

JORNADA ANUAL DE CULTIVOS Y SISTEMAS

Cultivos de Verano e Invierno, rotaciones,
coberturas y sus interacciones con el sistema
ganadero.



Una mirada a los sistemas agrícolas: ¿qué alternativas tenemos?

Jorge Sawchik



Objetivo:

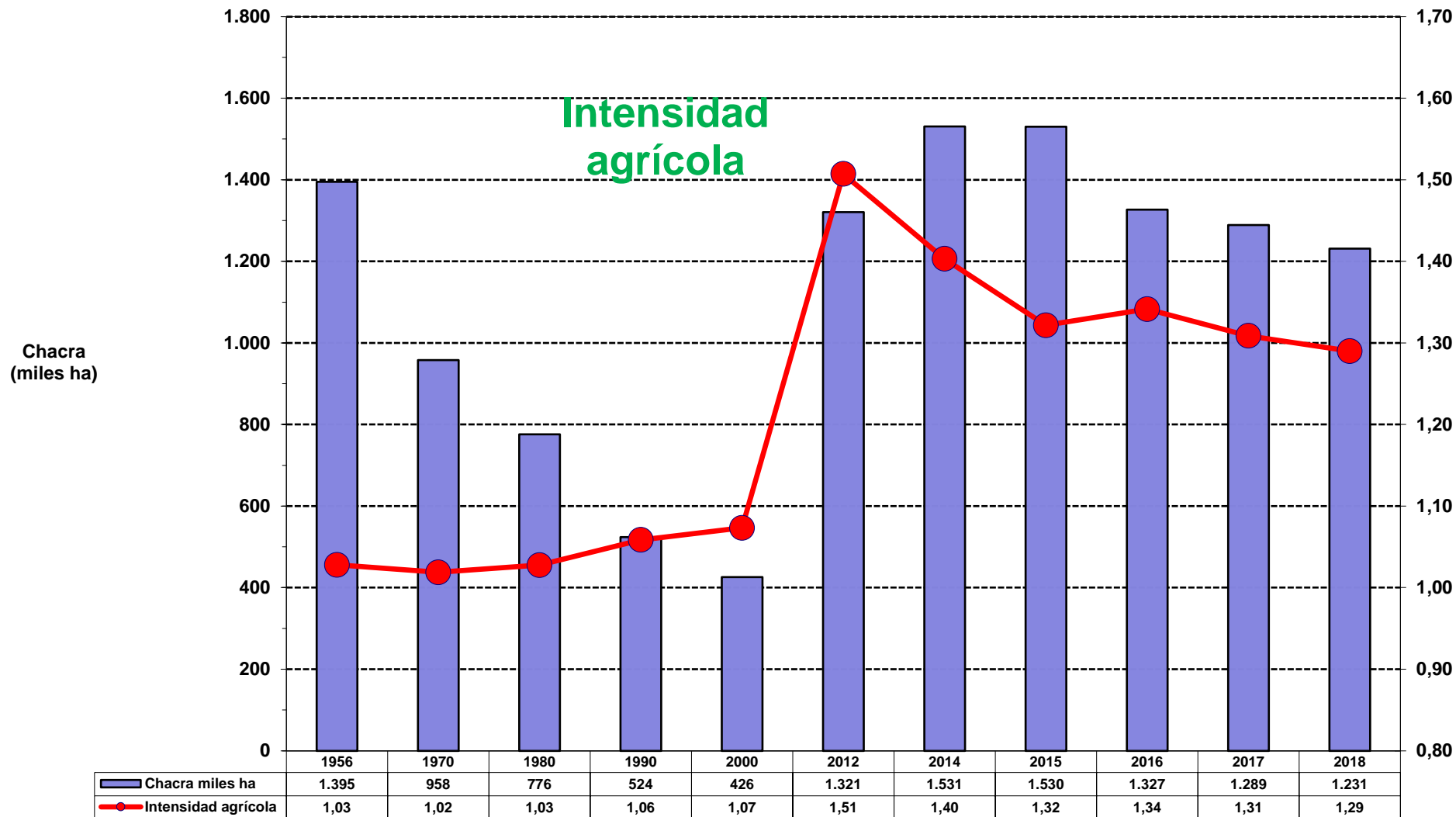
- ✓ Repasar conceptos y herramientas para mejorar el diseño de los sistemas agrícolas.



Temario

- ✓ Introducción: algunos números
- ✓ ¿Qué está pasando con los sistemas de agricultura continua?
- ✓ ¿Qué alternativas tenemos?
- ✓ Reflexiones

Superficie e intensidad agrícola (DIEA, 2018)



¿Qué sucede en los sistemas de agricultura continua?



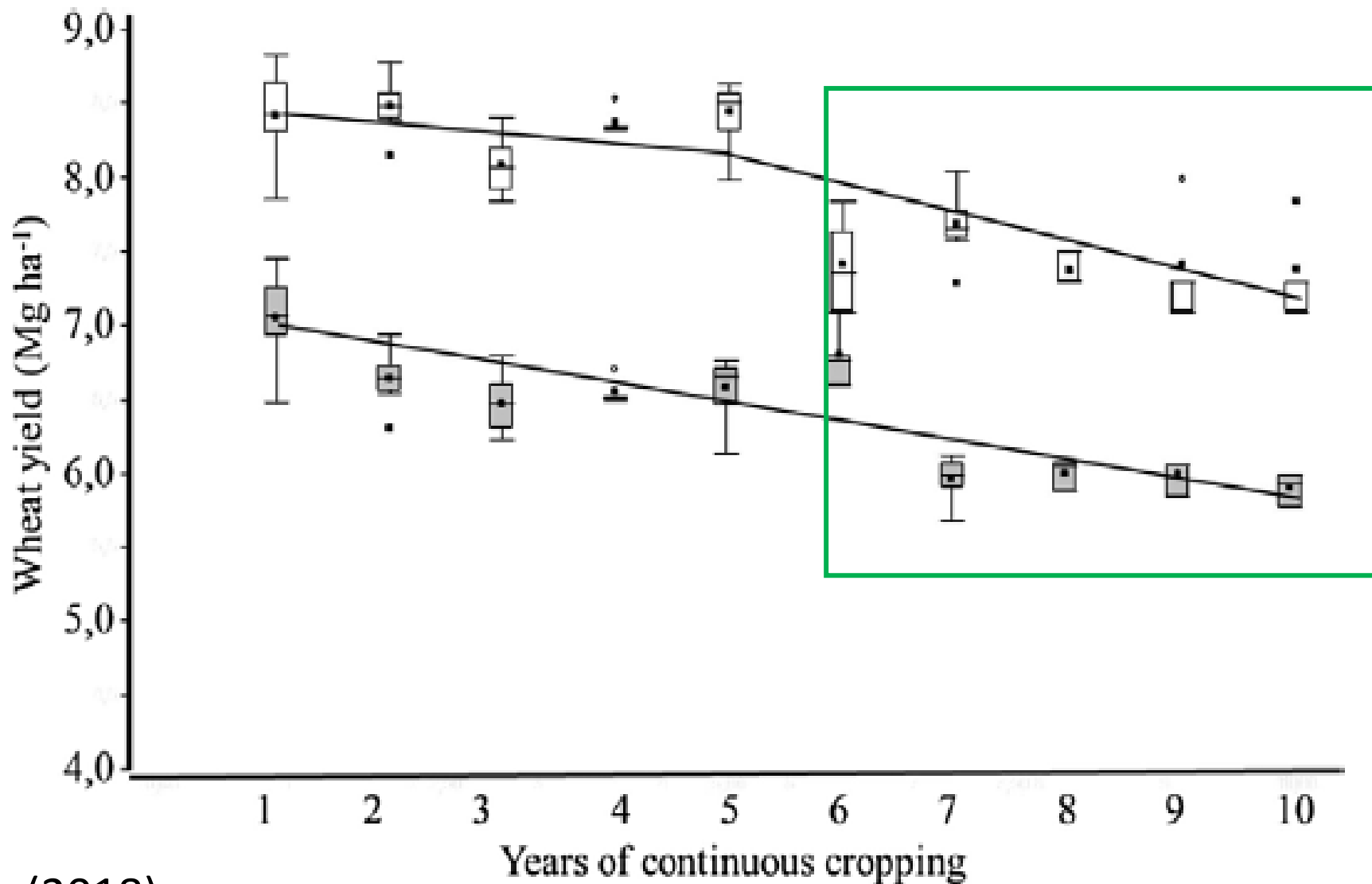
- Si bien es una pregunta muy general:
 - ✓ Menor oferta de N del suelo (aumentan las necesidades de fertilizante N).
 - ✓ Las salidas de Carbono son mayores que las entradas (Balance -).
 - ✓ C y N son esenciales para la formación de materia orgánica.
 - ✓ Pérdida de calidad física del suelo.
 - ✓ Deficiencias de nutrientes (por incorporación de nuevas áreas, o extracción).
 - ✓ Aparecen otros factores reductores del rendimiento (malezas resistentes, enfermedades).
 - ✓ Tendencia a reducción de rendimientos con los años de agricultura (edad de chacra)



Repasemos algunas evidencias.....



Rendimientos de trigo (frontera de rendimiento con y sin limitación de nutrientes)



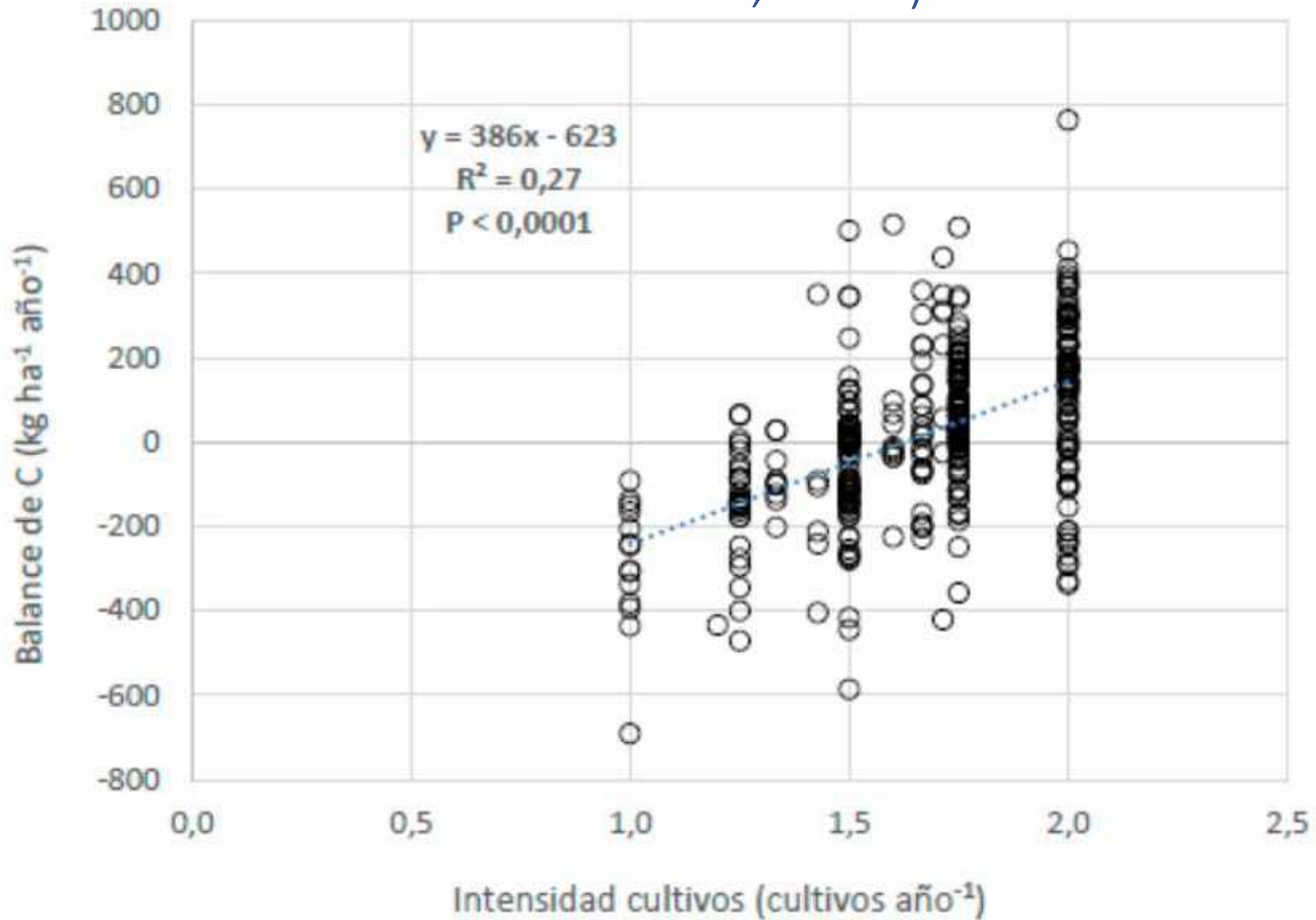
Ernst et al, (2018)



Principales hallazgos (Ernst et al., 2016, 2018)

- ✓ El alargamiento de la fase de cultivos (edad chacra) provocó una reducción en los rendimientos de trigo.
- ✓ En los primeros 5 años post-pastura el factor principal que explica la pérdida de rendimiento es la reducción en la capacidad de suministro de N (corregible hasta cierto punto si aplicamos más N).
- ✓ Luego de ese período (> a 5 años) empiezan a pesar otros factores como la pérdida de la capacidad física del suelo (degradación), no corregibles aplicando más N.

Balance de Carbono e intensidad de cultivos (Mazzilli et al., 2017)





Entonces.....

- ✓ Tenemos una secuencia con predominancia de soja (alta participación de soja de primera) con alta variabilidad interanual.
- ✓ Trigos y maíces con mayores requerimientos de N del fertilizante (menos proveniente del suelo y potenciales más altos) y limitados por la edad de chacra.
- ✓ Balances de C negativos en muchas chacras (intensidad de cultivos, productividad).
- ✓ ¿ Cuales son las alternativas que tenemos?



Repasemos el concepto de rotaciones..

- Tratando de comprender cómo impactan en el ciclo del Carbono



ENTRADAS

- Residuos de cultivos



**Pool de Carbono Orgánico
en el Suelo**



SALIDAS

- Erosión
- Mineralización



ENTRADAS

- Residuos de cultivos

Cantidad y calidad del rastrojo



- Rotación (Nº de cultivos por año)
- Cultivo
- Rendimiento
- IC

¿Qué alternativas tenemos?: en la secuencia agrícola....



- > productividad (medidas de manejo que tienen impactos positivos en el rendimiento y que los productores han adoptado)
 - ✓ Agregado de N cuando tengo potencial de rendimiento.
 - ✓ Corrección de nutrientes (K, S)
 - ✓ Manejo del riesgo – cultivos de verano (en especial maíz)
 - ✓ Diseñar las secuencias considerando efectos positivos (maíz antecesor de soja; doble cultivo con mejor antecesor).
- Mayor intensidad de uso (mayor número de cultivos/año)
- En definitiva cantidad, calidad y frecuencia de entrada de residuos.
- ¿cuánto precisamos? – aprox – 4 ton C/ha/año (Mazzilli et al., 2017)



Rendimientos necesarios para un balance de C neutro (o sea para lograr $768 \text{ kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ de $C_{\text{humificado}}$)*

Secuencia	Cultivo	Rendimiento (13 % humedad) kg ha^{-1}
Monocultivo SOJA	Soja	7350
SOJA – Avena Cobertura	Soja Avena	2970 4500 kg MS
Trigo / Soja 2 ^a	Trigo	3900
	Soja	2760
T/S – Maíz 1 ^a	Trigo	3900
	Soja	2760
	Maíz	6130

- No se consideran las pérdidas de C por erosión.

¿Qué otras alternativas tenemos?:
inclusión de pasturas, cultivos de servicio,
etc.



- ✓ Inclusión de pasturas cortas o largas (lo ideal con componente leguminosa) – es una vieja receta – vamos a ver algunos datos nacionales.
- ✓ Inclusión de cultivos de servicio (concepto diferente a cobertura) porque queremos solucionar temas puntuales en la rotación.
- ✓ Lo que sí es importante es que el sistema será sostenible si ambas fases de la rotación son altamente productivas e intensivas.



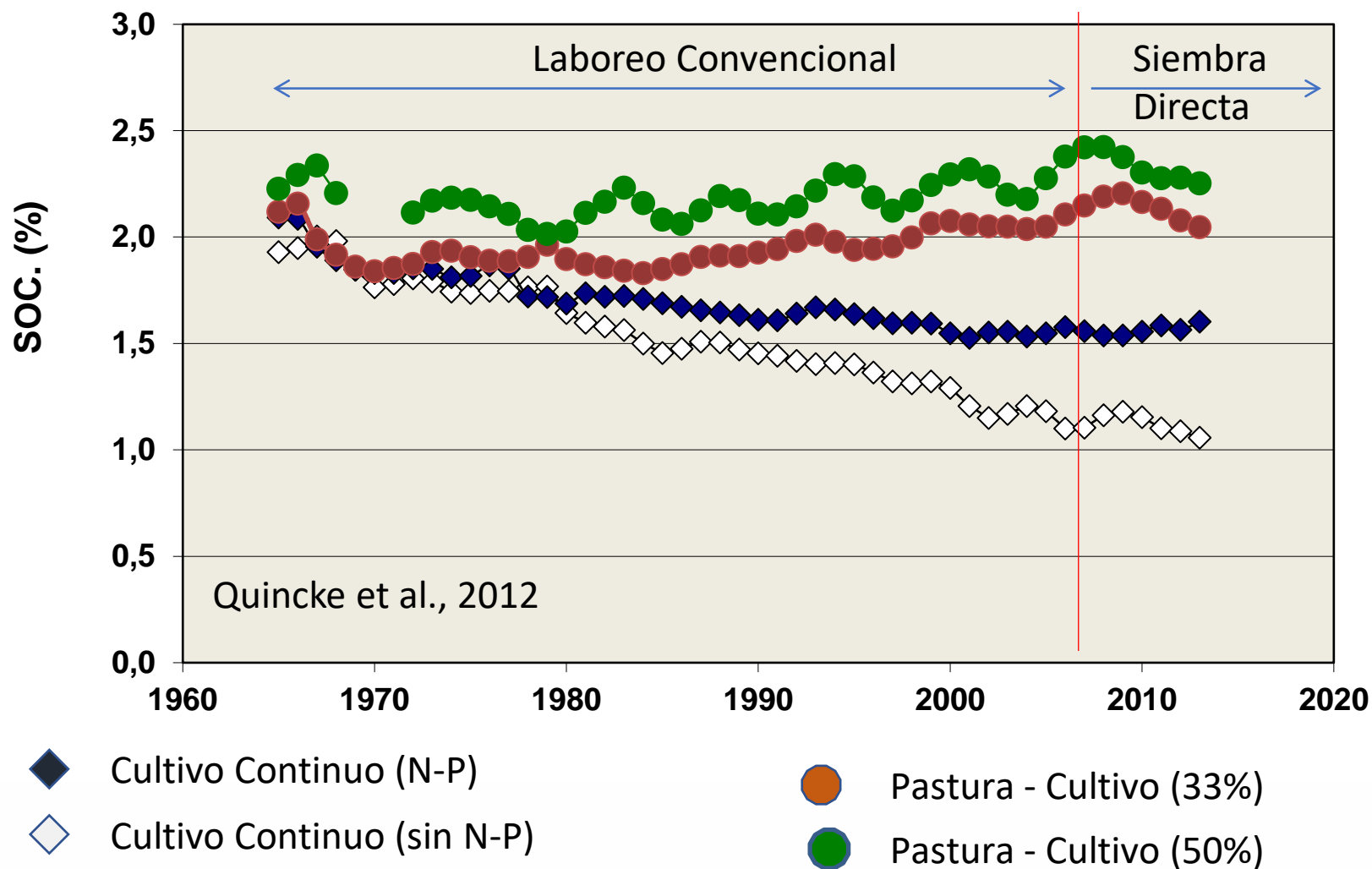
Vamos a repasar algunos datos experimentales..... inclusión de pasturas en sistemas agrícolas.

Experimento de Largo Plazo en Sistemas Agrícolas Rotación de Cultivos y Cultivos-Pasturas INIA La Estanzuela (1963)



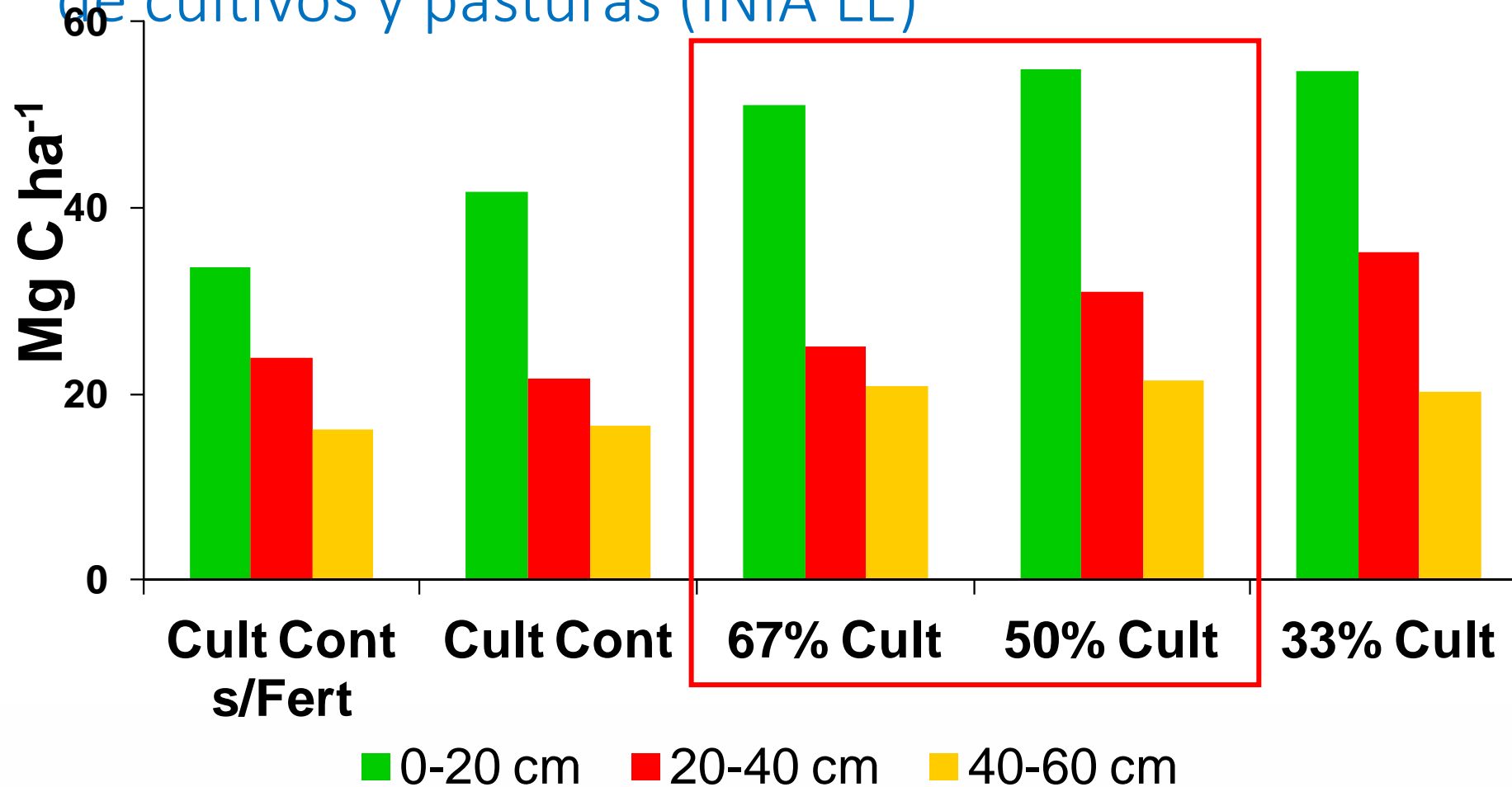


El impacto de la Pastura en el C Org del suelo fue proporcional a a su tiempo en la rotación





Stock de Carbono bajo diferentes proporciones de cultivos y pasturas (INIA LE)



Experimento de Largo Plazo en Sistemas Ganadero Intensivo-Agrícola

Rotaciones Ganaderas-Agrícolas

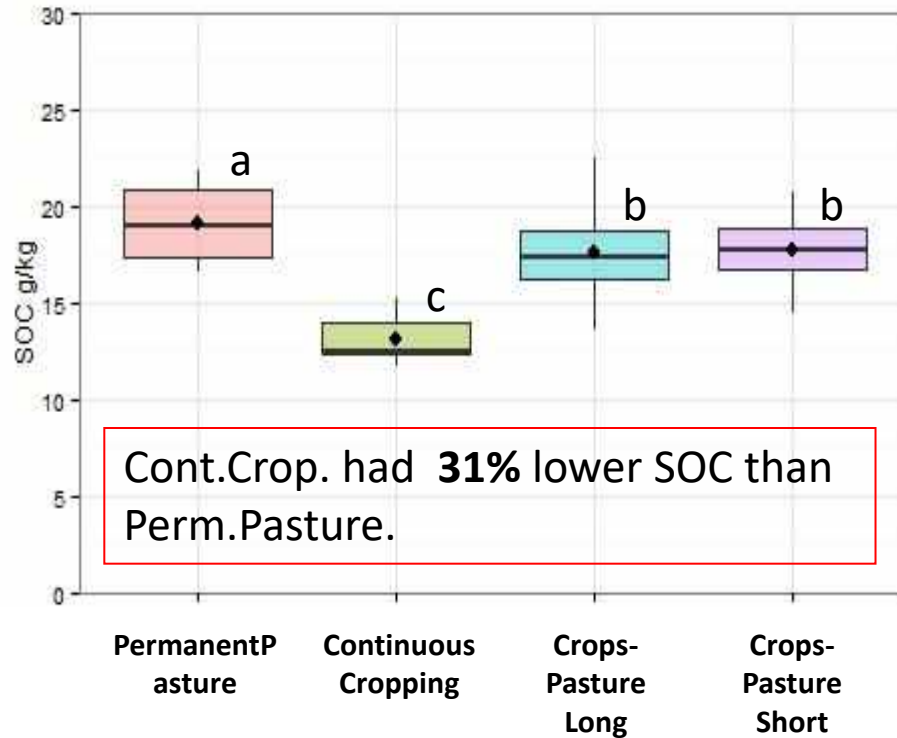


**Estación Experimental Treinta y Tres
Unidad Exp Palo a Pique (UEPP)**

Impacto de la Intensidad del Uso del Suelo en COS (0-15 cm) en Rotaciones para Cultivos de grano y Cultivos de Forraje (20 años)

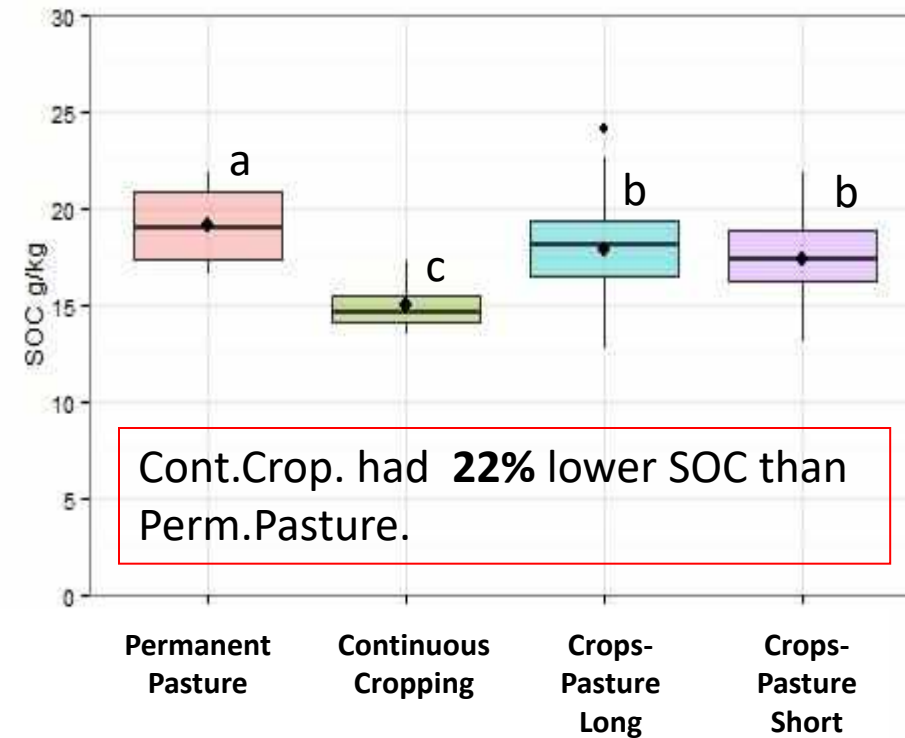


Cultivos para forraje



Cont.Crop. had **31%** lower SOC than Perm.Pasture.

Cultivos para grano



Cont.Crop. had **22%** lower SOC than Perm.Pasture.

Rotación **Cultivo Pastura** mostró valores de COS 8% inferiores que la **Pastura permanente**, pero COS significativamente mayor respecto a **cultivo continuo**.



Entonces.....

- ✓ > prod. de MS/ha – más entrada de Carbono al suelo.
- ✓ Productividad y duración son las claves (varias alternativas, cortas, largas) –
- ✓ Si agregamos leguminosas tenemos que esperar una fijación de N de **1kg de N/25-30 kg MS ha de leguminosa.**
- ✓ Aumentamos el pool de N del suelo, residualidad para los cultivos siguientes – mejor aprovechamiento cultivos de invierno.
- ✓ Las rotaciones cultivo-pastura en SD están un escalón arriba de los sistemas de AC (carbono, nitrógeno, PMN, propiedades físicas).
- ✓ Cuanto más alto es el nivel de Carbono del suelo precisamos más productividad e intensidad de cultivos (es más exigente).

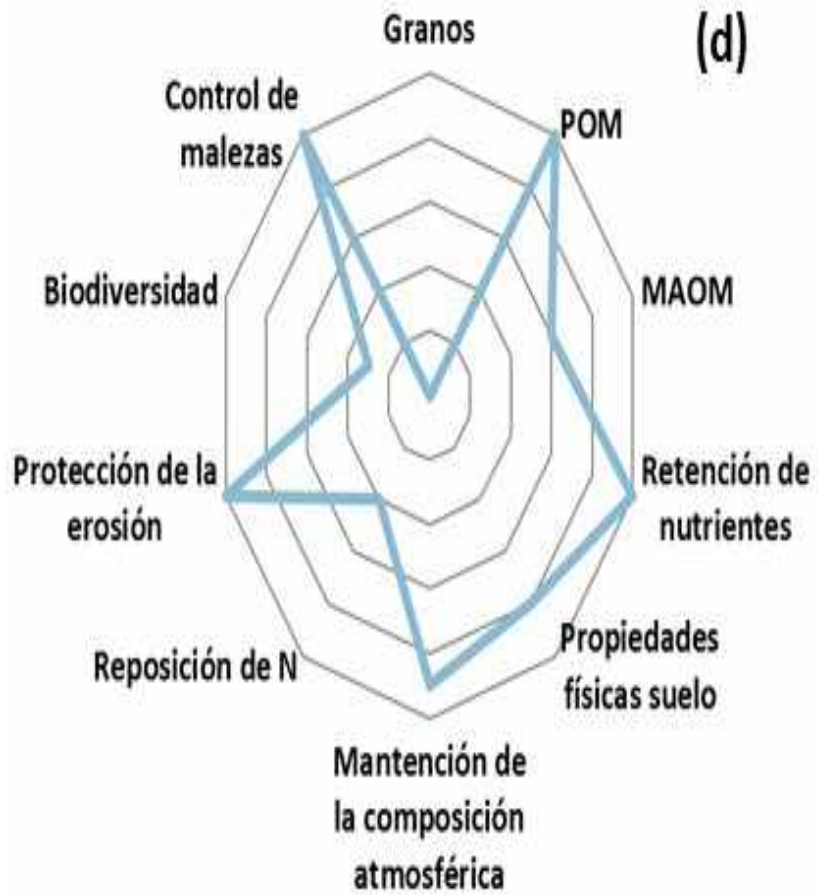


Vamos a repasar algunos datos
experimentales..... inclusión de cultivos
de servicio.

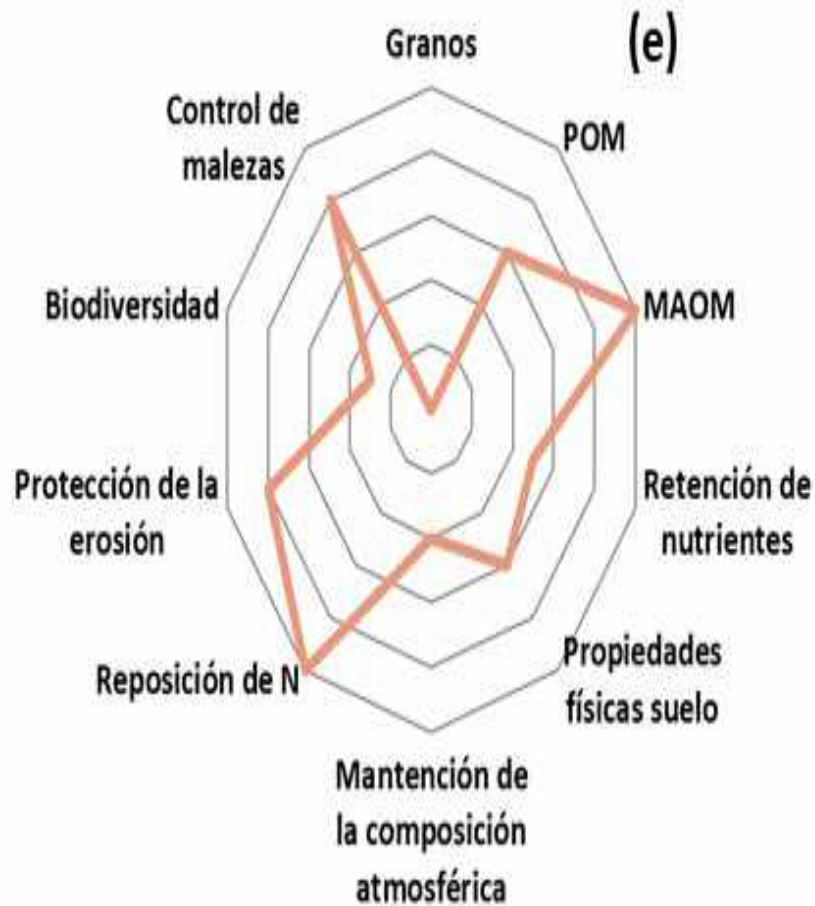
Cultivos de Servicios



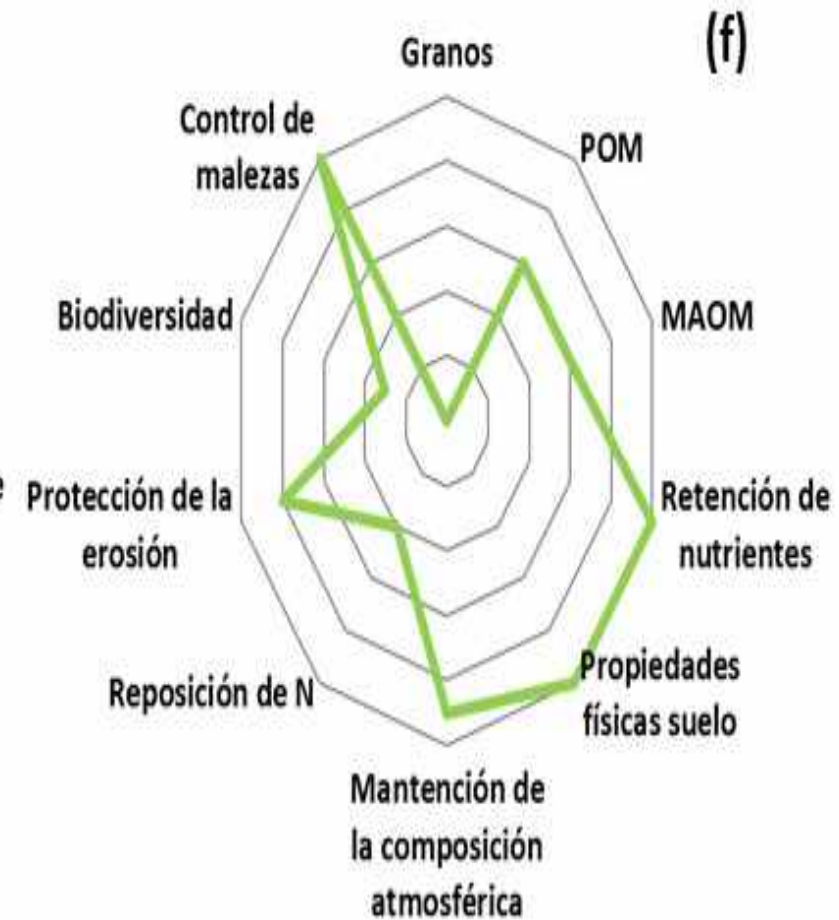
Gramíneas



Leguminosas



Crucíferas



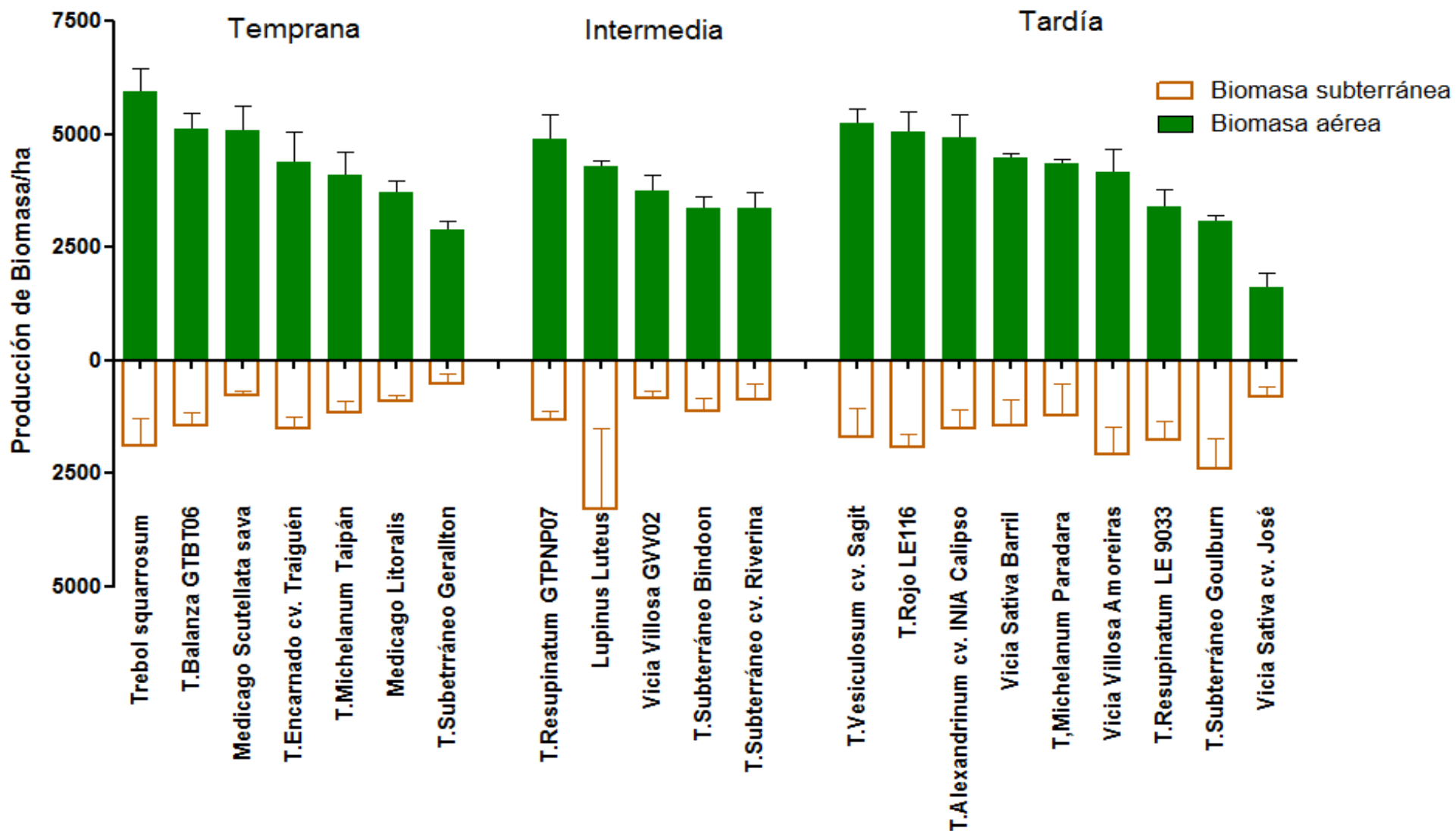


Algunos servicios: Entradas de Nitrógeno al Sistema



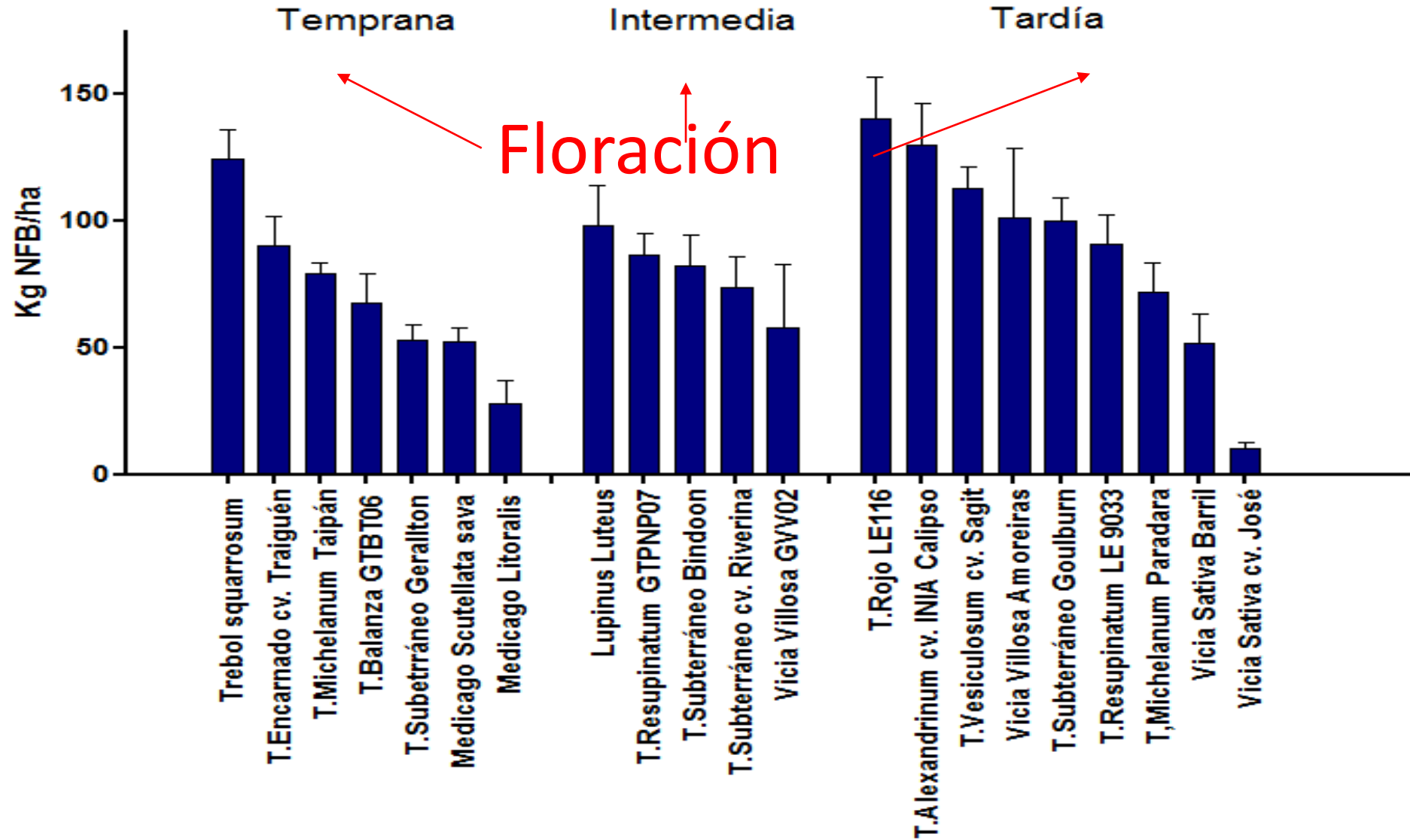
Producción de biomasa aérea y subterránea de leguminosas anuales (INIA LE)

P. Pinto et al. (2020)



Aportes por FBN en leguminosas anuales (INIA LE)

P.Pinto et al (2020)

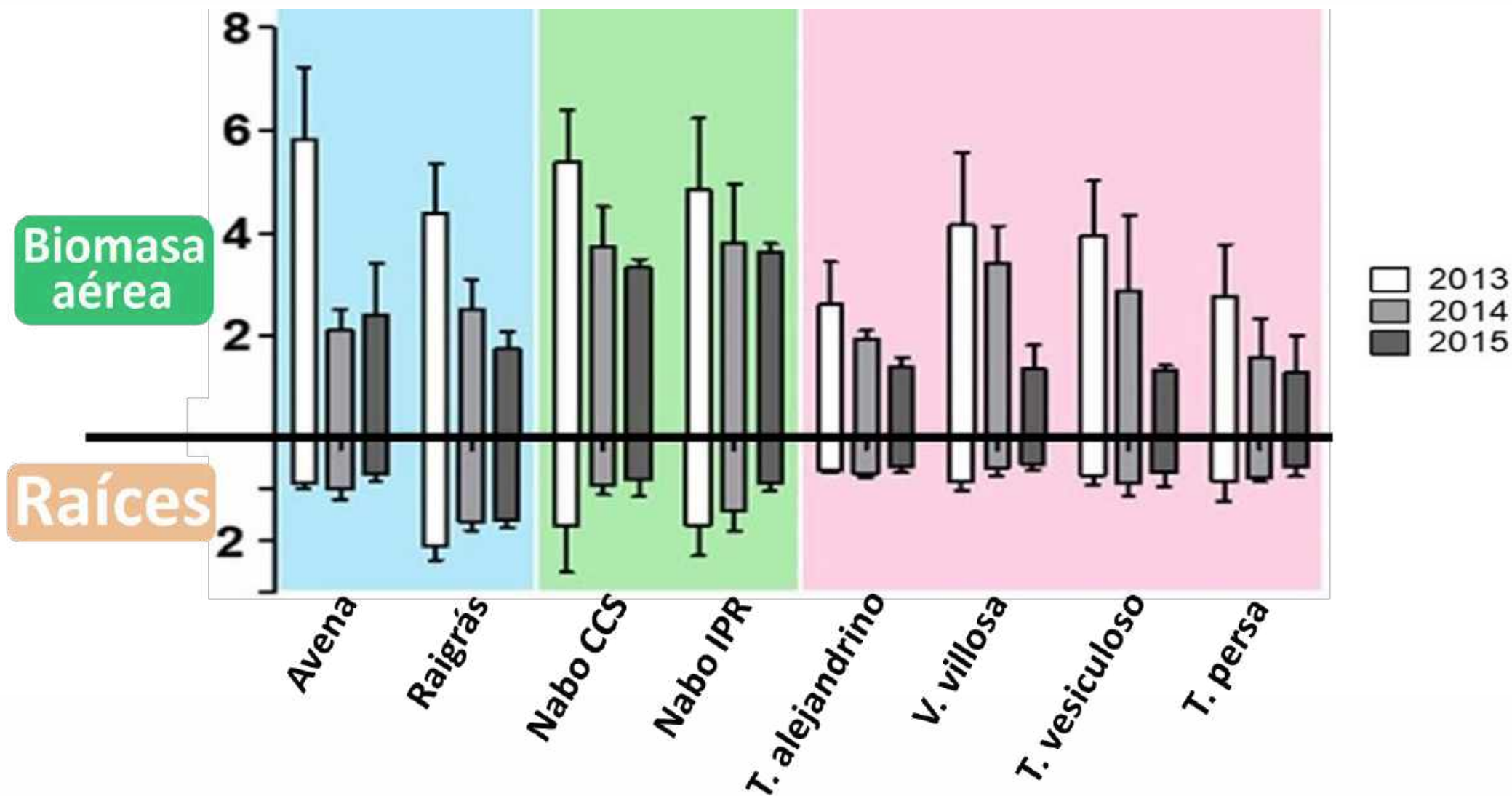




Algunos servicios: Entradas de Carbono y mejora de propiedades físicas

Experimentos 2012- INIA LE, INIA Treinta y Tres







¿Qué sucede en el mediano plazo?



Experimento INIA LE (2004-) Cultivos de cobertura en secuencia Soja – Soja 2 momentos de supresión





Variables de suelo bajo diferentes CS – INIA LE

CC	COS		N Total		PMN	
	----g kg ⁻¹ ----		----g kg ⁻¹ ----		----mg kg ⁻¹ ----	
	0-7.5 cm	7.5-15 cm	0-7.5 cm	7.5-15 cm	0-7.5 cm	7.5-15 cm
Avena	34.6a	20.7a	3.07a	1.91a	80a	19a
Raigrás	34.0a	20.7a	2.93a	2.03a	69ab	17a
Testigo	29.2b	19.7a	2.63b	1.90a	40b	11b



Propiedades físicas bajo diferentes CS luego de 8 años – INIA LE

CC	Densidad aparente(g cm ⁻³)		Macroporos (%)	Tasa de infiltración (mm hr ⁻¹)
	0-7.5 cm	7.5 -15 cm		
Avena	1.00a	1.28a	14.5a	9.6a
Raigrás	0.99a	1.25a	13.8a	8.3a
Testigo	1.06a	1.28a	11.1b	1.5b



Algunas reflexiones

- ✓ Los sistemas actuales de agricultura continua poseen balances de C y N que en muchos casos no son neutros (negativos).
- ✓ A esto se suma el efecto de la degradación producto de la intensidad de uso y la productividad.
- ✓ El análisis de la Base de Datos FUCREA ha permitido identificar manejos agronómicos consistentes con los datos experimentales que permiten acortar la brecha entre productores.
- ✓ La inclusión de pasturas anuales, cortas o largas tiene un impacto positivo en aspectos como la dinámica de N, C, propiedades físicas.
- ✓ Aún en sistemas mixtos, la fase agrícola debe ser productiva, de alta frecuencia de ingreso de residuos.
- ✓ La herramienta de análisis de sostenibilidad desarrollada por FUCREA es un excelente indicador de cómo se está moviendo el sistema.