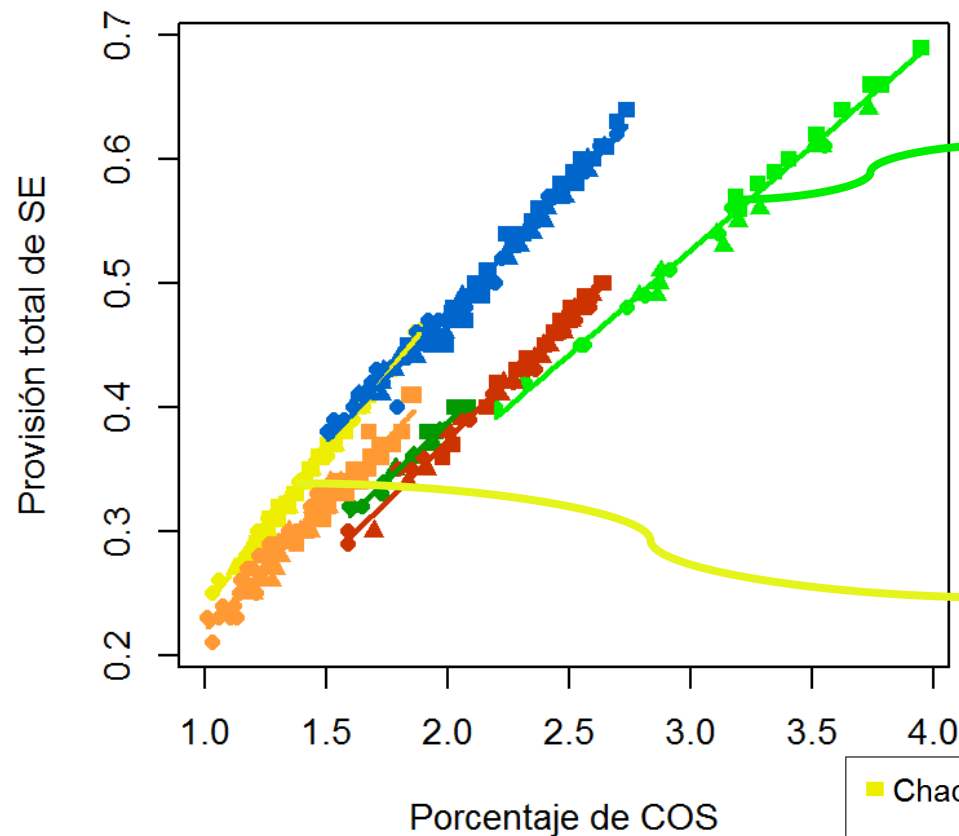
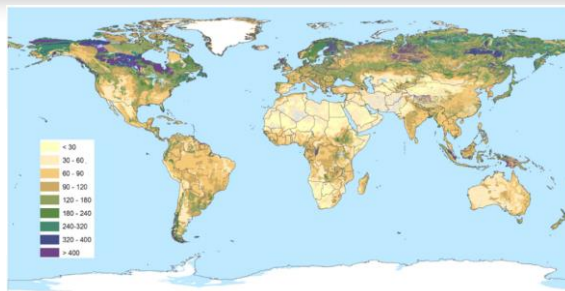
Seminario Internacional Cambio Global



Paruelo et al., (2016)

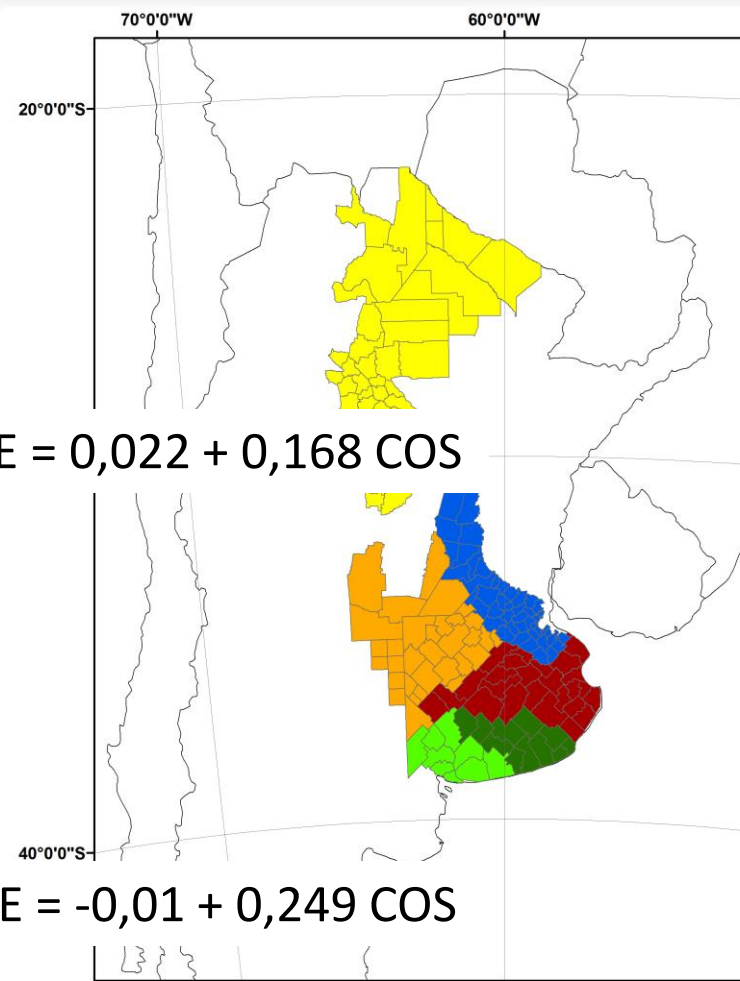
Seminario Internacional Cambio Global

Lo que no vemos



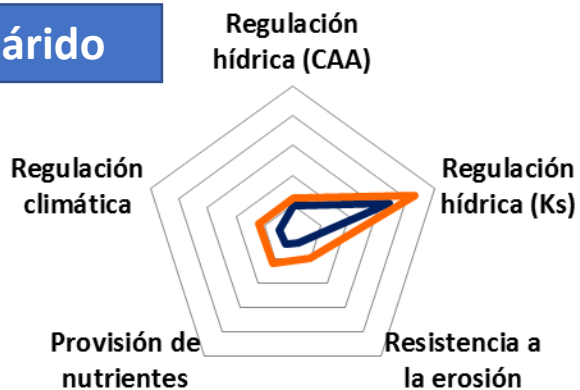
$$SE = 0,022 + 0,168 \text{ COS}$$

$$SE = -0,01 + 0,249 \text{ COS}$$

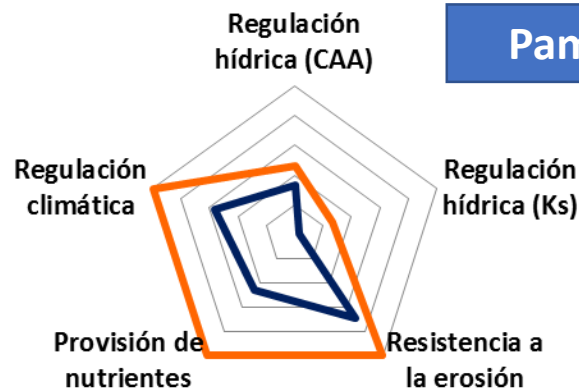


- Chaco Semiárido
- Pampa Austral Este
- Pampa Austral Oeste
- Pampa Central
- Pampa Deprimida
- Pampa Ondulada

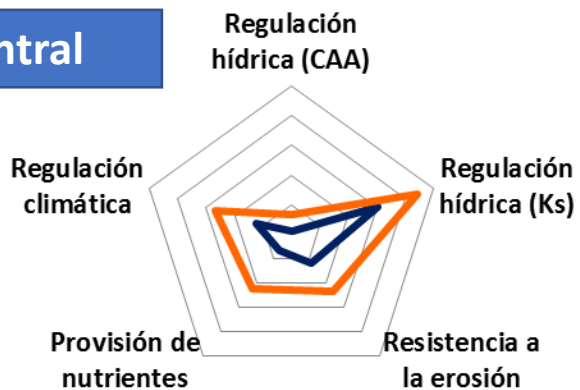
Chaco Semiárido



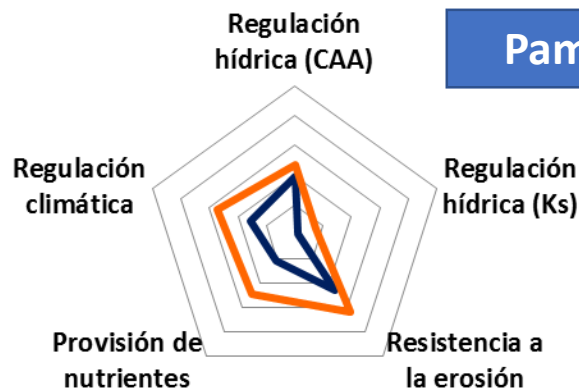
Pampa Austral E



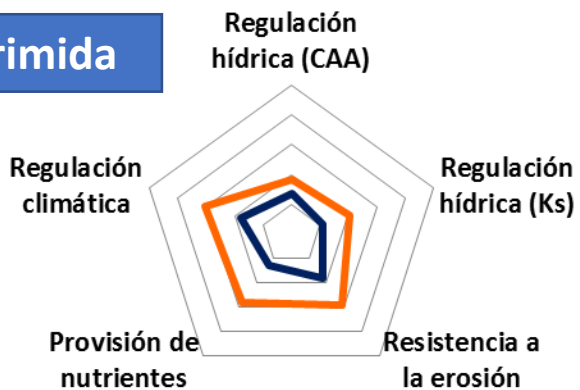
Pampa Central



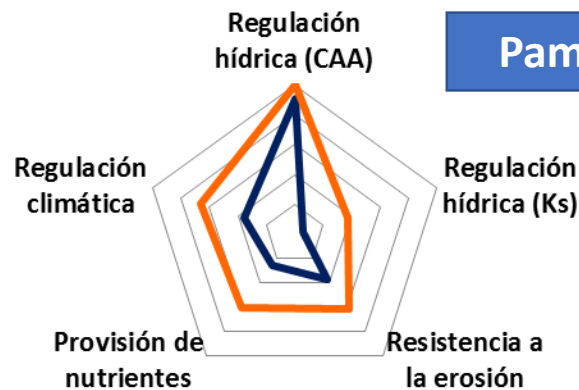
Pampa Austral O



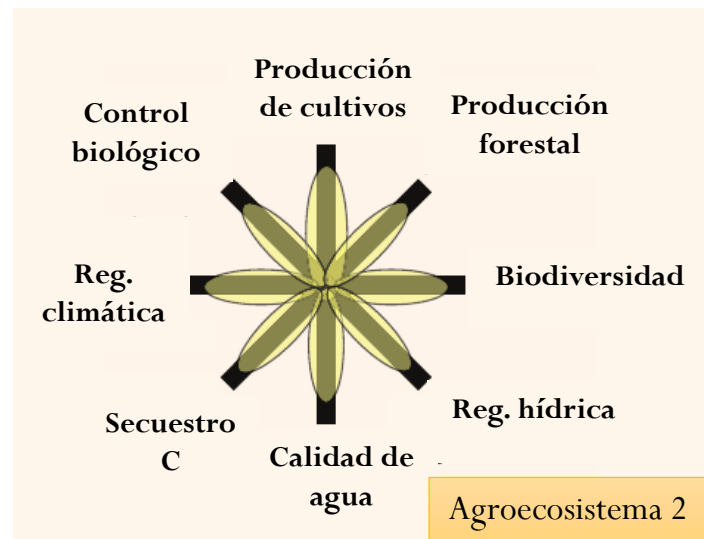
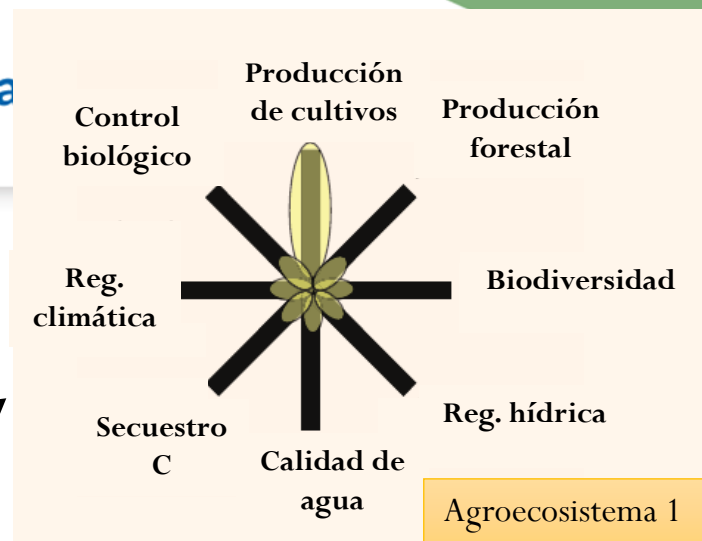
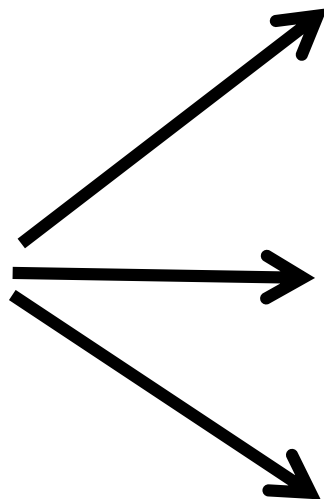
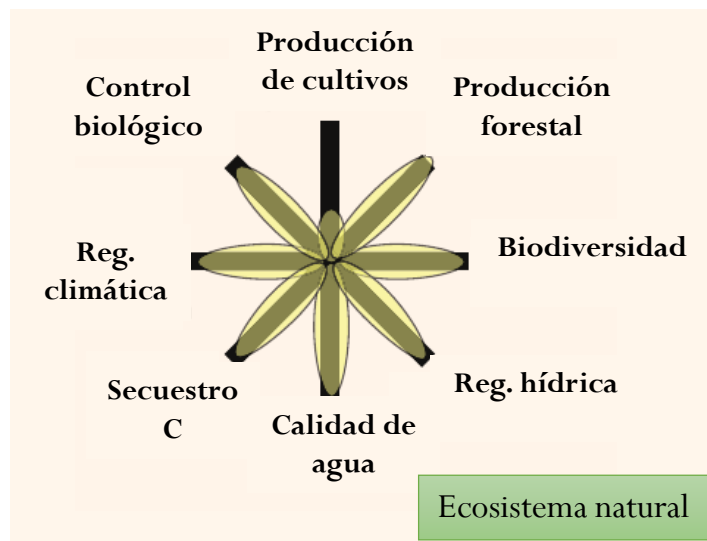
Pampa Deprimida



Pampa Ondulada



Seminario Internacional Cambio Global



- Producir alimentos
- Reducir emisiones
- Conservar biodiversidad y servicios ecosistémicos

1 FIN DE LA POBREZA

2 HAMBRE CERO

3 SALUD Y BIENESTAR

4 EDUCACIÓN DE CALIDAD

5 IGUALDAD DE GÉNERO

6 AGUA LIMPIA Y SANEAMIENTO

7 ENERGÍA ASEQUIBLE Y NO CONTAMINANTE

13 ACCIÓN POR EL CLIMA

16 PAZ, JUSTICIA E INSTITUCIONES SÓLIDAS

8 TRABAJO DECENTE Y CRECIMIENTO ECONÓMICO

9 INDUSTRIA, INNOVACIÓN E INFRAESTRUCTURA

10 REDUCCIÓN DE LAS DESIGUALDADES

11 CIUDADES Y COMUNIDADES SOSTENIBLES

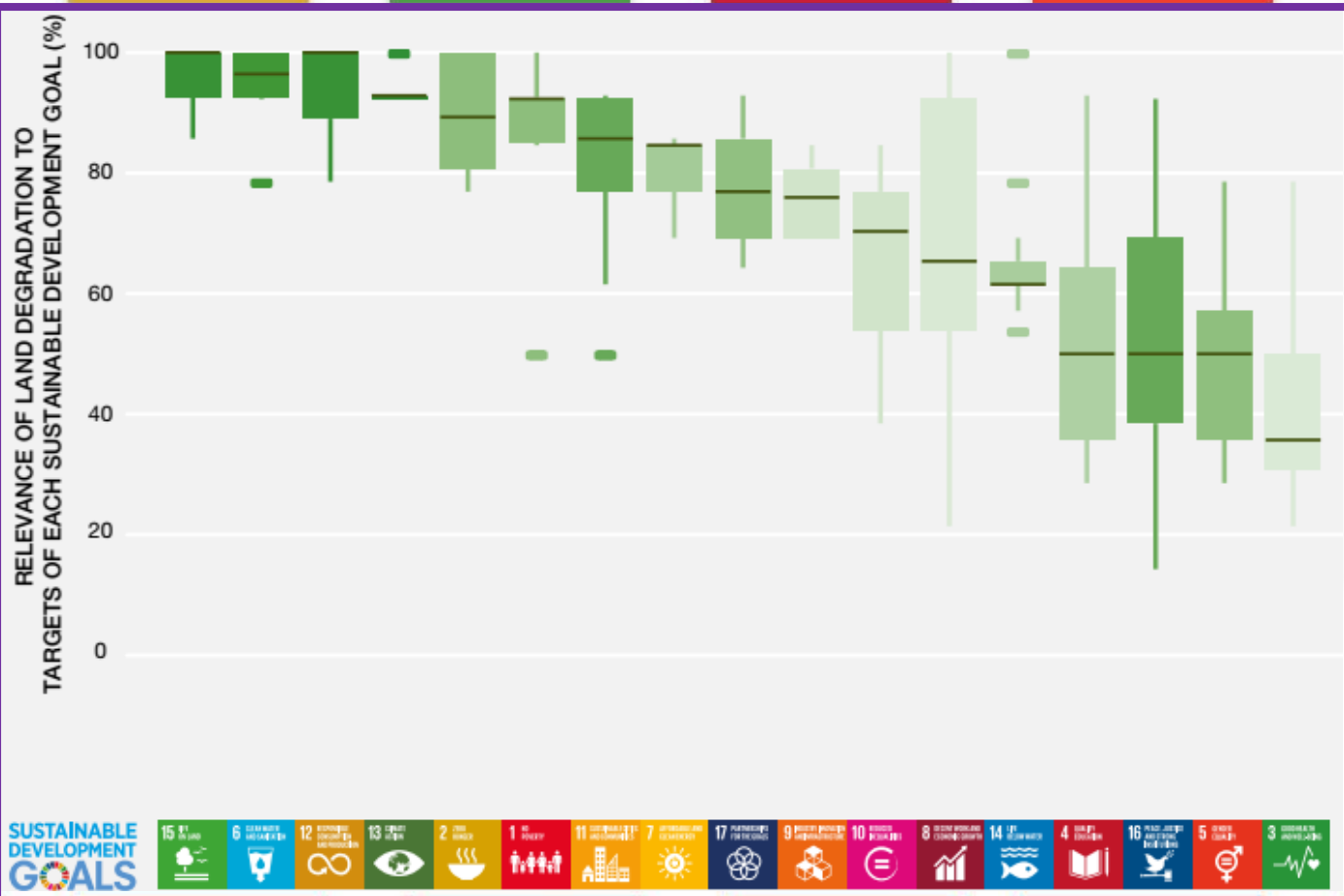
14 VIDA SUBMARINA

15 VIDA DE ECOSISTEMAS TERRESTRES

12 PRODUCCIÓN Y CONSUMO RESPONSABLES

OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE

17 ALIANZAS PARA LOGRAR LOS OBJETIVOS

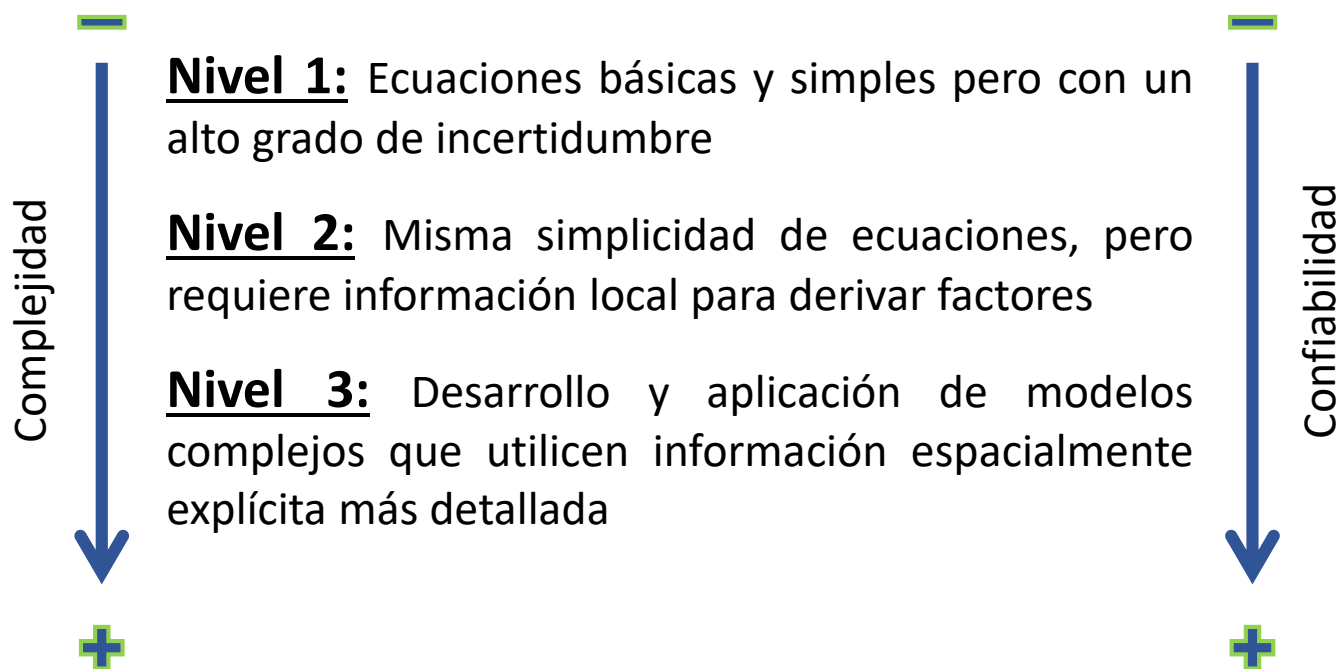


Seminario Internacional Cambio Global

Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de GEI



Estimar emisiones/secuestro de C



Método de diferencia de existencias

$$\Delta C = \frac{(C_{t2} - C_{t1})}{(t2 - t1)}$$

Cambio anual en las existencias de SOC

$$\Delta C_{suelos\ minerales} = \frac{SOC_0 - SOC_{(0-t)}}{D}$$

$$SOC = SOC_{ref} \times Flu \times Fmg \times Fi \times Area$$

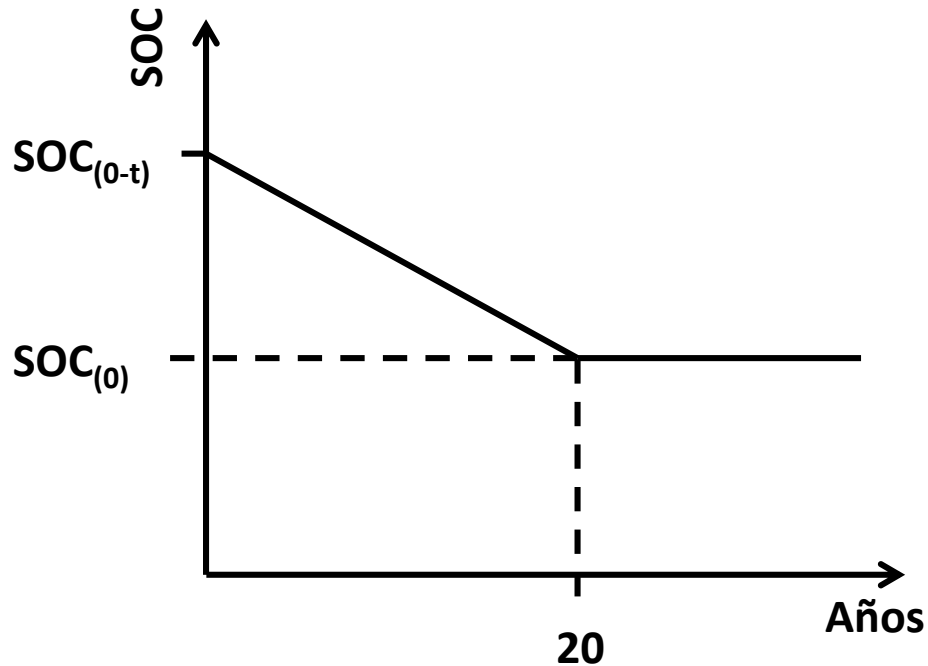
SOC_{ref}: Contenido de COS (Mg ha⁻¹) bajo vegetación nativa sin disturbar

Flu: factor de uso de la tierra

Fmg: factor de manejo

Fi: factor de aporte

Supuestos del método/modelo



- ✓ Cambio lineal
- ✓ Equilibrio a los 20 años
- ✓ La pérdida y recuperación son procesos simétricos
- ✓ Las pérdidas de SOC son vía respiración microbiana y producción de CO_2
- ✓ No existen procesos de transporte (erosión y/o lavado)

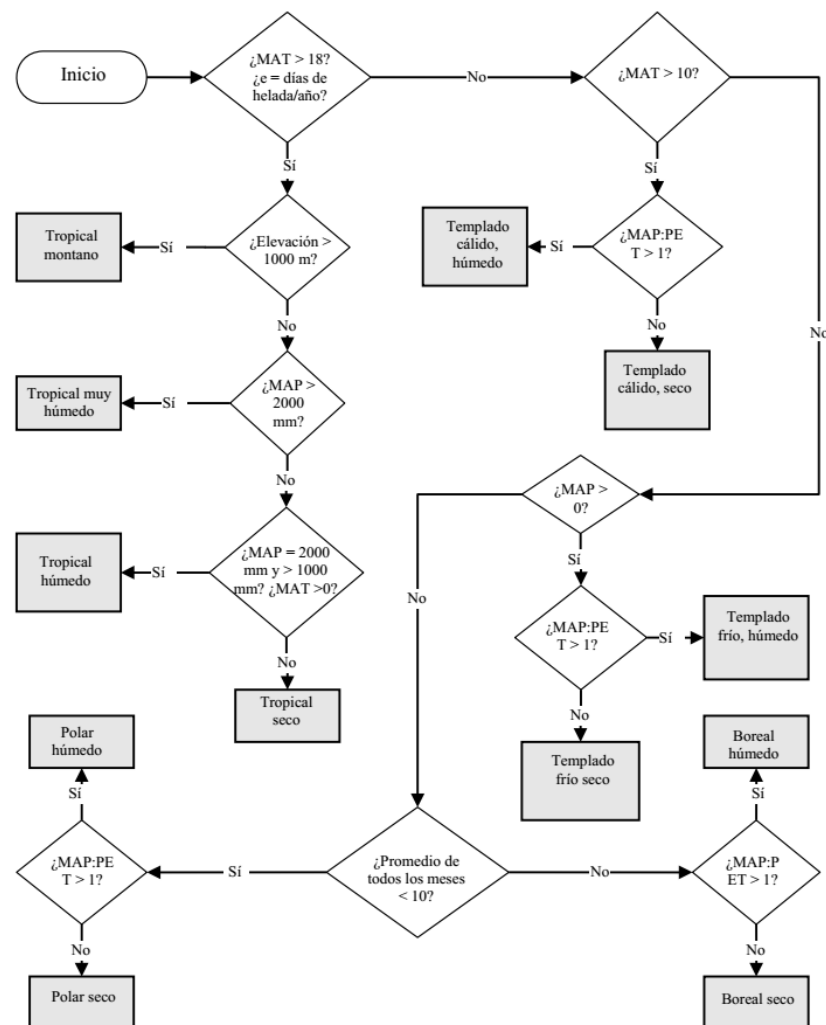
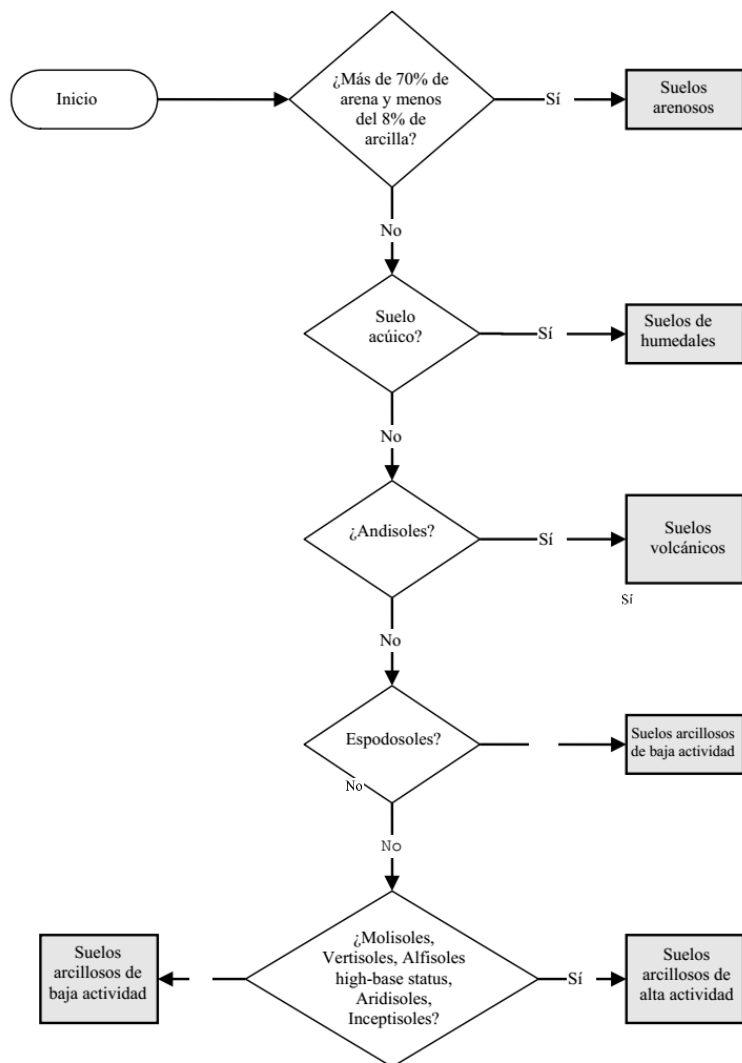
Seminario Internacional Cambio Global

$$(SOC = SOC_{ref} \times Flu \times Fmg \times Fi)$$

SOC_{ref} : Estratificación según clima y suelo:

CUADRO 2.3 REFERENCIA POR DEFECTO (EN CASO DE VEGETACIÓN NATIVA) DE EXISTENCIAS DE C ORGÁNICO (SOC_{REF}) PARA SUELOS MINERALES (TON C HA⁻¹ ENTRE 0 Y 30 CM DE PROFUNDIDAD)						
Región climática	Suelos HAC ¹	Suelos LAC ²	Suelos arenosos ³	Suelos espódicos ⁴	Suelos volcánicos ⁵	Humedales ⁶
Boreal	68	NA	10 [#]	117	20 [#]	146
Templado frío, seco	50	33	34	NA	20 [#]	87
Templado frío, húmedo	95	85	71	115	130	
Templado cálido, seco	38	24	19	NA	70 [#]	88
Templado cálido, húmedo	88	63	34	NA	80	
Boreal, seco	38	35	31	NA	50 [#]	86
Tropical, húmedo	65	47	39	NA	70 [#]	
Tropical, muy húmedo	44	60	66	NA	130 [#]	
Tropical montano	88*	63*	34*	NA	80*	

Seminario Internacional Cambio Global



Seminario Internacional Cambio Global

$$(SOC = SOC_{ref} \times \text{Flu} \times Fmg \times Fi)$$

Flu: Tierras de cultivo, estratificación por regímenes de temperatura y humedad

Tipo de valor del factor	Nivel	Régimen térmico	Régimen de humedad	Valores por defecto del IPCC	Error ^{2,3}	Descripción
Uso de la tierra (F _{LU})	Cultivos de largo plazo	Templado / Boreal	Seco	0,80	± 9%	Representa la superficie gestionada en forma continua durante más de 20 años, predominantemente con cultivos anuales. También se aplican los factores de entrada y de laboreo para estimar los cambios en las existencias de carbono. El factor de uso de la tierra se estimó con relación a laboreo total y a niveles nominales («medios») de entrada de carbono.
			Húmedo	0,69	± 12%	
		Tropical	Seco	0,58	± 61%	
			Húmedo / Seco	0,48	± 46%	
		Tropical montano ⁴	n/a	0,64	± 50%	
Uso de la tierra (F _{LU})	Arroz bajo fangueo	Todas	Seco y húmedo/ muy húmedo	1,10	± 50%	Cultivo anual a largo plazo (> 20 años) de humedales (arroz de fangueo). Puede incluir doble cultivo con cultivos no inundados. Para el arroz de fangueo, no se utilizan los factores de laboreo y de entrada.
Uso de la tierra (F _{LU})	Cultivo de perennes / Árboles	Todas	Seco y húmedo/ muy húmedo	1,00	± 50%	Cultivos de árboles perennes a largo plazo, como frutales y nogales, café y cacao.

Seminario Internacional Cambio Global

$$(SOC = SOC_{ref} \times Flu \times \textcolor{red}{Fmg} \times Fi)$$

Fmg: Tierras de cultivo, estratificación por regímenes de temperatura y humedad

Tipo de valor del factor	Nivel	Régimen térmico	Régimen de humedad	Valores por defecto del IPCC	Error ^{2,3}	Descripción
Laboreo (F _{MG})	Reducido	Templado / Boreal	Seco	1,02	± 6%	Laboreo primario y/o secundario pero con poca perturbación del suelo (generalmente llano y sin una inversión total del suelo). Normalmente, la superficie queda en >30% cubierta por residuos en el momento de plantar.
			Húmedo	1,08	± 5%	
		Tropical	Seco	1,09	± 9%	
			Húmedo / Seco	1,15	± 8%	
		Tropical montano ⁴	n/a	1,09	± 50%	
Laboreo (F _{MG})	Sin laboreo	Templado / boreal	Seco	1,10	± 5%	Sembrado directo sin laboreo primario, con solamente una mínima perturbación del suelo en la zona de sembrado. Habitualmente, se emplean herbicidas para control de las malezas.
			Húmedo	1,15	± 4%	
		Tropical	Seco	1,17	± 8%	
			Húmedo / Seco	1,22	± 7%	
		Tropical montano ⁴	n/a	1,16	± 50%	

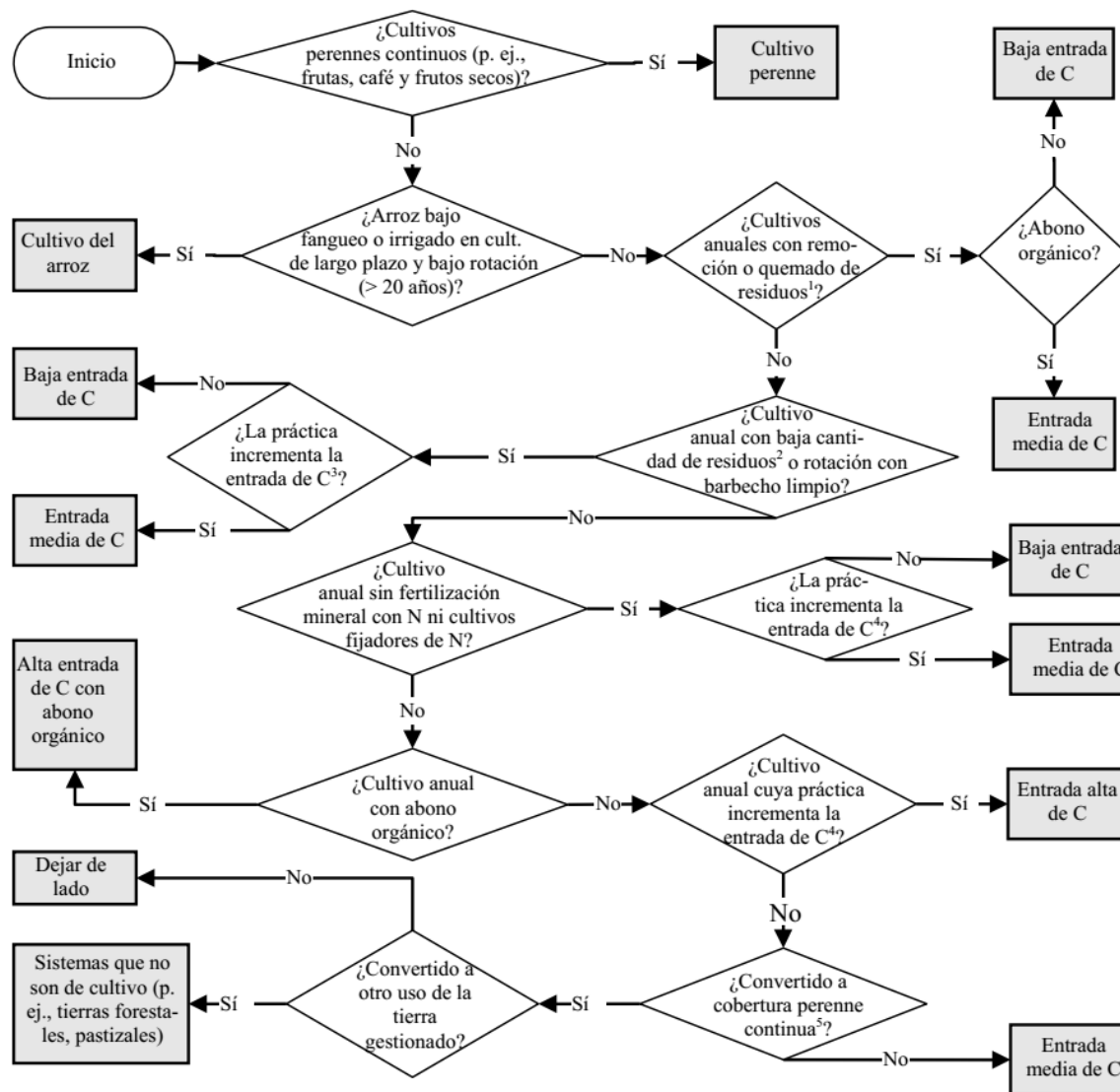
Seminario Internacional Cambio Global

$$(SOC = SOC_{ref} \times Flu \times Fmg \times \textcolor{red}{Fi})$$

Fi: Tierras de cultivo, estratificación por regímenes de temperatura y humedad

Tipo de valor del factor	Nivel	Régimen térmico	Régimen de humedad	Valores por defecto del IPCC	Error ^{2,3}	Descripción
Entrada (Fi)	Bajo	Templado / Boreal	Seco	0,95	± 13%	Se produce un bajo retorno de residuos cuando llega el momento de eliminarlos (por recogida o quemado), frecuente barbecho limpio, producción de cultivos que provocan pocos residuos (p. ej., legumbres, tabaco, algodón), sin fertilización mineral ni cultivos que fijen N.
			Húmedo	0,92	± 14%	
		Tropical	Seco	0,95	± 13%	
			Húmedo / Seco	0,92	± 14%	
		Tropical montano ⁴	n/a	0,94	± 50%	
Entrada (Fi)	Medio	Todas	Seco y húmedo/ muy húmedo	1,00	ND	Representativo de cultivos anuales con cereales en los que todos los residuos del cultivo se reintegran al campo. Si los residuos se quitan, entonces se agrega materia orgánica complementaria (p. ej., estiércol). También se requiere fertilización mineral o un cultivo que fije N en régimen de rotación.

Seminario Internacional Cambio Global



Ejercicio

100.000 ha de bosque nativo en un clima húmedo tropical y en suelos de baja actividad de arcilla se convirtieron en cultivos anuales, con labores convencionales, sin fertilización y donde se quitaban los residuos de cultivos.

¿Como fue la variación del contenido de SOC luego de 20 años de aquel cambio en el uso del suelo?

Resolución Ej.1

$$\Delta C = \frac{SOC_0 - SOC_{(0-t)}}{D}$$

$$SOC_{(0-t)} = SOC_{ref} \times Flu \times Fmg \times Fi \times Area$$

$$SOC_{(0-t)} = 47 \text{ Mg ha}^{-1} \times 1 \times 1 \times 1 \times 100\,000 \text{ ha} = 4\,700\,000 \text{ Mg}$$

$$SOC_0 = 47 \text{ Mg ha}^{-1} \times 0,48 \times 1 \times 0,92 \times 100\,000 \text{ ha} = 2\,075\,520 \text{ Mg}$$

$$\Delta C = \frac{2\,075\,520 \text{ Mg} - 4\,700\,000 \text{ Mg}}{20 \text{ años}}$$

$$\Delta C = \frac{-2\,624\,480 \text{ Mg}}{20 \text{ años}} = -131\,224 \text{ Mg C año}^{-1}$$

Inventarios de C

