



Universidad
de Concepción

FACULTAD DE AGRONOMÍA



DEPARTAMENTO
DE SUELOS Y
RECURSOS NATURALES

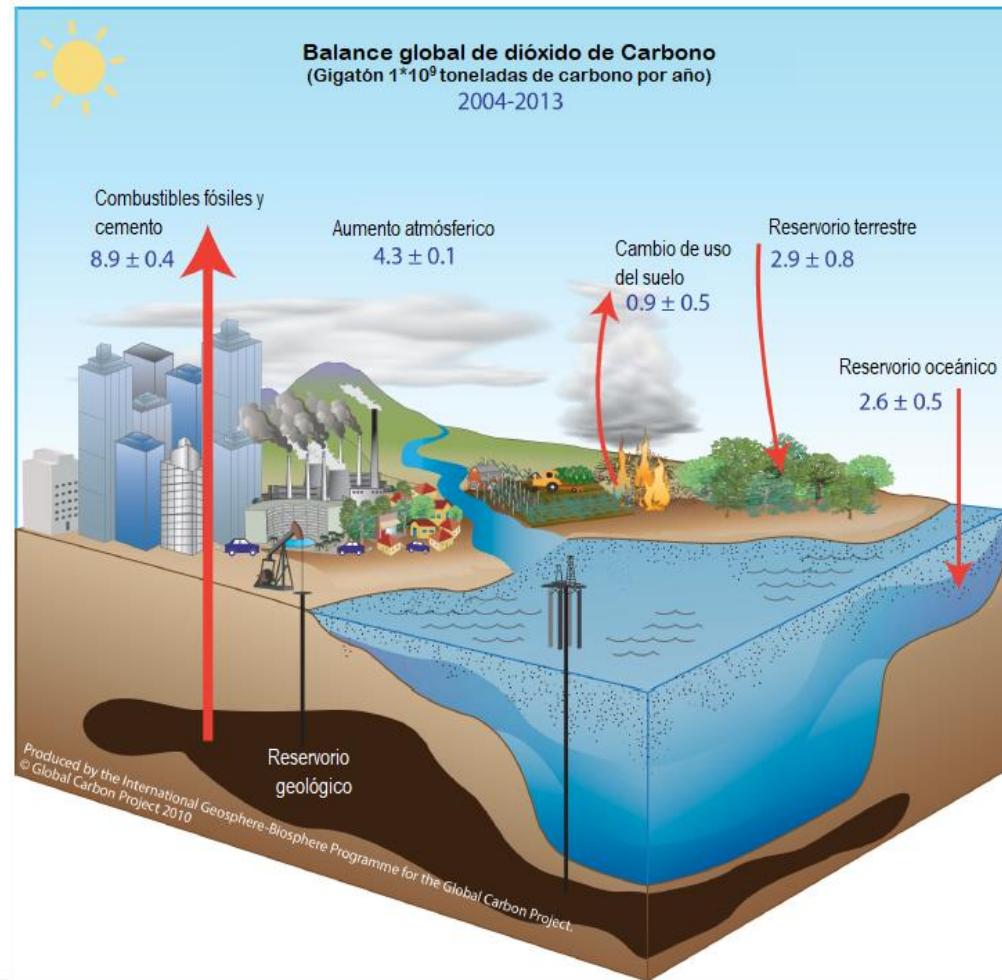


El rol de los suelos en el cambio climático: Chile un laboratorio natural para su estudio y entender su relevancia.

Dr. Erick Zagal

Departamento de Suelos y Recursos Naturales

El desafío del cambio climático



Le Quéré et al. 2015

El desafío del cambio climático

- El desafío es desarrollar y mantener agroecosistemas que simultáneamente se adapten y mitiguen nuestro cambio climático
 - *Intensificación ecológica/sustentable.*
 - *Un nuevo concepto*

Intensificación sustentable

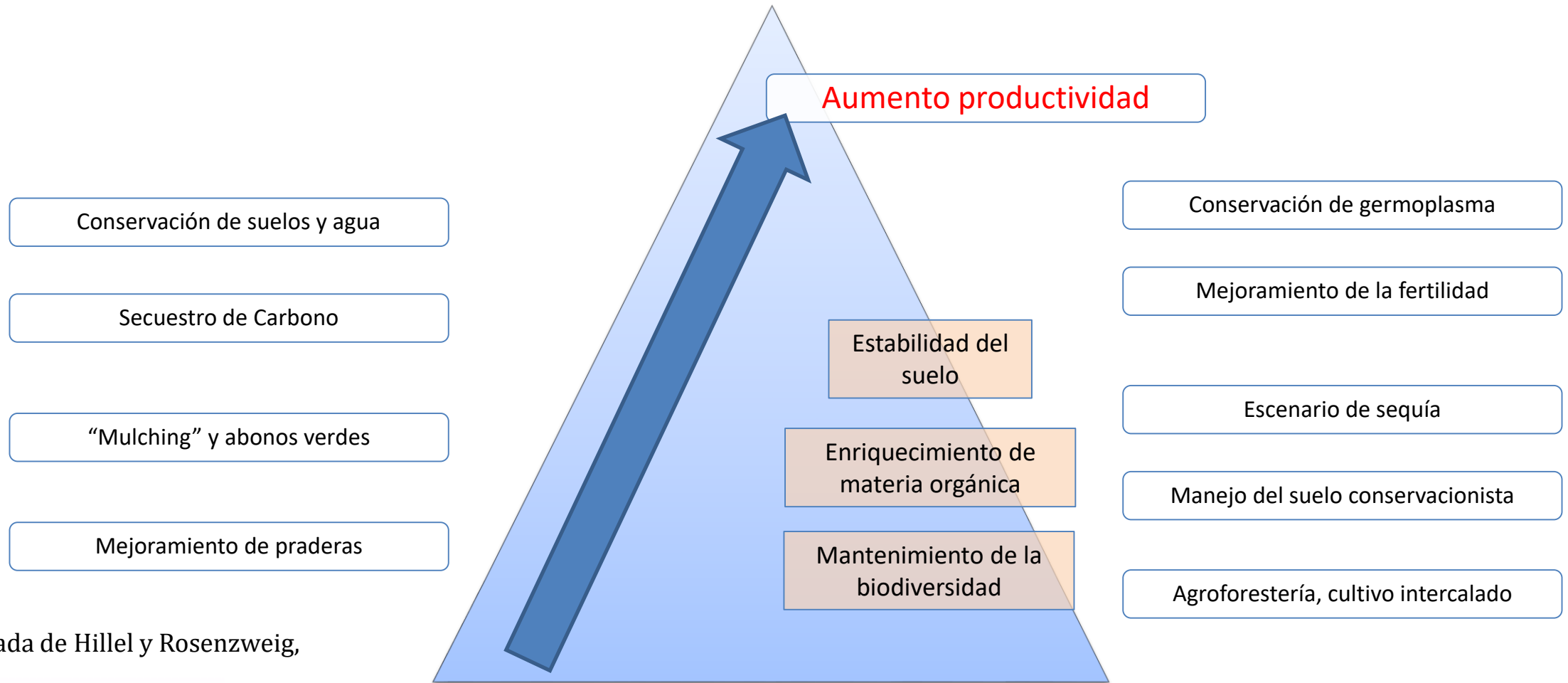
La estrategia es producir más cultivos:

Producir más
con menos

- Menos tierra/suelo,
- por gota de agua,
- por unidad de fertilizante y pesticidas aplicados,
- por unidad de energía, y
- por unidad de emisión de C

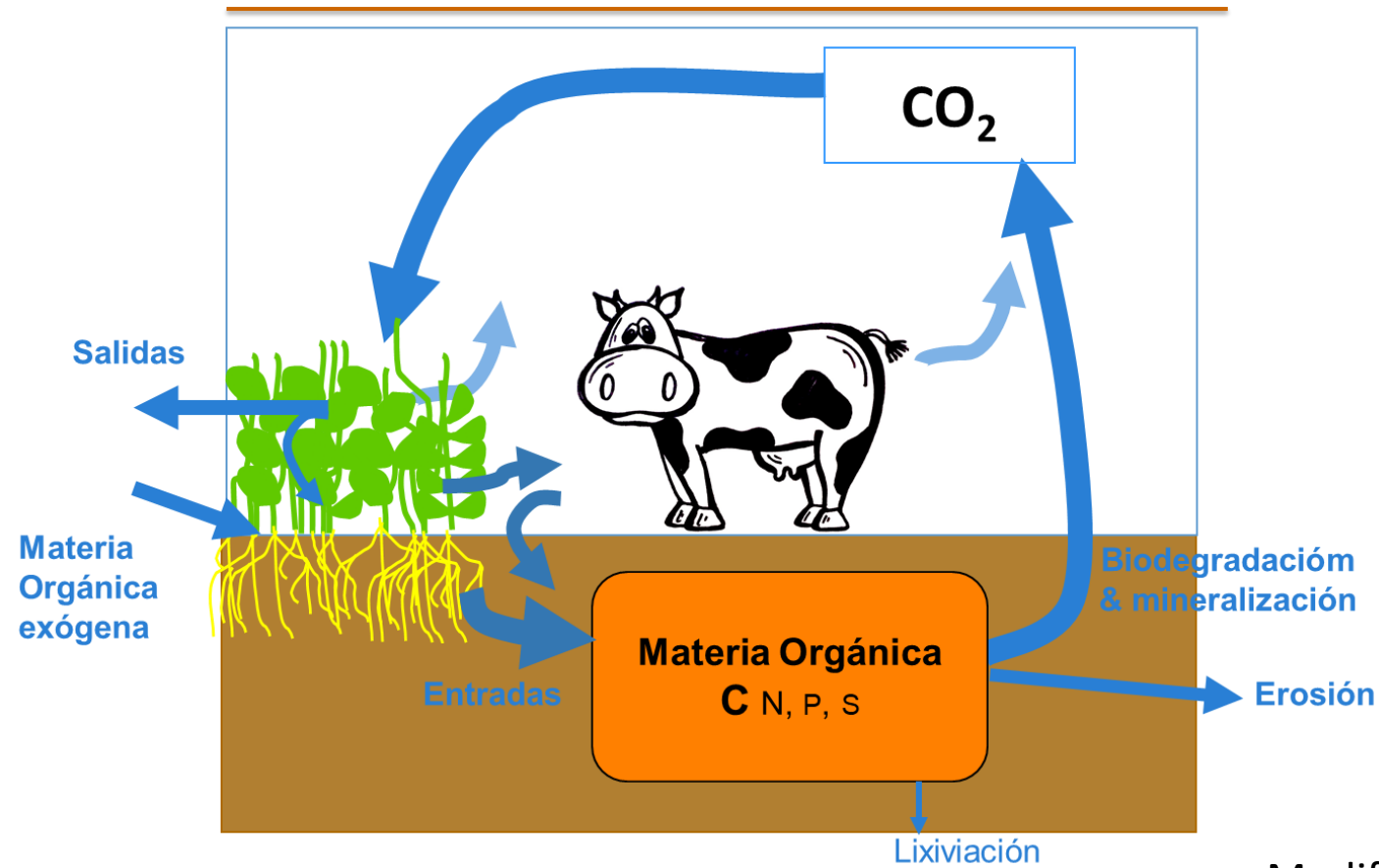


Producción sustentable de Agroecosistemas

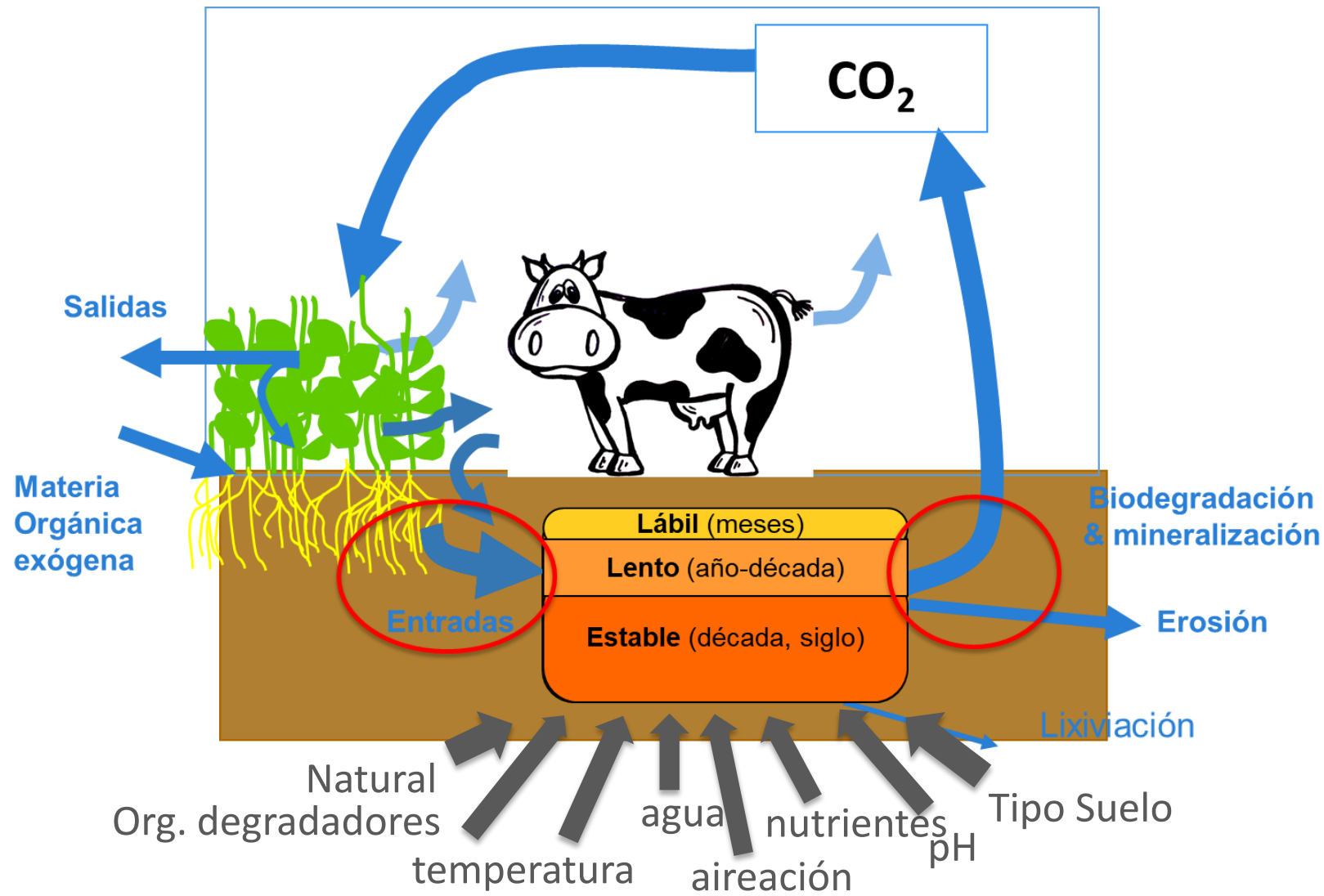


Modificada de Hillel y Rosenzweig,
2011

Ciclo del Carbono en Agroecosistemas

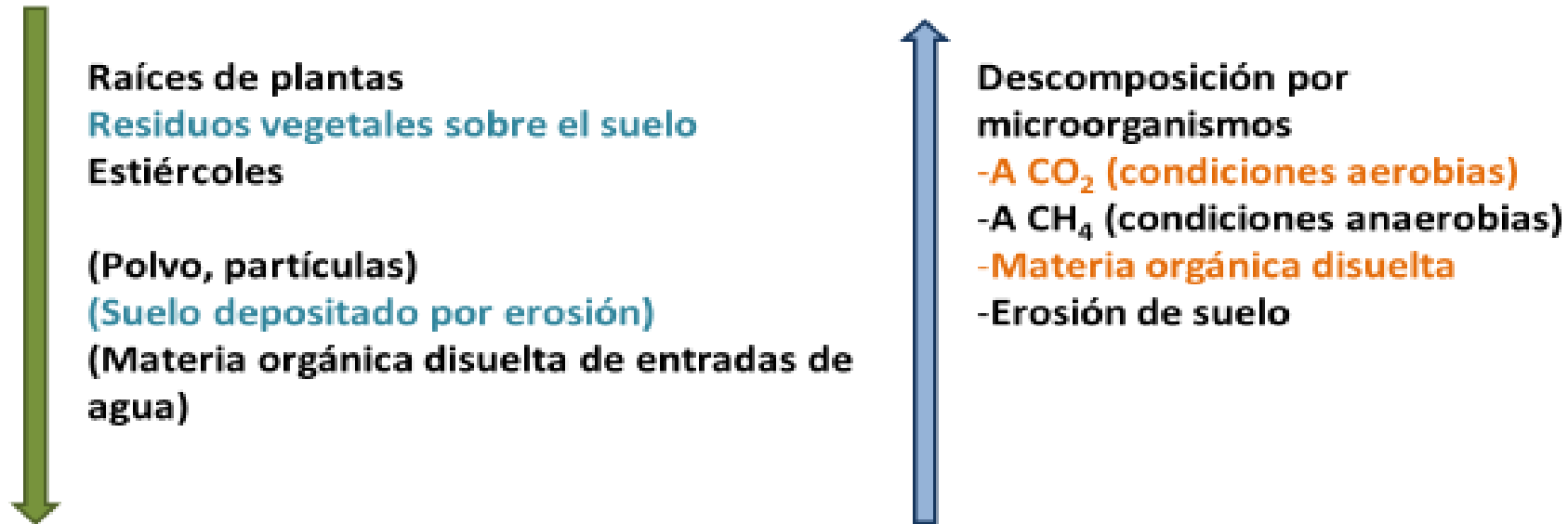


Modificado de Chenu et al., 2017



Modificado de Chenu et al., 2017

Entradas y salidas de Carbono Orgánico en el suelo

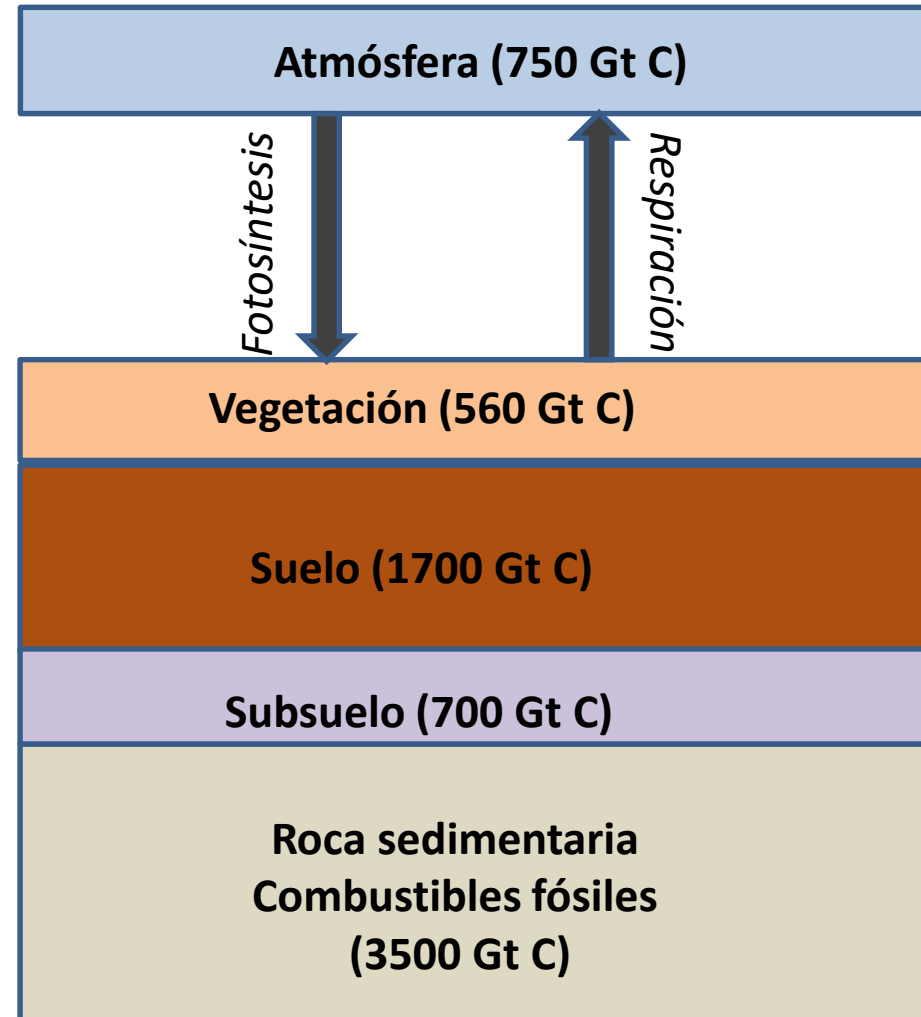


La cantidad de materia orgánica o C orgánico en el suelo es un balance entre la entrada y salida de éste.

Modificada de Powlson et al., 2013

Reservas e intercambio de C en ecosistemas terrestres

“Globalmente, los suelos almacenan mucho más de tres veces carbono (C) que lo que encontramos en la vegetación sobre el suelo o la atmósfera”.



¿**Cómo**? ¿Cuáles usos del suelo, ¿Cuáles prácticas agrícolas?

¿**Cuánto**?” Potencial de almacenamiento de C de los suelos

¿**A qué velocidad**?
Cinética de almacenamiento

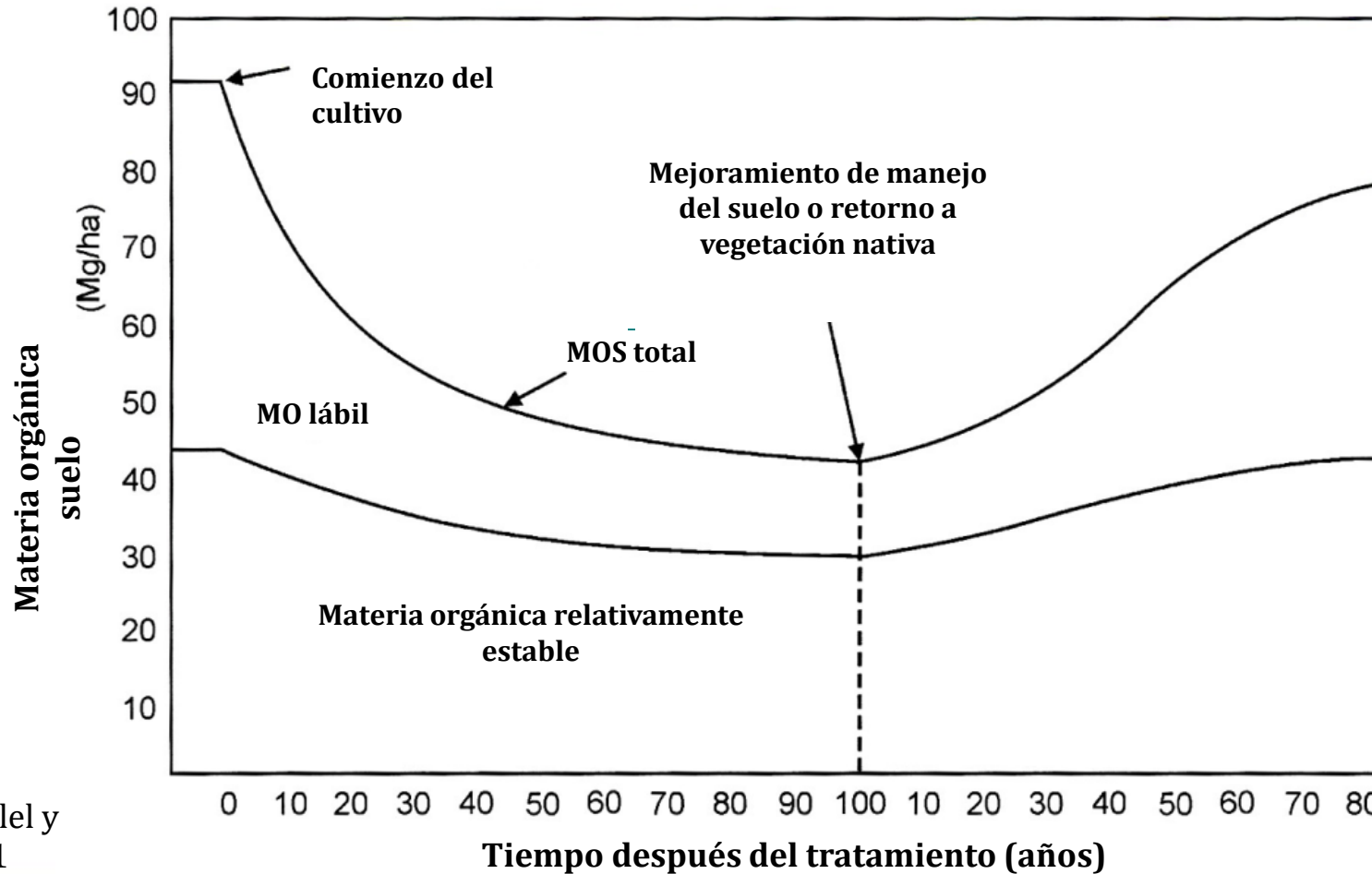
¡Almacena más C en los suelos!

¿**Por cuánto tiempo**?
¿Tiempo de residencia del C del suelo?
¿Reversibilidad?

¿**Dónde** ? ¿En el perfil del suelo? ¿A mayor escala; paisaje?

¿**Cómo monitorear y verificar**? ¿Mediciones / estimaciones de stocks de C orgánico del suelo?

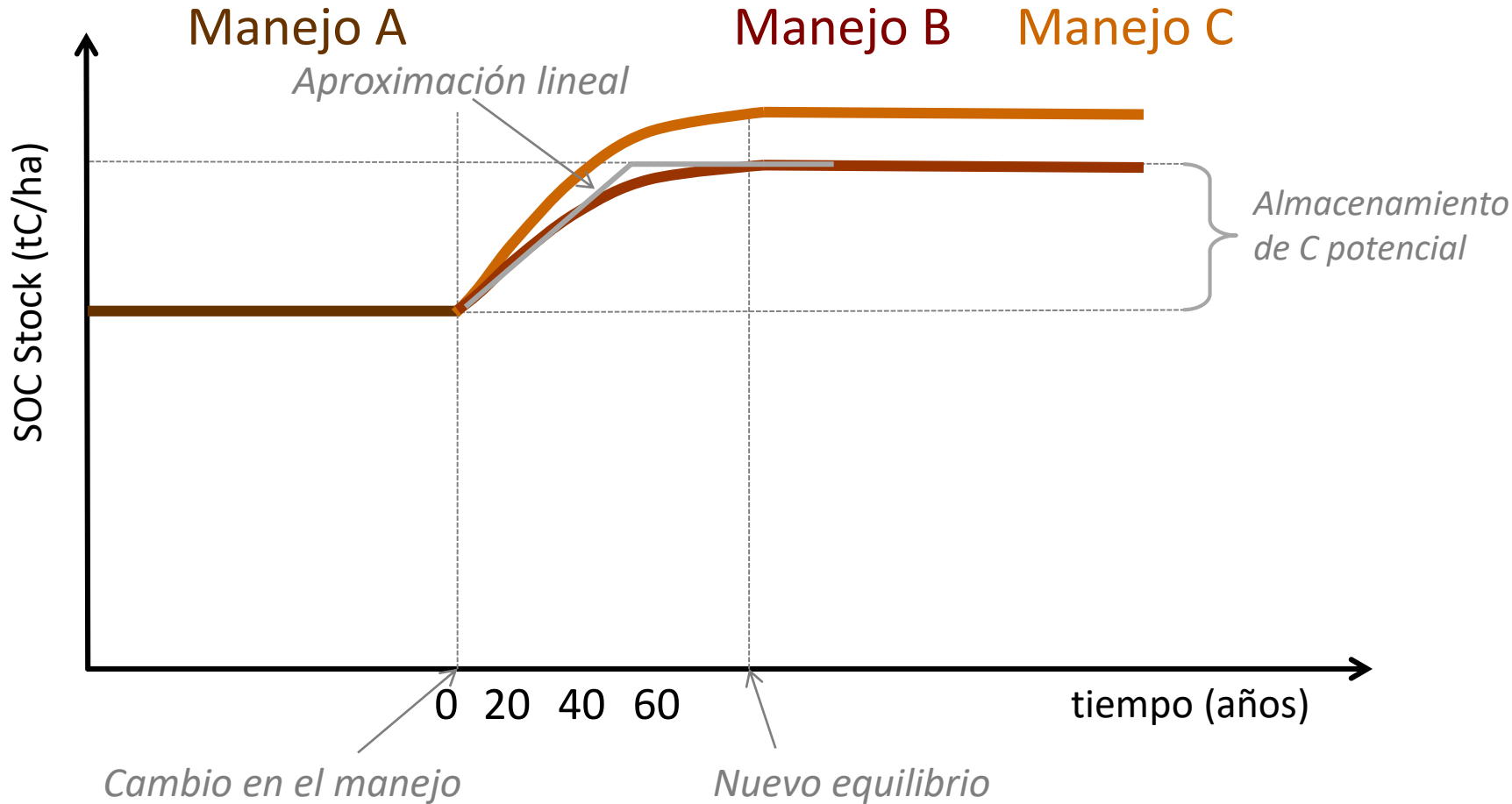
Efecto del cambio de uso y manejo del suelo sobre los reservorios ('pooles') de MOS



La pérdida histórica de C en los suelos agrícolas se ha estimado en un total de **42-78 Gt** en los últimos 300 años y es el resultado del manejo del suelo y agronómico hecho por el hombre.

Modificada de Hillel y Rosenzweig, 2011

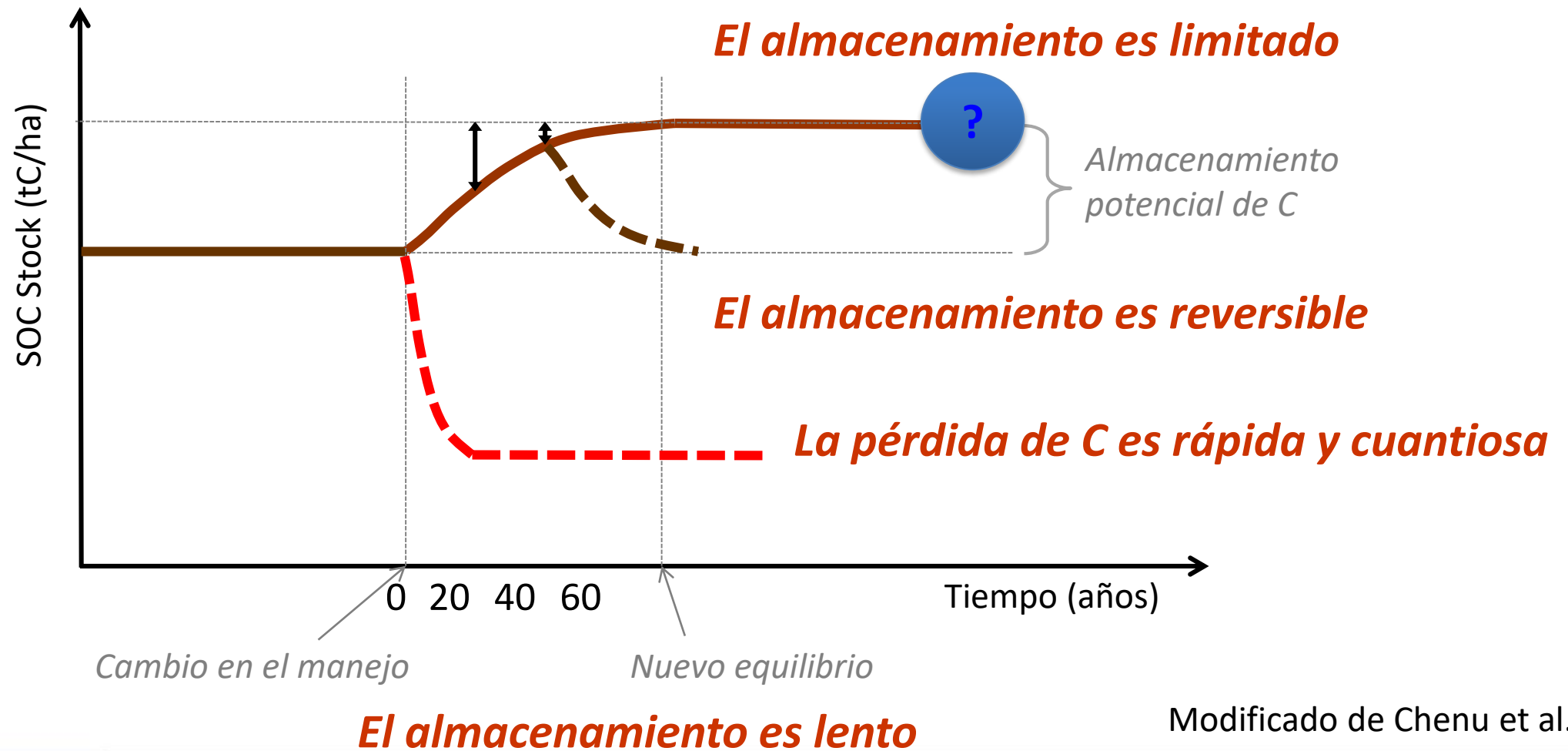
Almacenamiento de C: ¿cuánto y por cuánto tiempo?



El Potencial de almacenamiento de un suelo es la ganancia máxima alcanzable, en un tiempo dado, bajo un uso del suelo y manejo. Éste depende del clima y tipo de suelo.

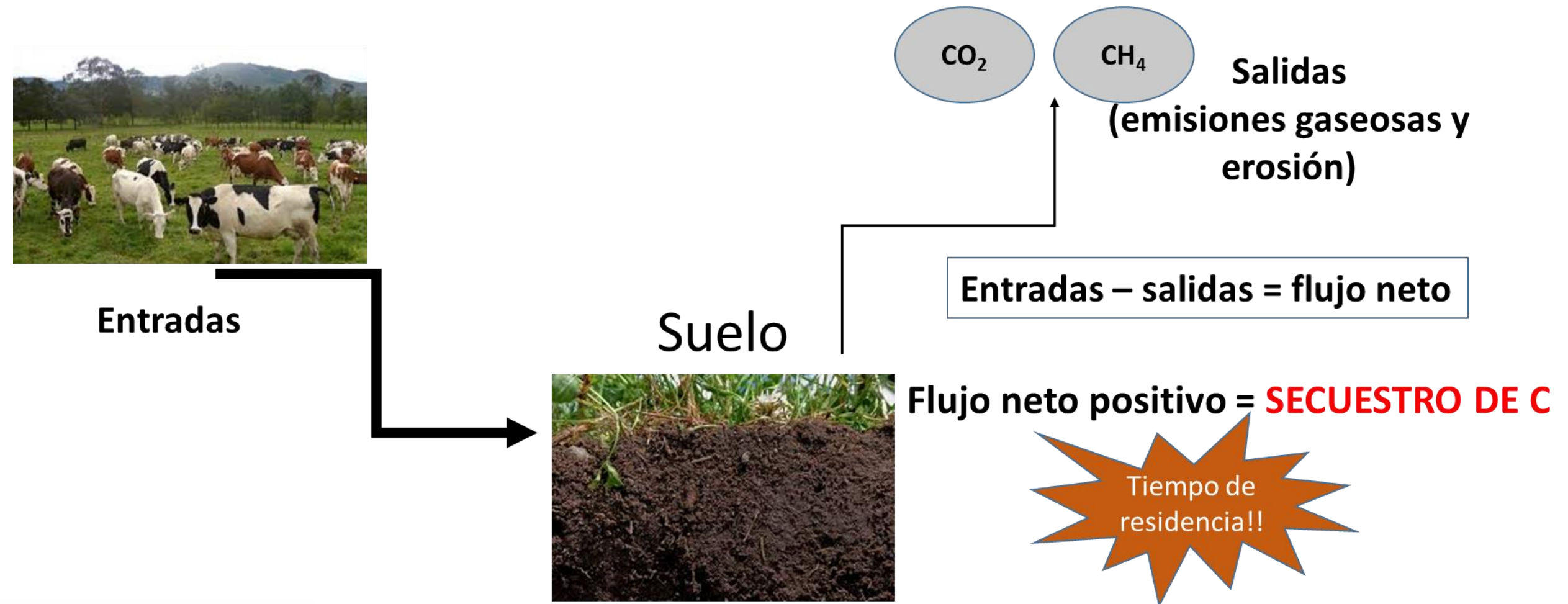
Modificado de Chenu et al., 2017

Almacenamiento de C: ¿cuanto y por cuanto tiempo?







Modificado de Chenu et al., 2017

¿Qué manejo es más eficiente, aumentar las entradas de C al suelo o disminuir sus salidas?



↑ C al suelo

	Sistema	Imagen de referencia	Ingreso de C al suelo
Usos de suelo	Agroforestería		2.2 ± 1.2 t C ha⁻¹ yr⁻¹ (Kim et al., 2016)
	Cultivo intercalado		1.6 ± 1.0 t C (Kim et al. 2016)
Manejo agronómico	Cultivo de cobertera		Global: 0.32 ± 0.08 t C ha⁻¹ yr⁻¹ (Poeplau and Don 2015) Temperate: 0.29 ± 0.16 t C ha⁻¹ yr⁻¹ Tropical: 0.51 ± 0.43 t C ha⁻¹ yr⁻¹ (Juste et al., 2012)
	Uso de enmiendas/residuos orgánicos		Composts (temperate) : 41 ± 22% of applied C becomes soil C (Medina et al., 2015)

C stocks en 0-10 cm después de la aplicación de biochar de distinto origen y después de un periodo de incubación de los suelos de 288 días (Muñoz, C.; Ginebra, M., Zagal, E. 2019)

Treatments	Time of Incubation (Months)			C Stock (t ha ⁻¹)	
	0	4	10		
Bulnes	Control	2.84b	2.66c	2.72c	35.36
	+ BC-chicken	2.91b	2.80bc	2.66d	34.52
	+ BC-pig	3.27ab	3.26a	3.16a	41.08
	+ BC-cow	3.41a	3.23ab	3.08b	40.04
Cauquenes	Control	1.45b	1.51b	1.39b	20.16
	+ BC-chicken	1.60ab	1.56b	1.52ab	22.04
	+ BC-pig	1.97a	1.83ab	1.81a	26.25
	+ BC-cow	1.99a	2.06a	1.81a	26.25
Collipulli	Control	2.80b	2.33b	2.57b	36.49
	+ BC-chicken	2.91b	2.79ab	2.66b	37.70
	+ BC-pig	3.27a	3.25a	3.11a	44.09
	+ BC-cow	3.31a	3.23ab	3.15a	44.66

Different small case letters means statistical difference by Duncan at $p \leq 0.05$.

Aumento de la eficiencia de almacenamiento de C = C bajo el suelo

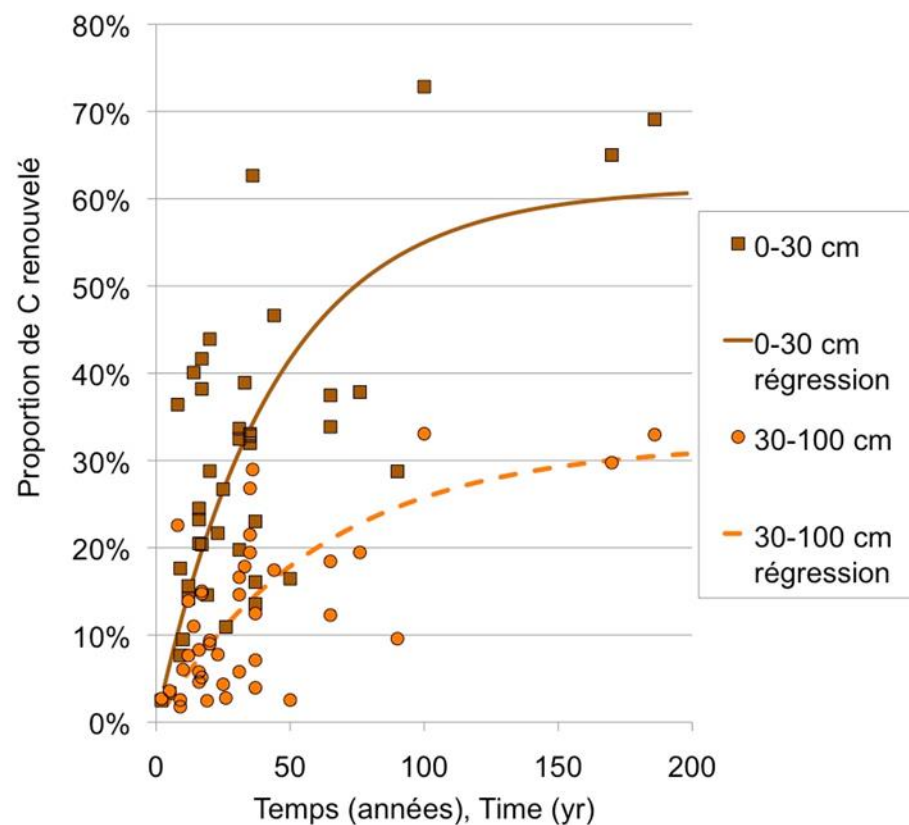
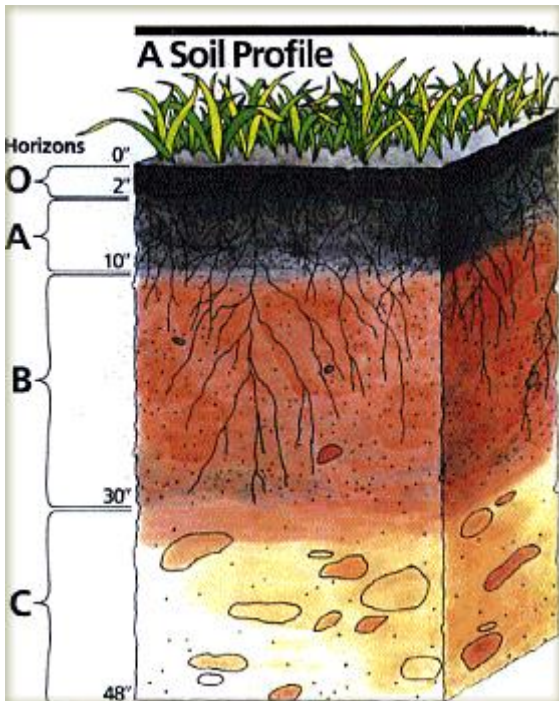
Cultivo	Duración (meses)	Contribución relativa de las raíces
Maíz	132	1,50
Maíz	48	1,75
Maíz	180	1,70
Maíz	152	3,30
Vicia	5	3,70
Alfalfa	24	2,70
Promedio	90	2,40

$$\text{Contribución relativa} = \frac{\text{C bajo el suelo / entrada de C bajo el suelo}}{\text{C sobre el suelo / entrada de C sobre el suelo}}$$

→ Las entradas de C bajo el suelo son más eficientes

Rasse et al. 2005

Aumentando las entradas de C al suelos



Menor cantidad de C renovable a 30-100 cm.

Pocos estudios realizados

Actual proyecto Fondecyt 1161492

Balesdent et al., (2017)

Disminuyendo las salidas de C del suelo

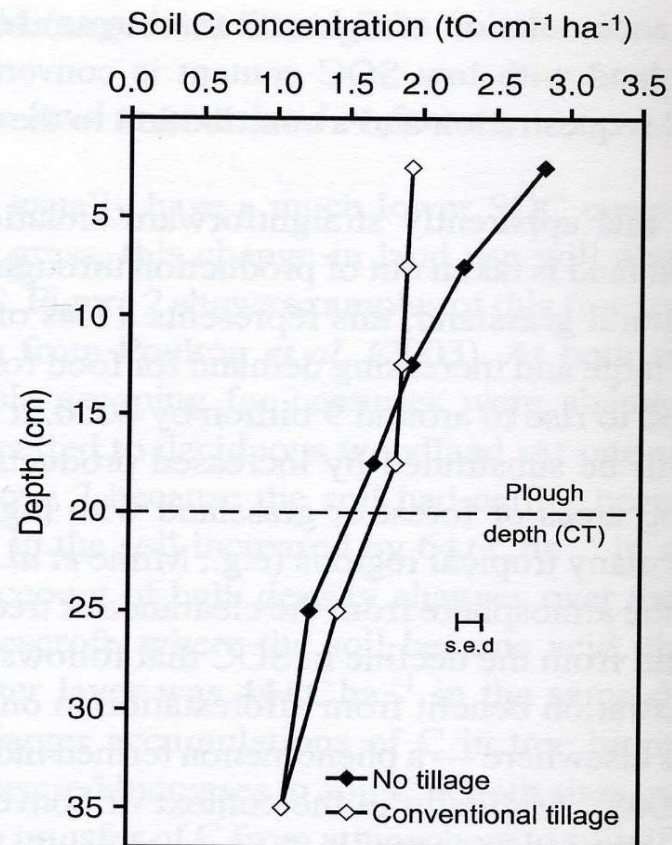




Fig. 3. Trends in carbon concentration with depth after 21 years of no tillage or conventional tillage at a site in southern Brazil (mean values for two crop rotations). From Machado *et al.* (2003).

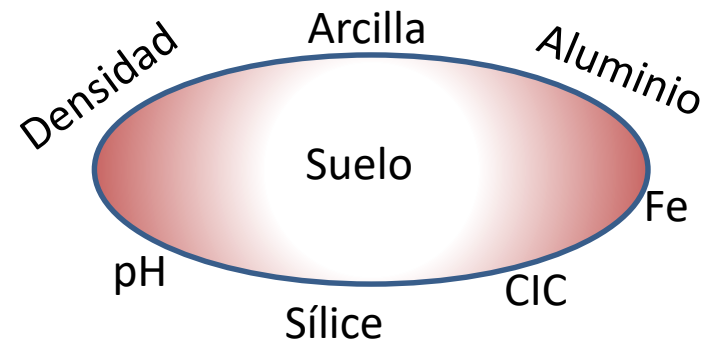
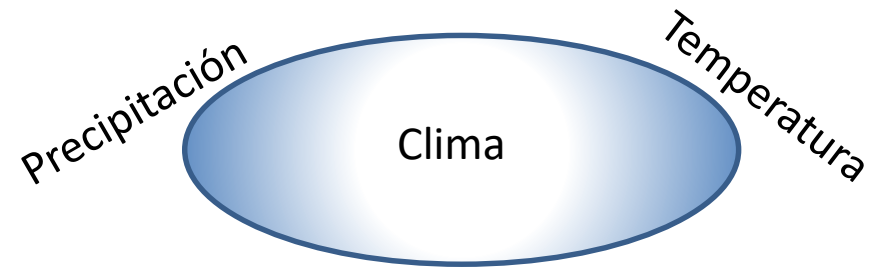
Powlson *et al.*, (2011)

Disminuyendo las salidas de C del suelo

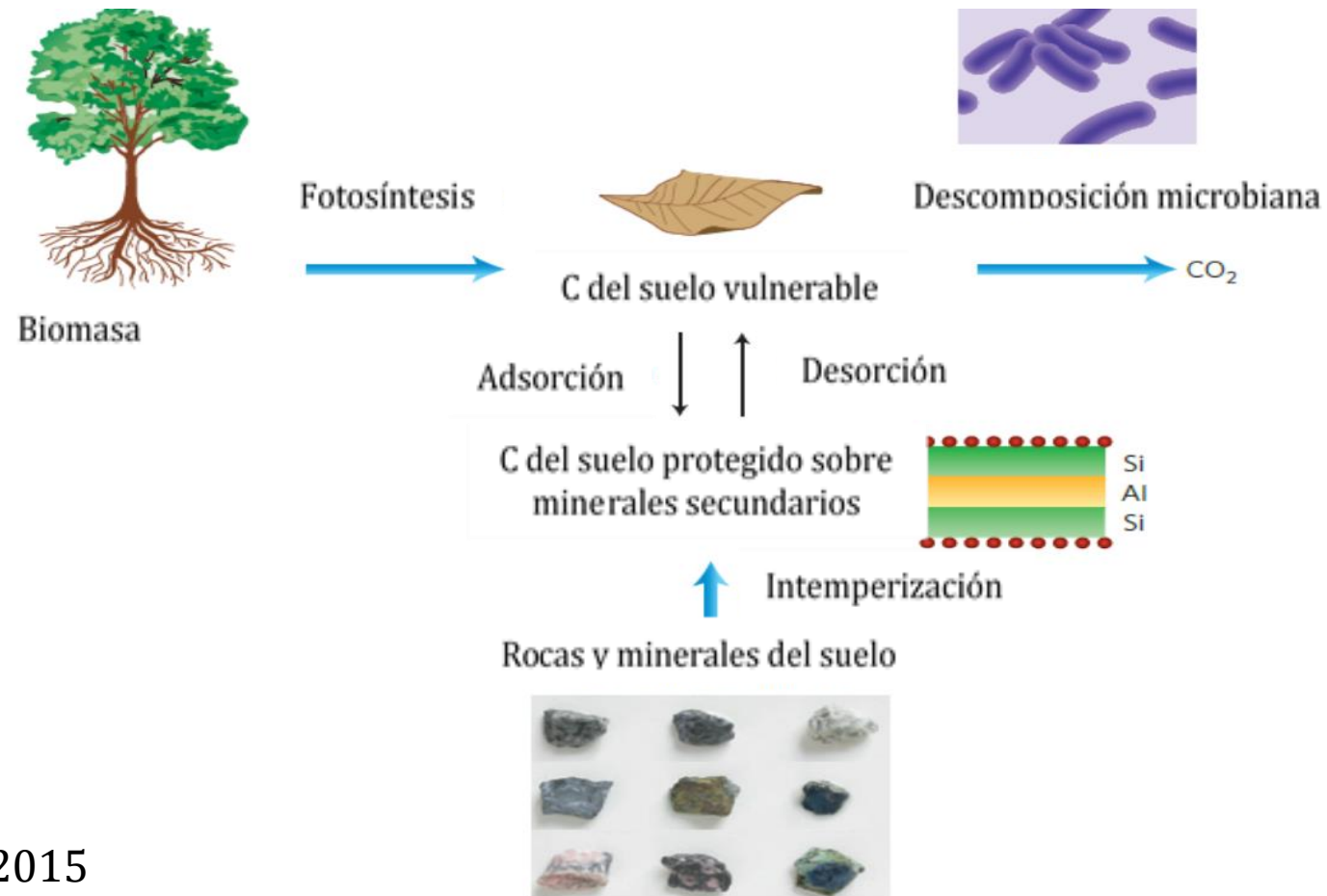
Sistema	Imagen de referencia	Ingreso de C al suelo
Cero Labranza	 Diapositiva 10	C storage potential re-evaluated recently (av: 0-0.2 t C ha ⁻¹ yr ⁻¹ (Virto et al., 2012; Dimassi et al., 2014)
Cero labranza + cover crops		A large potential : +0.5 t C ha ⁻¹ yr ⁻¹ (Autret et al., 2016)

Mas eficiente
aumentar
entradas que
disminuir
salidas

Controles de estabilización del carbono

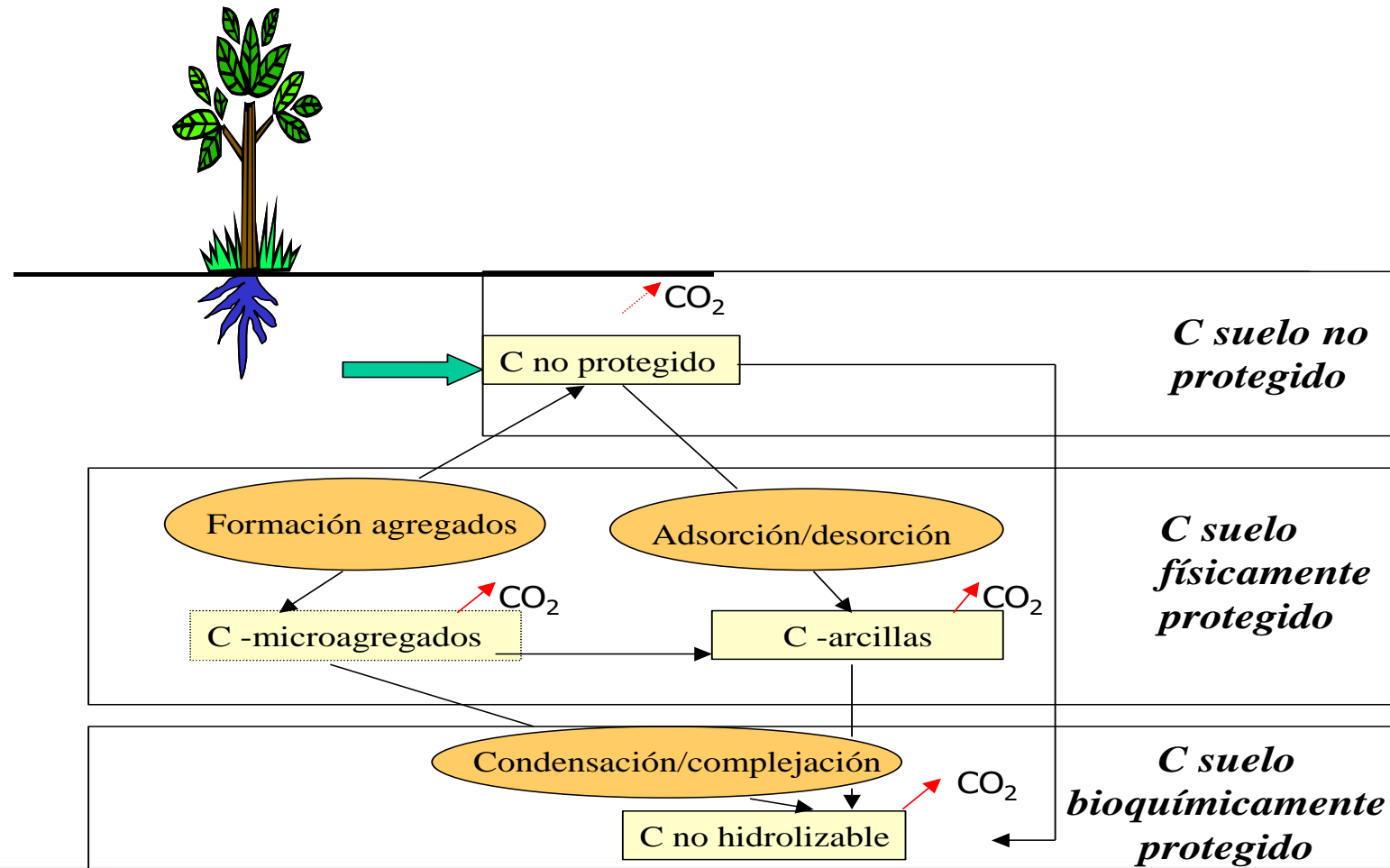


Procesos sensibles al clima en la dinámica del C del suelo.



Modificado de Davidson, 2015

Modelo conceptual simplificado de las formas de protección de carbono en el suelo.



Modificado de Six et al., 2002.

Área de estudio

(pastos naturales y matorrales).

Zonas de colecta de muestras

31° to 47°40' latitude sur

71°15' to 72°21' longitud oeste

En un gradiente latitudinal de 1638 Km.

MSA: *Mediterráneo semiárido*

TSO: *Templado semi-oceánico*

TO: *Templado oceánico*

SPSO: *Sub-polar semi-oceánico*

Fondecyt 1121138

(Doetterl et al., 2015)

(Casanova et al., 2013)

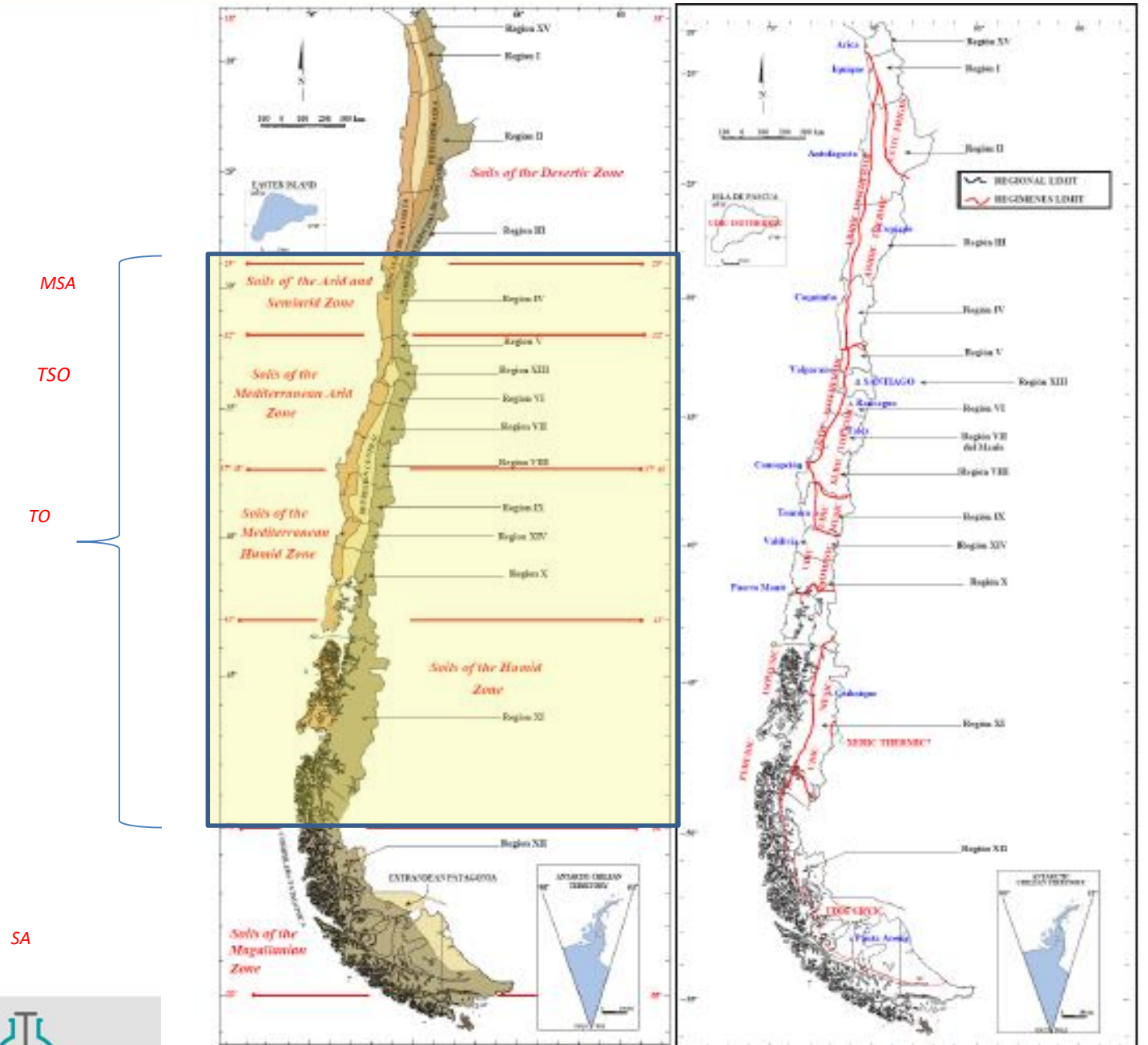
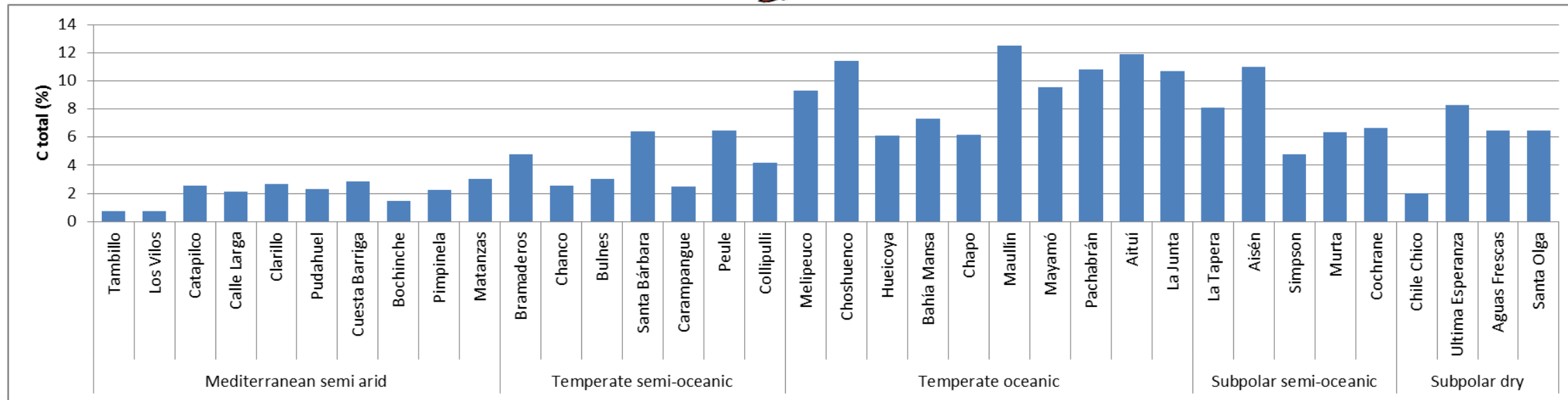
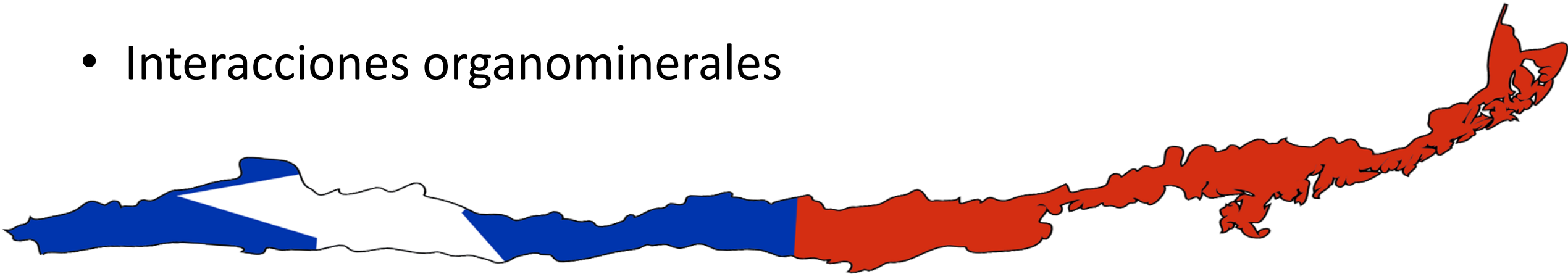


Figure 1. Soil zones map (left) of Chile and spatial distribution of soil temperature and soil moisture regimes (right).

Controles de estabilización del carbono

- Interacciones organominerales



Soil carbon storage controlled by interactions between geochemistry and climate

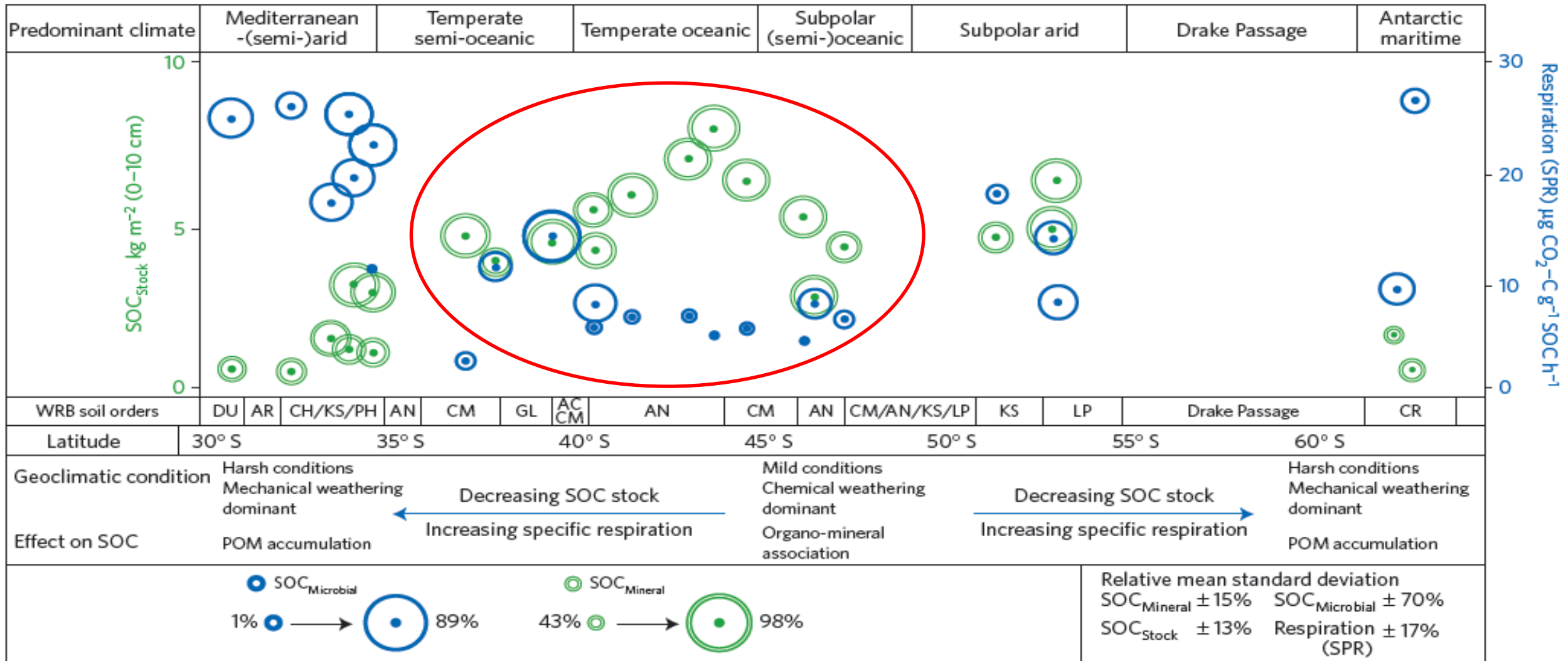
Sebastian Doetter^{1,2*}, Antoine Stevens^{3,4}, Johan Six⁴, Roel Merckx⁵, Kristof Van Oost³, Manuel Casanova Pinto⁶, Angélica Casanova-Katny⁷, Cristina Muñoz⁸, Mathieu Boudin⁹, Erick Zagal Venegas⁸ and Pascal Boeckx¹

Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 2016, 16 (2), 461-476

RESEARCH ARTICLE

Temperature sensitivity of carbon decomposition in soil aggregates along a climatic gradient

C. Muñoz^{1*}, B. Cruz¹, F. Rojo¹, J. Campos², M. Casanova³, S. Doetter^{1,4,5}, P. Boeckx⁵ and E. Zagal^{1*}



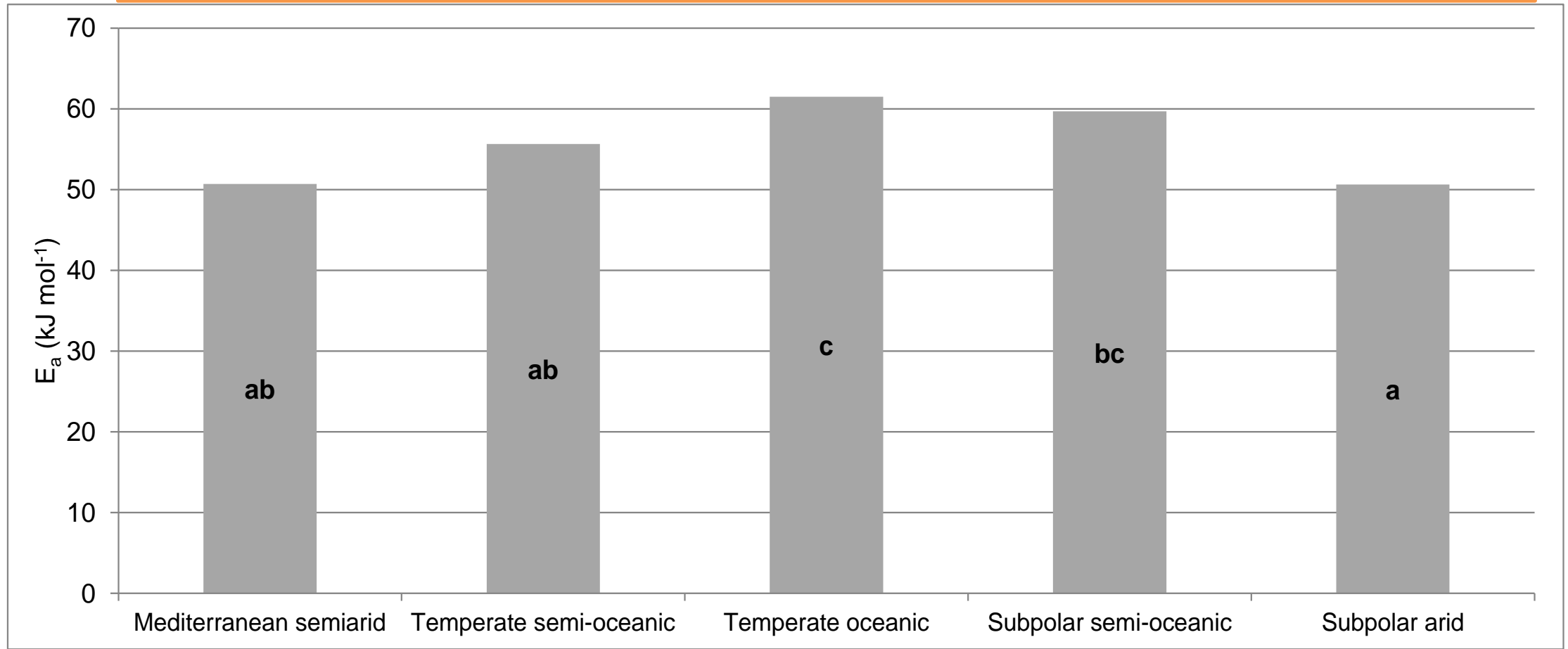
Doetterl et al., (2015)

Sensibilidad térmica del C

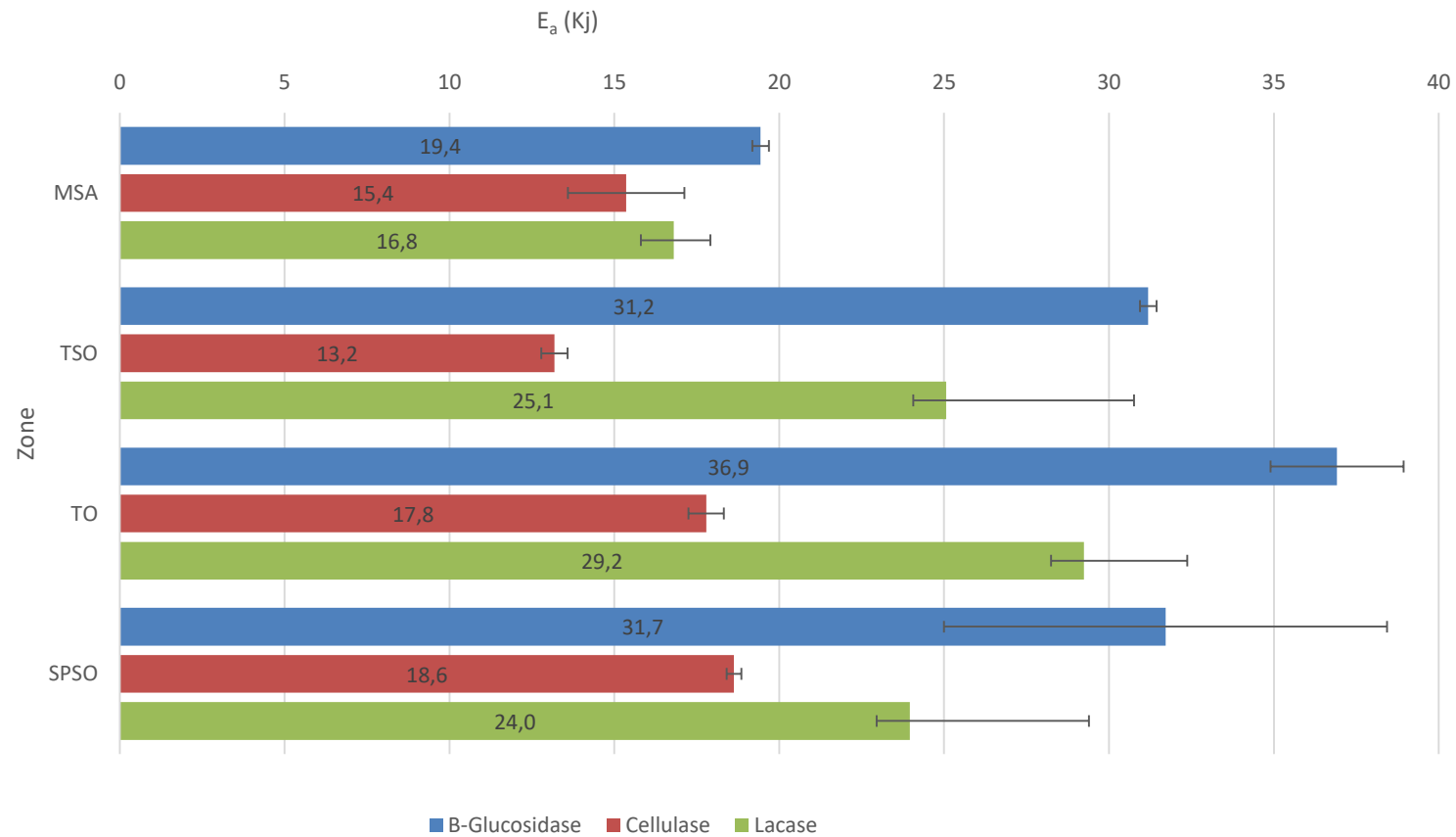


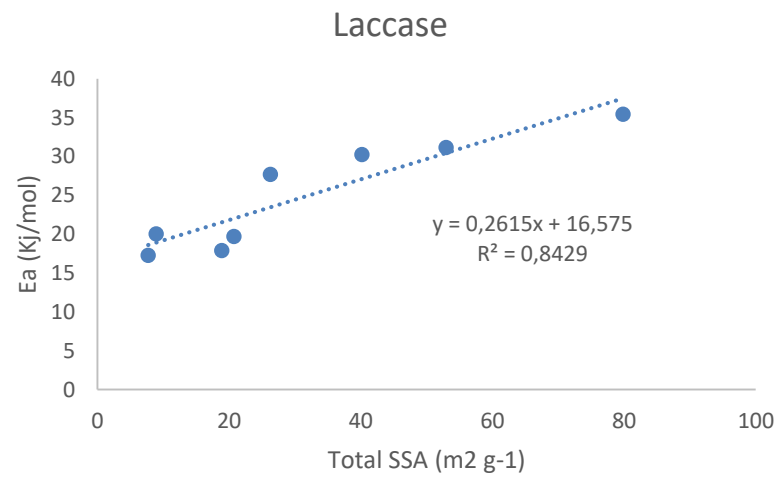
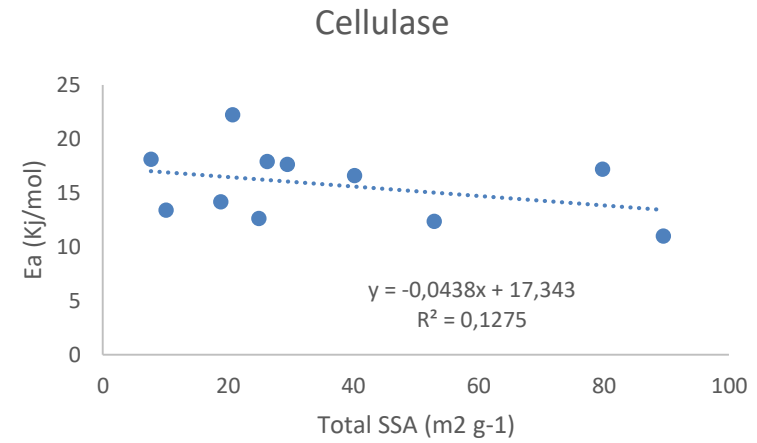
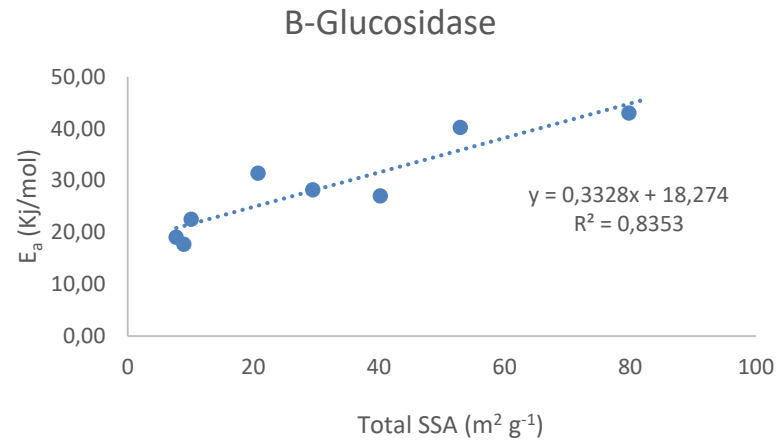
E_a = energía de activación

La estabilización del C del suelo depende más de la mineralogía y el tipo de suelo que el clima




(Resultados no publicados)





Estrategias asociativas

Redes nacionales  Nama Agrícola para Chile +



Redes internacionales  Iniciativa 4X1000

CIRCASA. Proyecto Europeo 2017
Coordination of International
Research Cooperation on soil Carbon
Sequestration in Agriculture

Experimentos de larga duración

8.9 Gigatón C

Emisiones anuales
de CO₂ por
combustibles fósiles



2400
Gigatón C

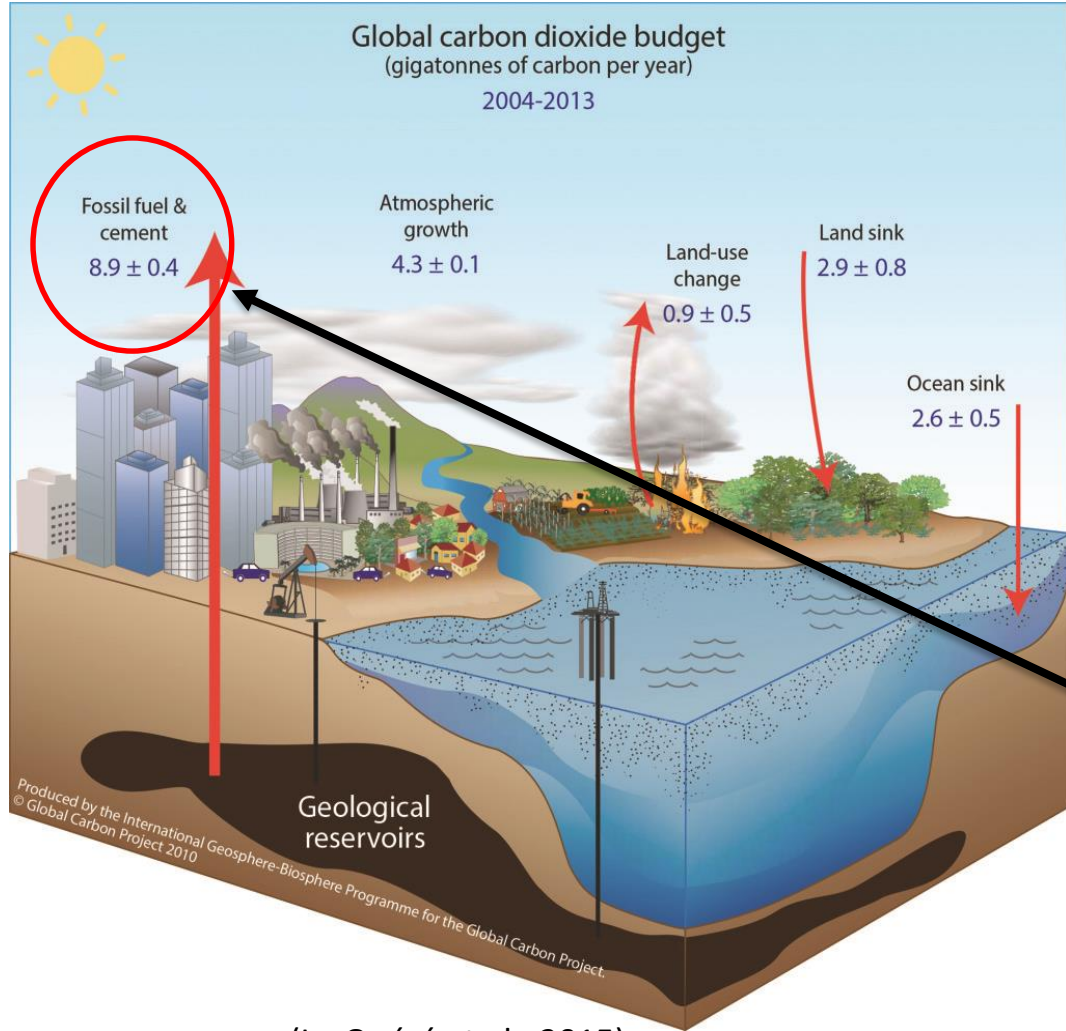
Almacenamiento de C
global en el suelo
(hasta 2 m)


$$8.9 / 2400 = 4\%$$



Incremento de la
cantidad de C en el
suelo necesaria para
contrarrestar las
emisiones de CO₂

INICIATIVA 4 POR MIL: PARA LA SEGURIDAD ALIMENTARIA Y EL CLIMA.



(Le Quéré et al., 2015)

Carbono Orgánico del Suelo Global (0-40cm)

Total Pool = 860 Gt

= $860 \times 0.4\% = 3.4$ Gt C/año

(80% del incremento anual de CO_2 ; 4,3 Gt C/año)

0,4% C
anual

(Balesdent & Arrouays, 1999)

CONCLUSIONES

¡Almacena más C en los suelos!

- Incrementa la seguridad alimentaria
- Adapta la agricultura al cambio climático
- Mitiga el cambio climático

CONCLUSIONES

Se requiere más conocimiento de los procesos de estabilización del C en diferentes agroecosistemas. Esto incluye estabilización de C derivado de actividades metabólicas de los microorganismos (ej. metabolitos extracelulares; necromasa microbiana).

Diversos factores que afectan estos procesos hacen que los mecanismos sean aún más complejos y difíciles de abordar.

Estrategias asociativas permitirán aproximarse a la problemática en forma conjunta e interdisciplinaria.

Sigue vigente la estrategia de mitigación de gases de efecto invernadero para disminuir/estabilizar el calentamiento global

Agradecimientos:

Dr. Pascal Boeckx Universidad de Ghent

Dr. Samuel Bodé Universidad de Ghent

Dr. Sebastian Doetterl Universidad de Augsburg

Profesor Manuel Casanova. Universidad de Chile

Dra. Cristina Muñoz Universidad de Concepción

Mg.Sc. Sra. Marcela Hidalgo

Mg. Sc. Srta. Carol Ricciardi

Bq. Mg.Sc (c) María de los Ángeles Sepúlveda

Ing. Agrónomo (c) Paula Careaga

Fondecyt 1121138

Fondecyt 1161492

INNOVA 14BPC 4-28501