

# 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:

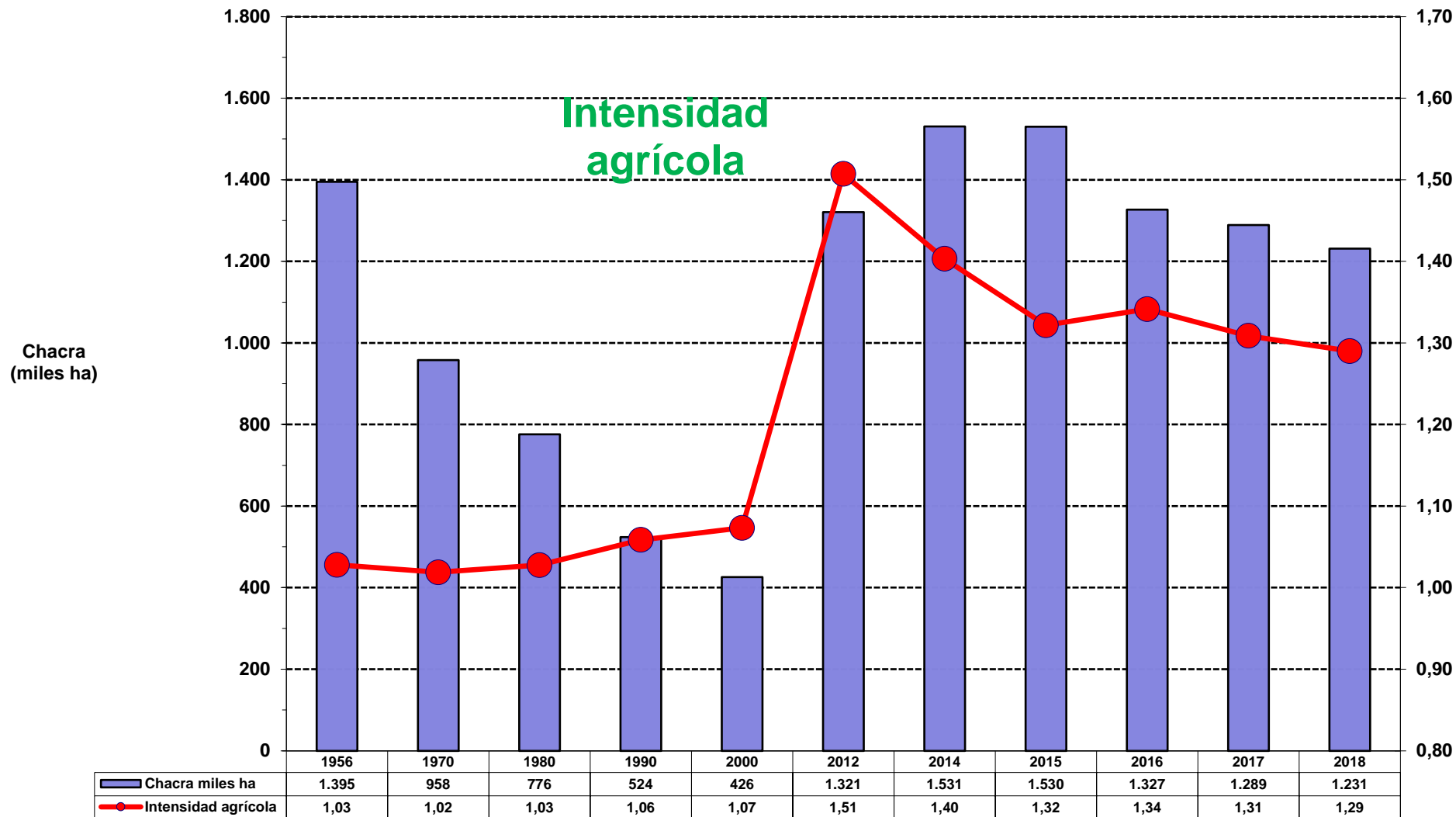
- ✓ Repasar conceptos y herramientas para mejorar el diseño de los sistemas agrícolas.



# 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?

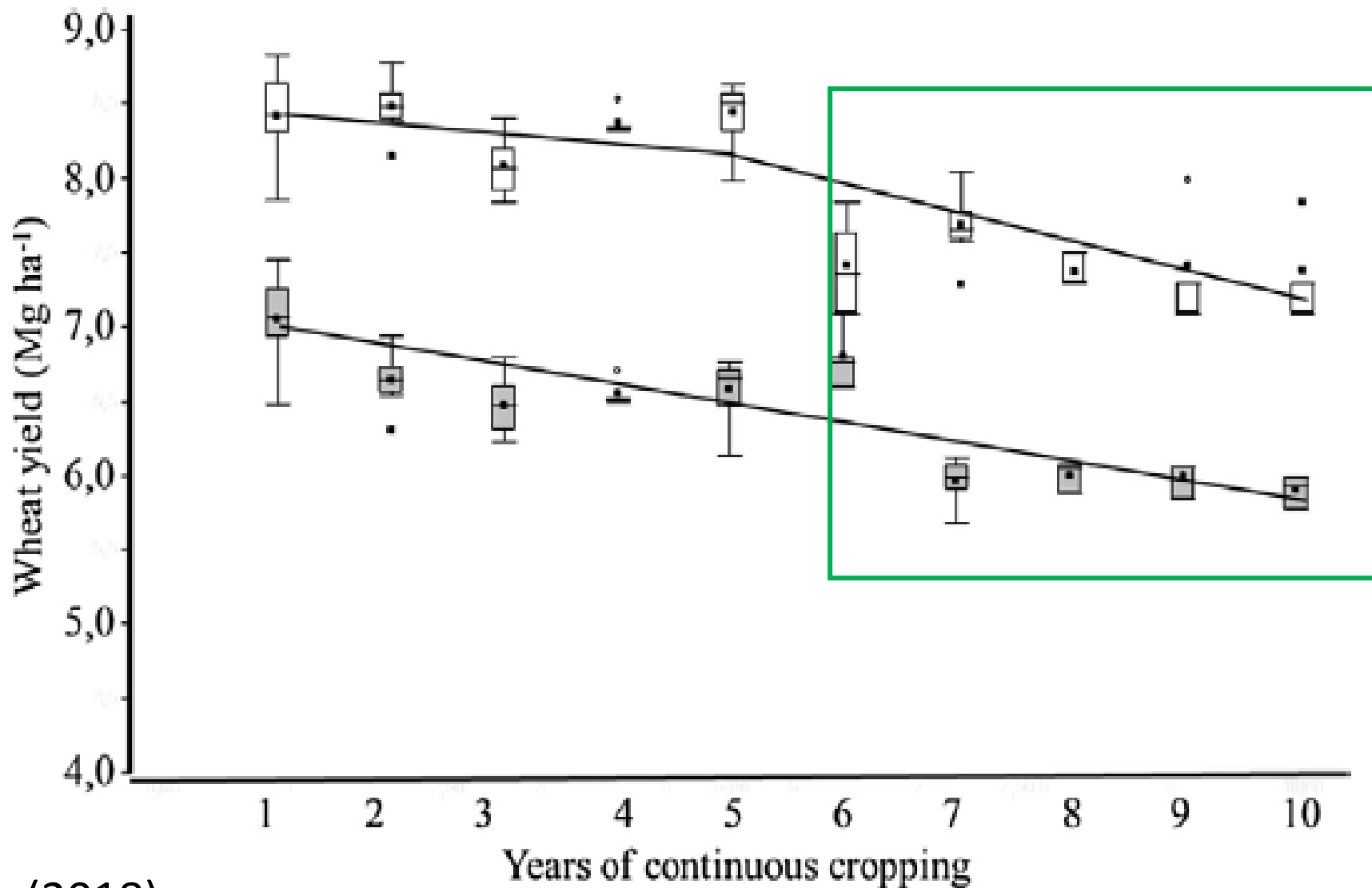


- Si bien es una pregunta muy general:
  - ✓ Menor oferta de N del suelo (aumentan las necesidades de fertilizante N).
  - ✓ Las salidas de Carbono son mayores que las entradas (Balance -).
  - ✓ C y N son esenciales para la formación de materia orgánica.
  - ✓ Pérdida de calidad física del suelo.
  - ✓ 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)

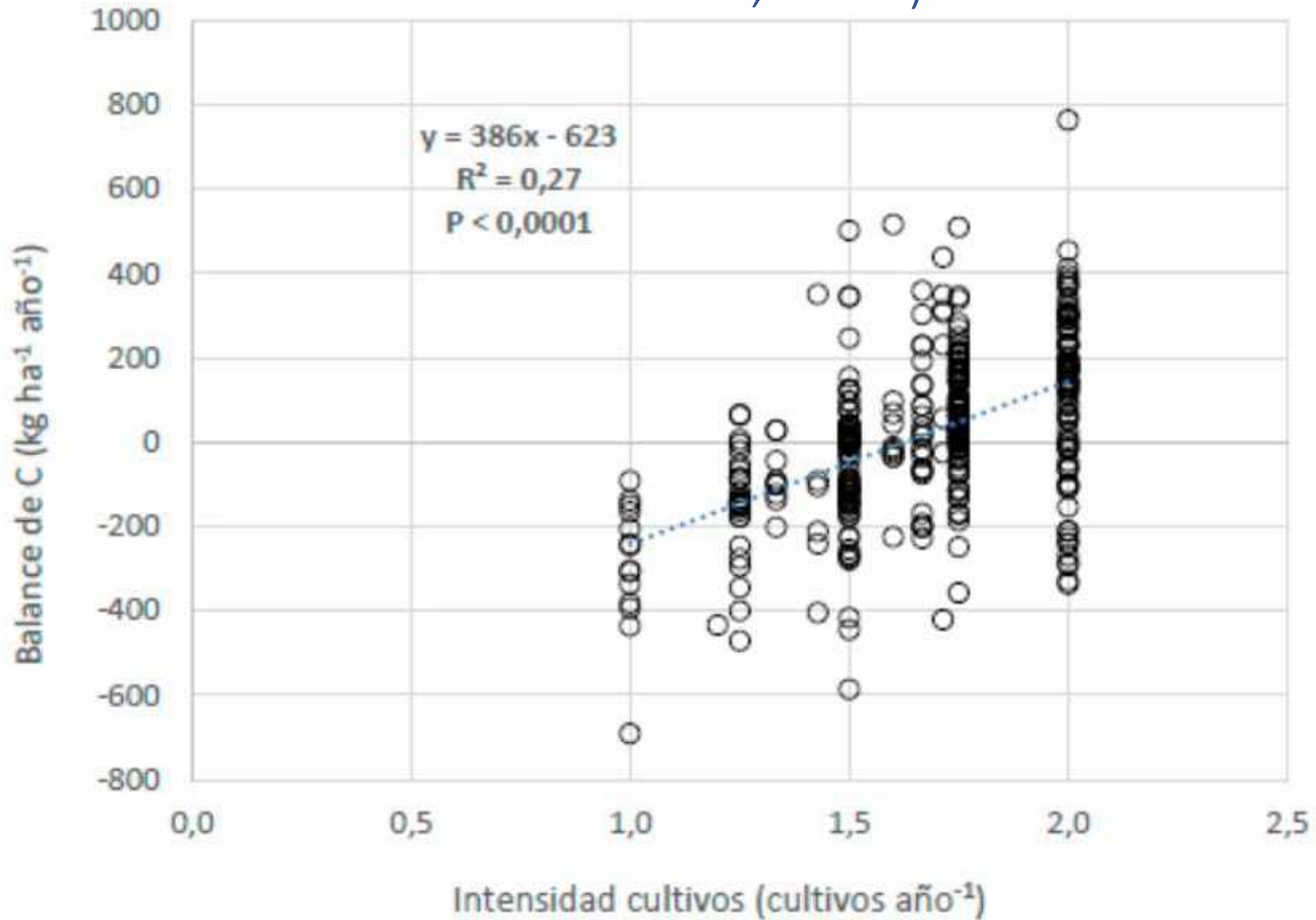


## Principales hallazgos (Ernst et al., 2016, 2018)

- ✓ 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) $\text{kg ha}^{-1}$
Monocultivo SOJA	Soja	7350
SOJA – Avena Cobertura	Soja Avena	2970 4500 kg MS
Trigo / Soja 2 <sup>a</sup>	Trigo	3900
	Soja	2760
T/S – Maíz 1 <sup>a</sup>	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.





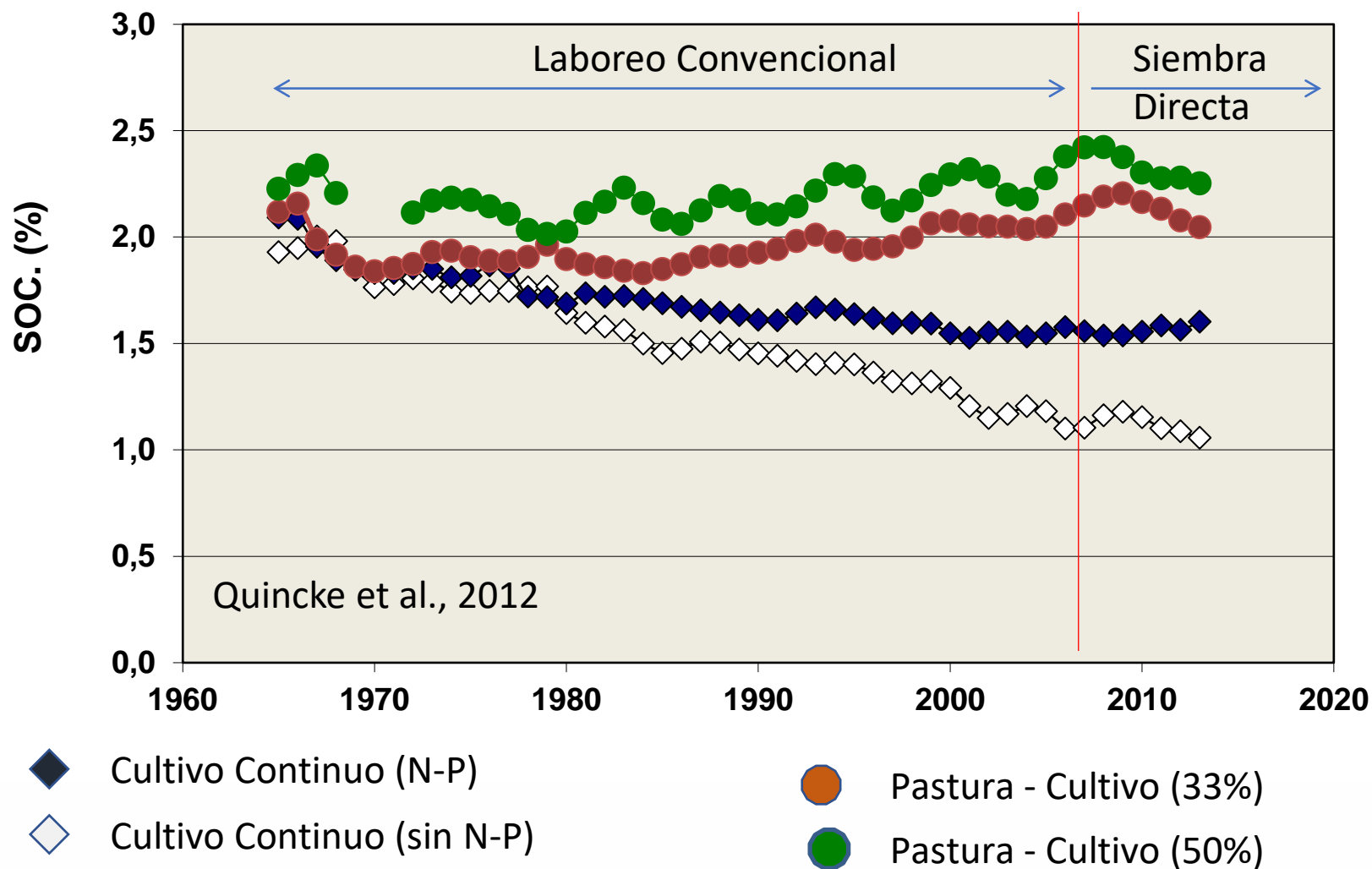
Vamos a repasar algunos datos  
experimentales..... inclusión de  
pasturas en sistemas agrícolas.

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



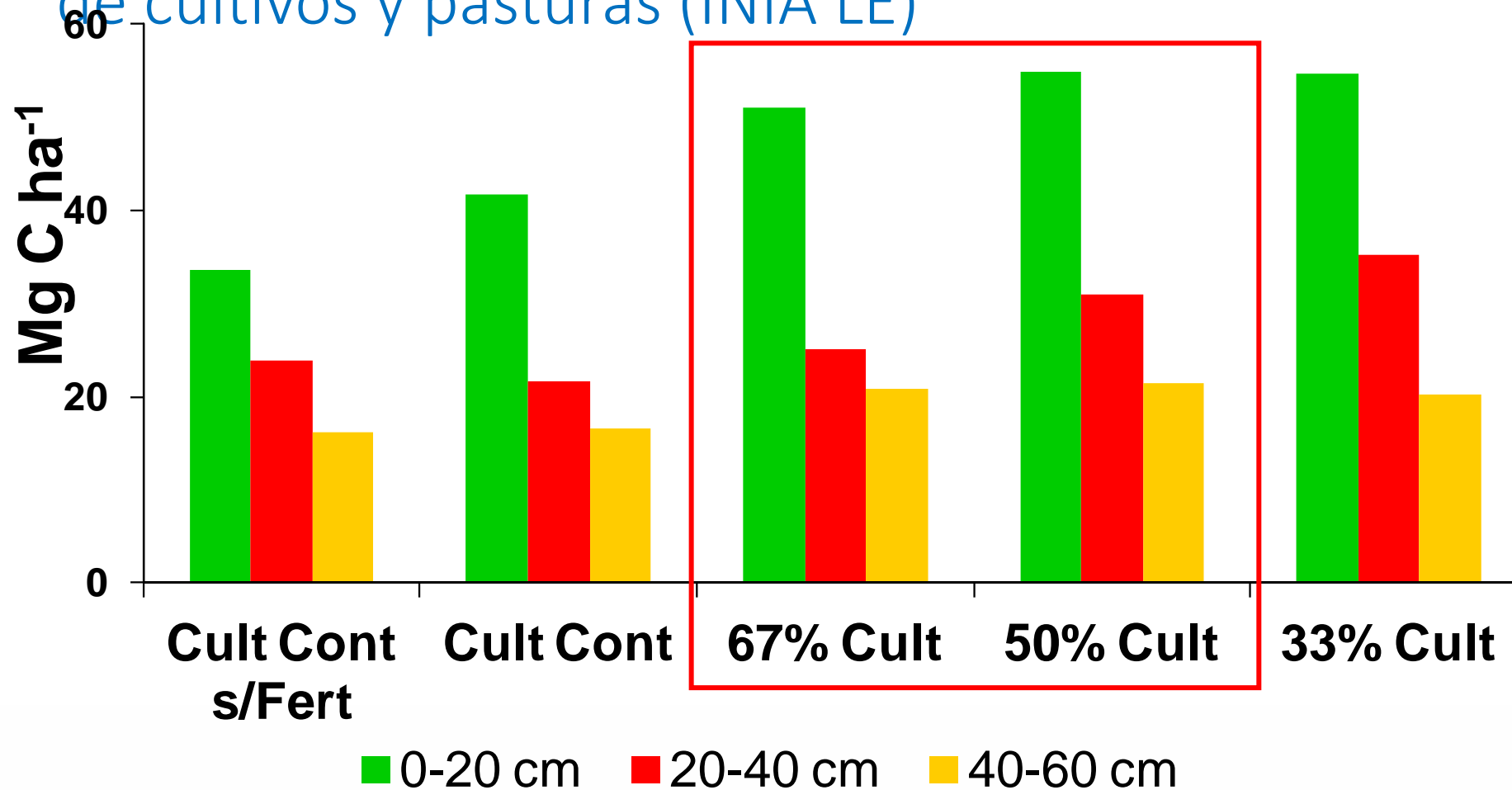


## El impacto de la Pastura en el C Org del suelo fue proporcional a a su tiempo en la rotación





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



# Experimento de Largo Plazo en Sistemas Ganadero Intensivo-Agrícola

## Rotaciones Ganaderas-Agrícolas

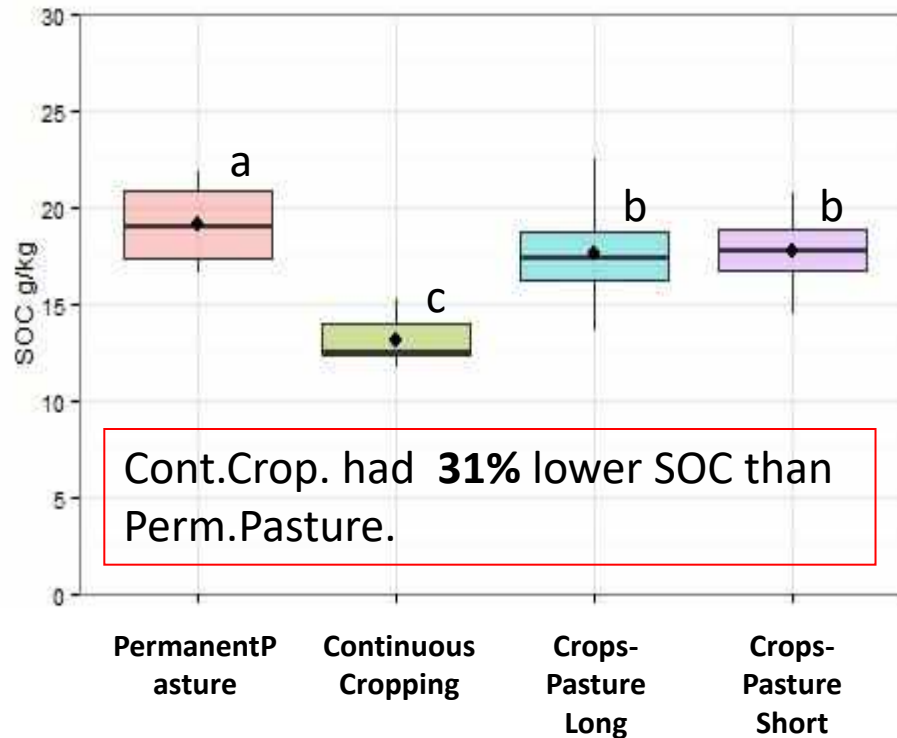


**Estación Experimental Treinta y Tres  
Unidad Exp Palo a Pique (UEPP)**

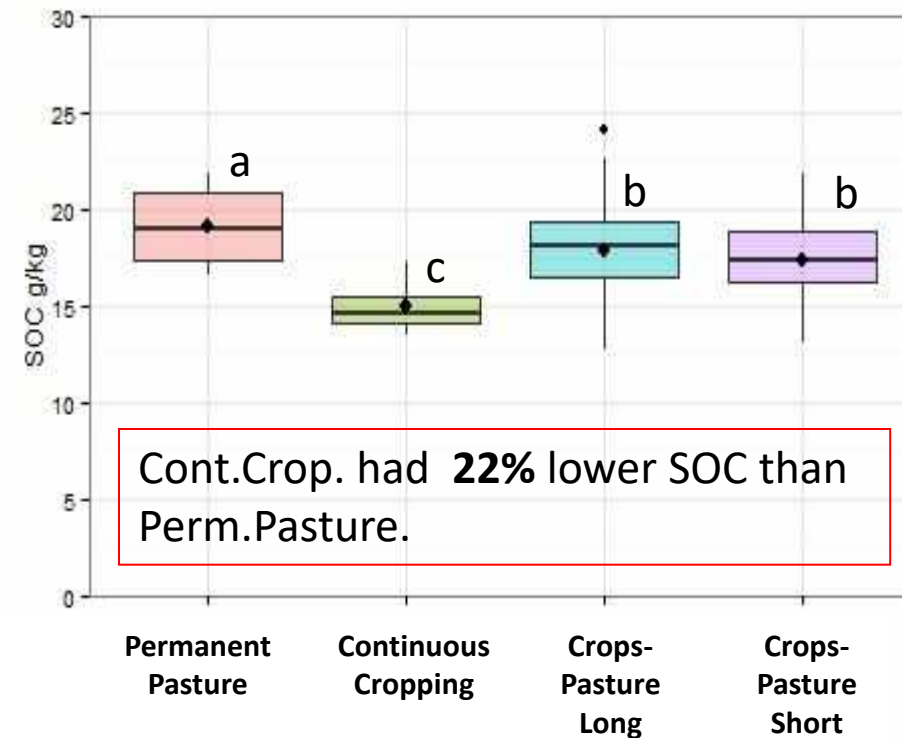
# Impacto de la Intensidad del Uso del Suelo en COS (0-15 cm) en Rotaciones para Cultivos de grano y Cultivos de Forraje (20 años)



### Cultivos para forraje



### Cultivos para grano



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).





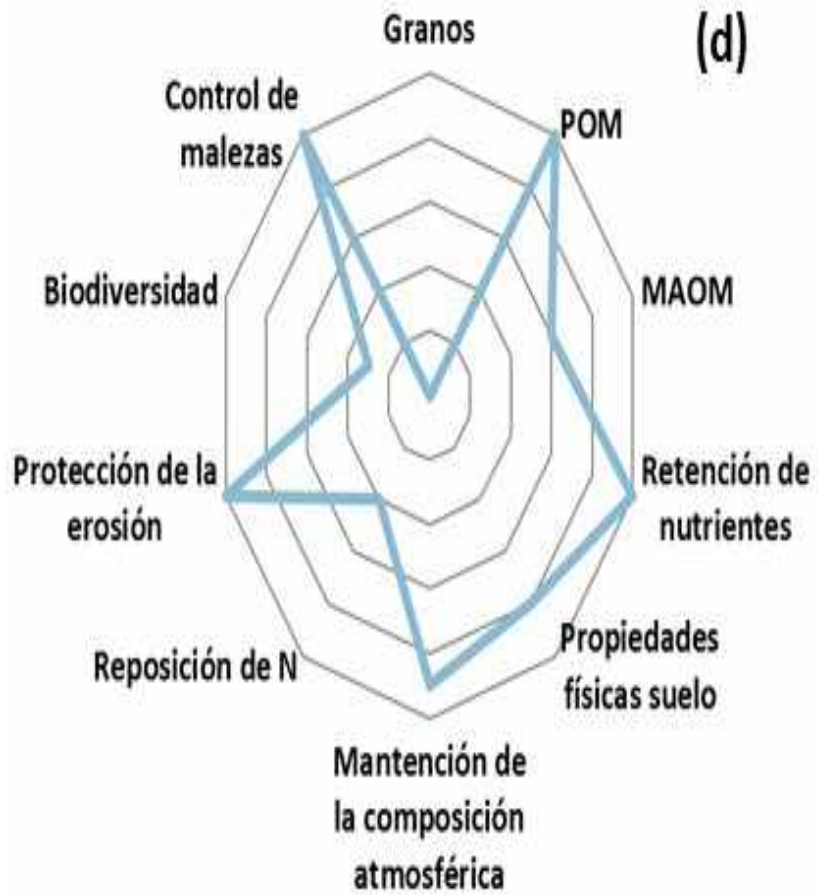
Vamos a repasar algunos datos  
experimentales..... inclusión de cultivos  
de servicio.



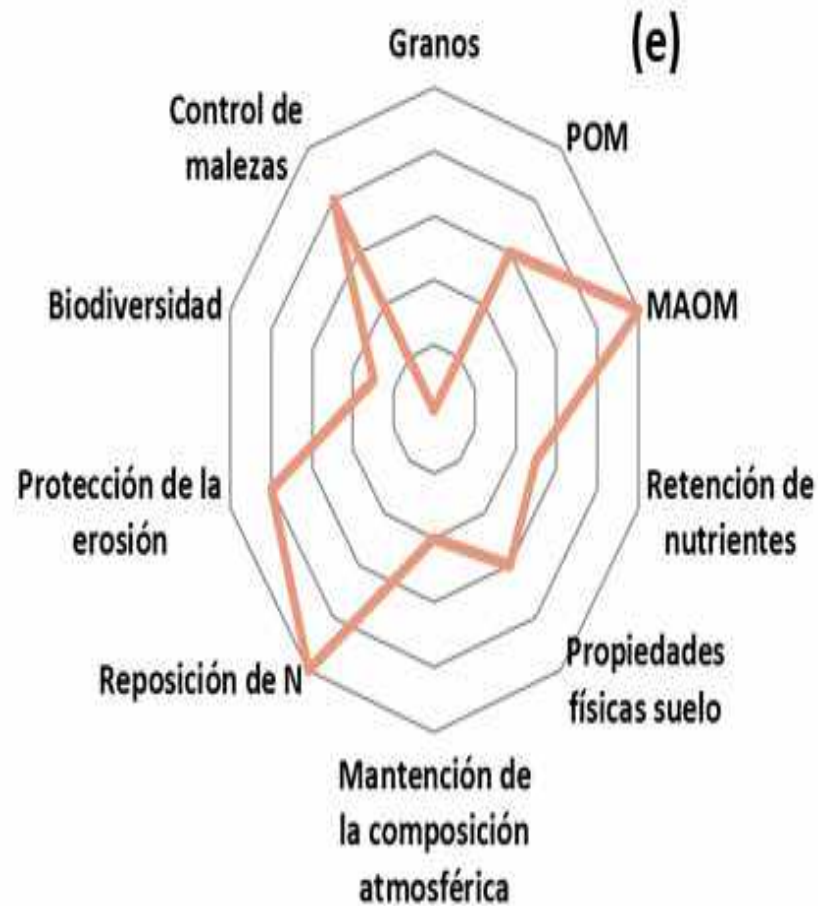
# Cultivos de Servicios



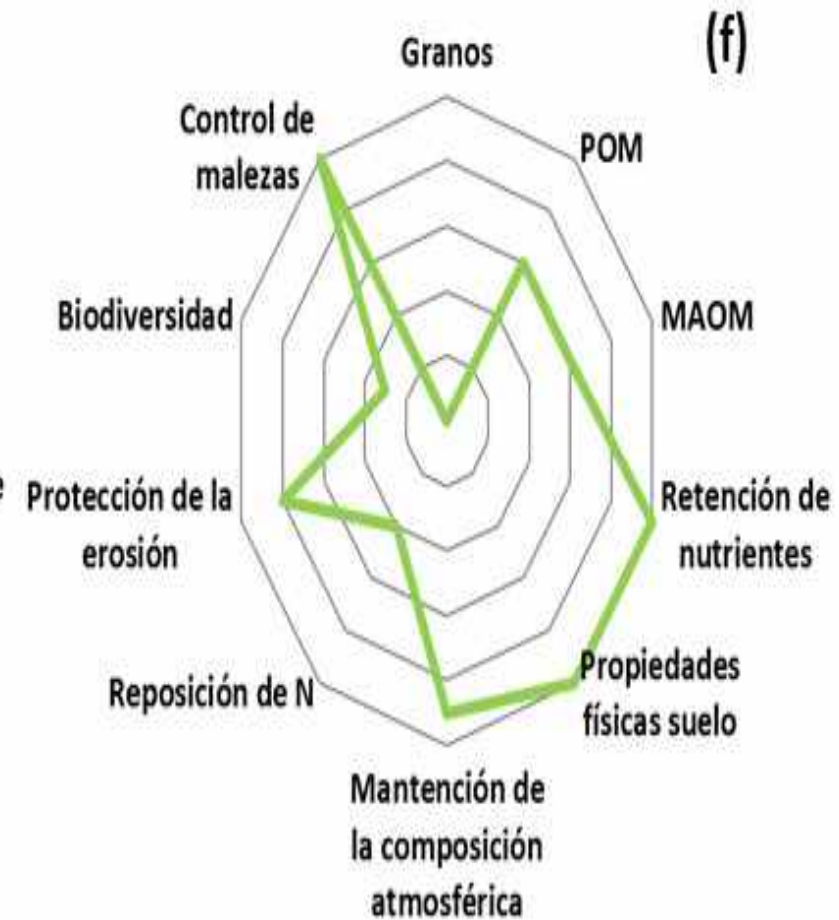
## Gramíneas



## Leguminosas



## Crucíferas



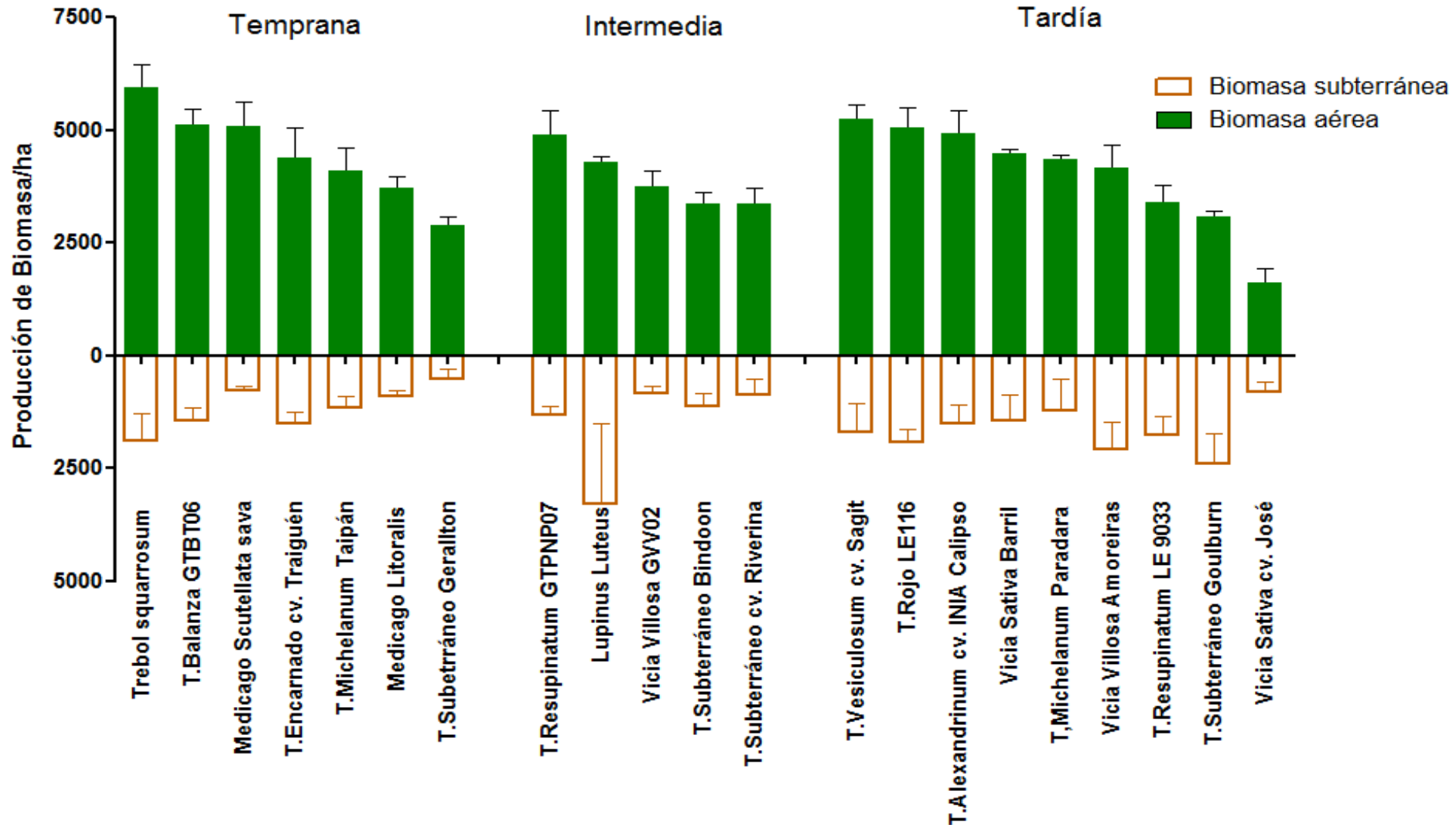


# Algunos servicios: Entradas de Nitrógeno al Sistema



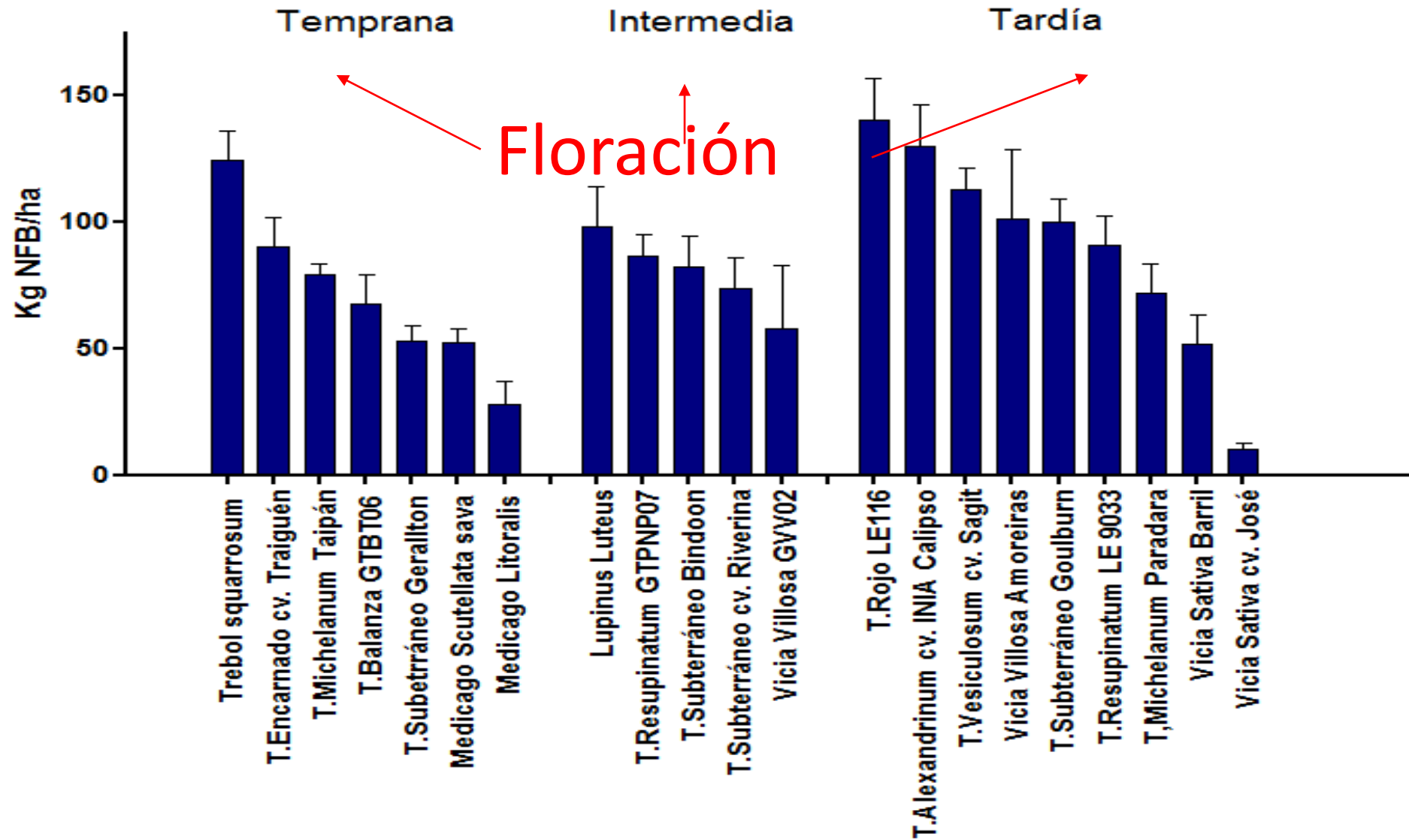
# Producción de biomasa aérea y subterránea de leguminosas anuales (INIA LE)

*P. Pinto et al. (2020)*



# Aportes por FBN en leguminosas anuales (INIA LE)

P.Pinto et al (2020)



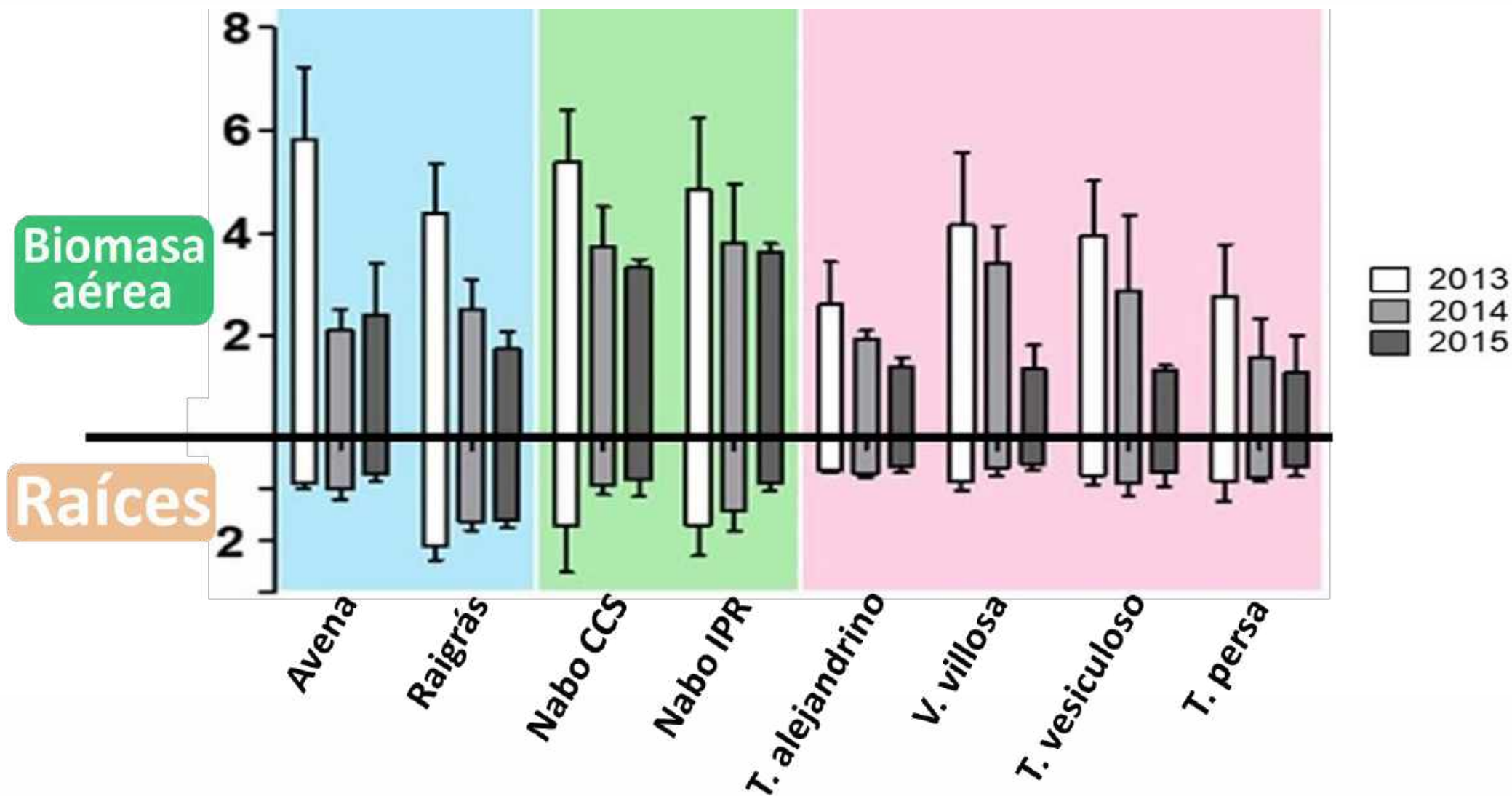


# Algunos servicios: Entradas de Carbono y mejora de propiedades físicas



# 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 <sup>-1</sup> ----		----g kg <sup>-1</sup> ----		----mg kg <sup>-1</sup> ----	
	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	<b>34.6a</b>	<b>20.7a</b>	<b>3.07a</b>	<b>1.91a</b>	<b>80a</b>	<b>19a</b>
Raigrás	<b>34.0a</b>	<b>20.7a</b>	<b>2.93a</b>	<b>2.03a</b>	<b>69ab</b>	<b>17a</b>
Testigo	<b>29.2b</b>	<b>19.7a</b>	<b>2.63b</b>	<b>1.90a</b>	<b>40b</b>	<b>11b</b>



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

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



# 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.