



# Estrategias para el diseño de sistemas agrícola-ganaderos sostenibles

Ing. Agr. Santiago Alvarez  
santiagoalvarez@fagro.edu.uy  
Lic. Luciano Dabalá  
ldabala@ibipora.com.uy

Rocha, 7 de junio de 2023



CULTIVOS  
DE SERVICIO

Diversidad planificada para construir  
sistemas sostenibles

Ing. Agr. Santiago Alvarez  
santiagoalvarez@fagro.edu.uy

# Contenido

1. Principios fundamentales de la agricultura sostenible;
2. Los principios en la práctica: resultados en experimentos y en chacras de productores;
3. La tecnología de la siembra directa para una agricultura sustentable
4. Conclusiones.





# Principios fundamentales de una agricultura sostenible

**El concepto de agricultura sostenible propone “diseñar agroecosistemas con múltiples funciones que, por ser sostenidos por la naturaleza, son sostenibles en su naturaleza”.**

**Tittonell, 2014**

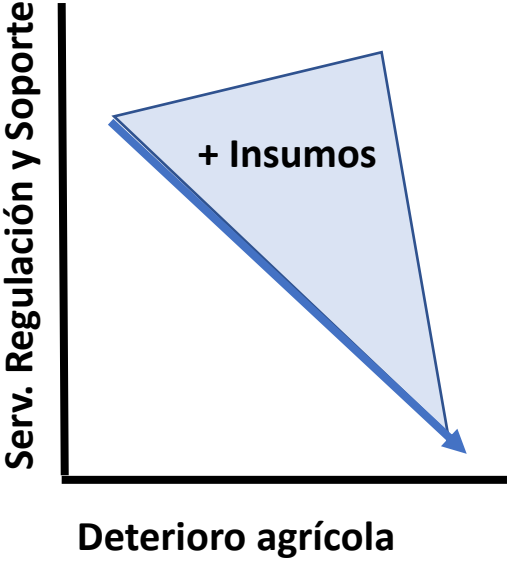




# Principios fundamentales de una agricultura sostenible

## El concepto de "SERVICIO ECOSISTÉMICO"

¿Sabemos todo lo que producimos?



Pero... también producimos otros servicios ecosistémicos



# Principios fundamentales de una agricultura sostenible

Pensar la rotación en función de la necesidad del sistema

Mínimo  
disturbio de  
suelo

Alta  
diversificación  
de especies

Cobertura  
permanente

CONTROL DE  
MALEZAS

APORTE DE  
NUTRIENTES

CONTROL DE  
EROSIÓN

CONTROL DE  
PLAGAS

APORTE DE  
MATERIA  
ORGÁNICA

CONTROL DE  
ENFERMEDADES



[www.ausid.com.uy](http://www.ausid.com.uy)



@ausid\_uy

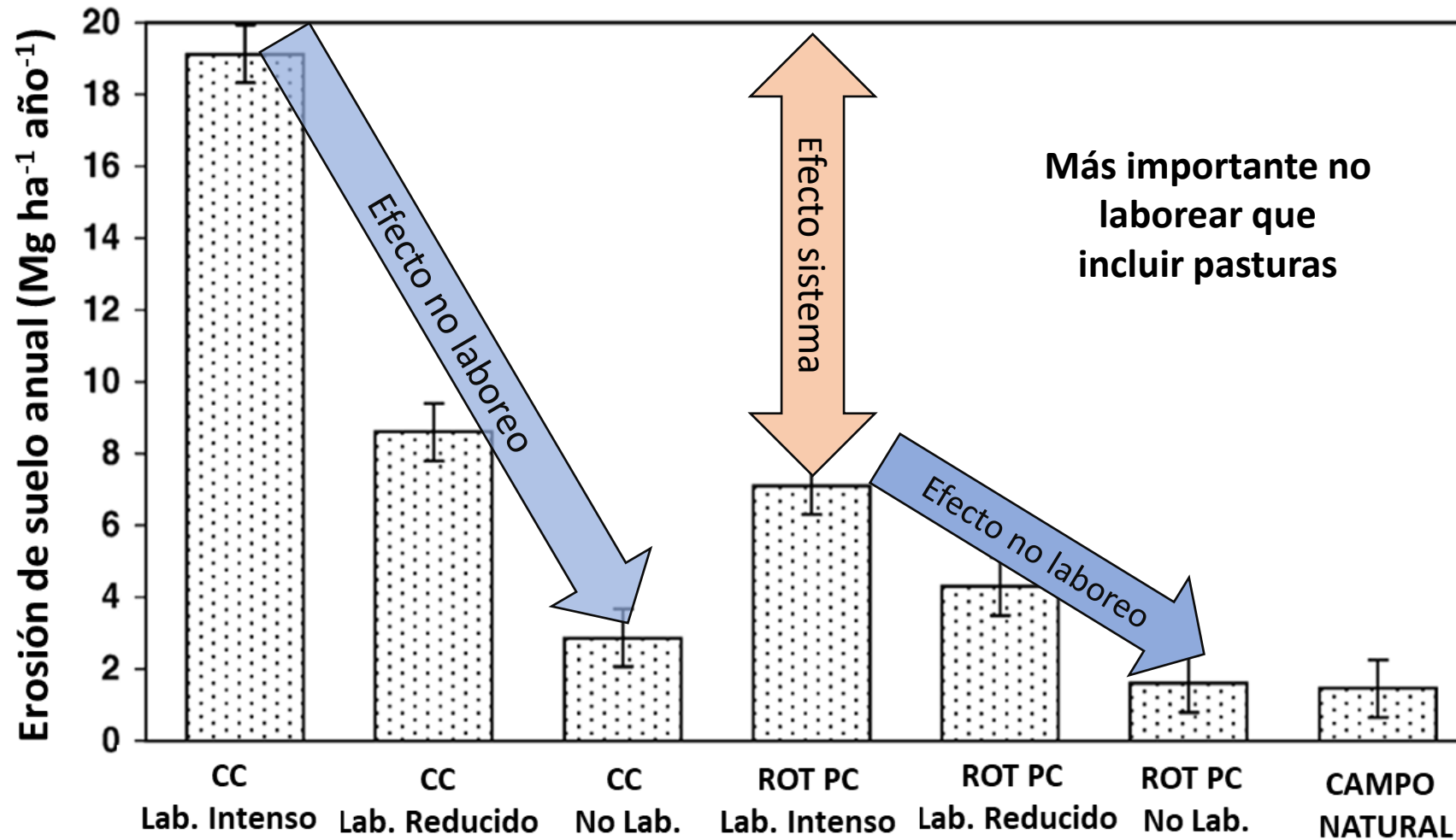


@ausid\_uy



# Los principios en la práctica

Para el control de la erosión



- 1) Mejora estructura del suelo:
  - a. Menos suelo desagregado;
- 2) Aumenta cobertura del suelo;
  - a. Menos material expuesto;



Menos agua que escurre

Más agua que infiltra

García Prechac et al., 2004



[www.ausid.com.uy](http://www.ausid.com.uy)



@ausid\_uy

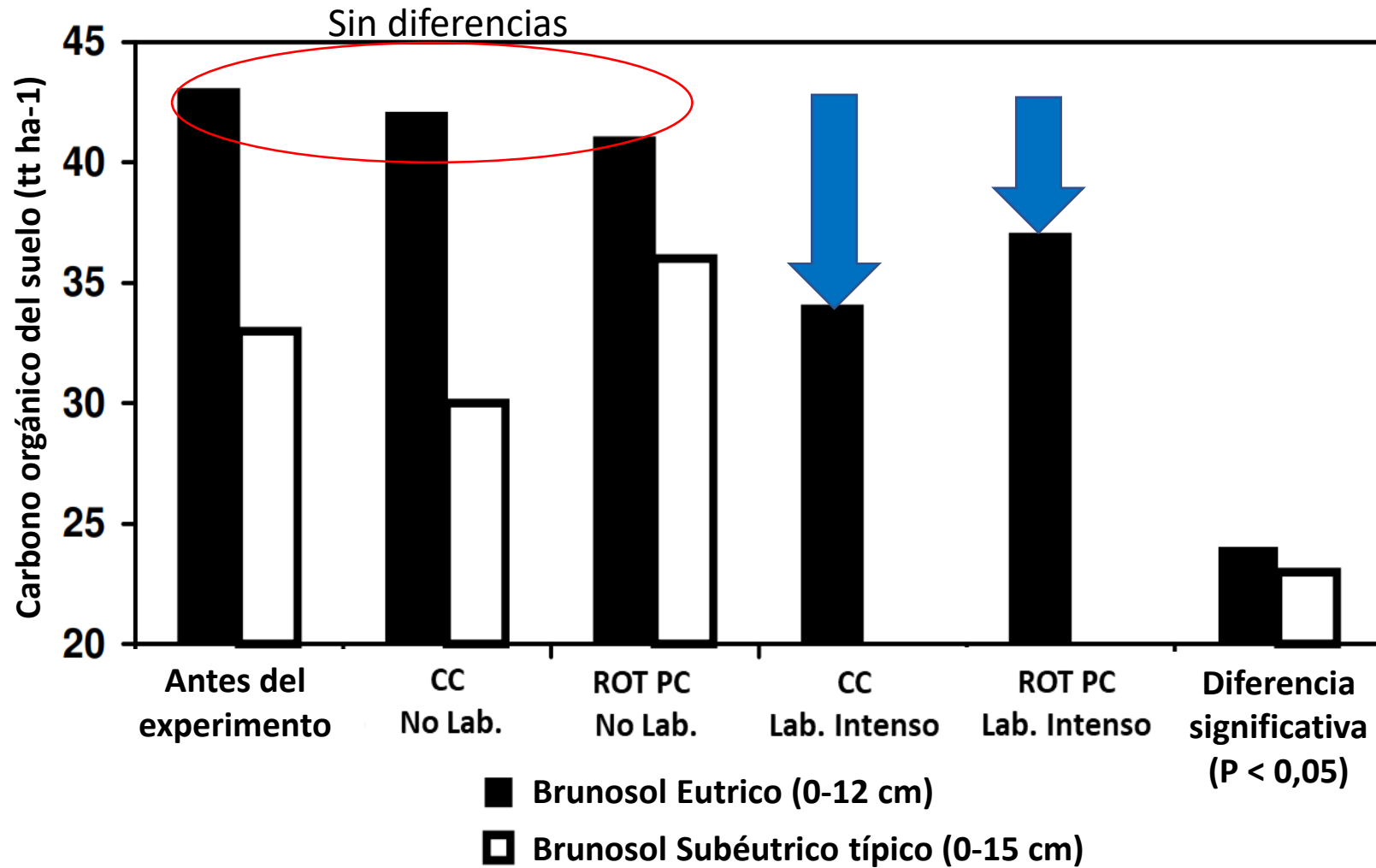


@ausid\_uy



# Los principios en la práctica

Para evitar pérdida de materia orgánica



## Laboreo

Aumentan salidas del sistema:

- 1) Erosión del suelo;
- 2) Oxidación de la materia orgánica.

## Sin pasturas

Disminuyen entradas al sistema:

- 1) Menos aportes de biomasa



Pérdida de fertilidad y  
condición física del suelo

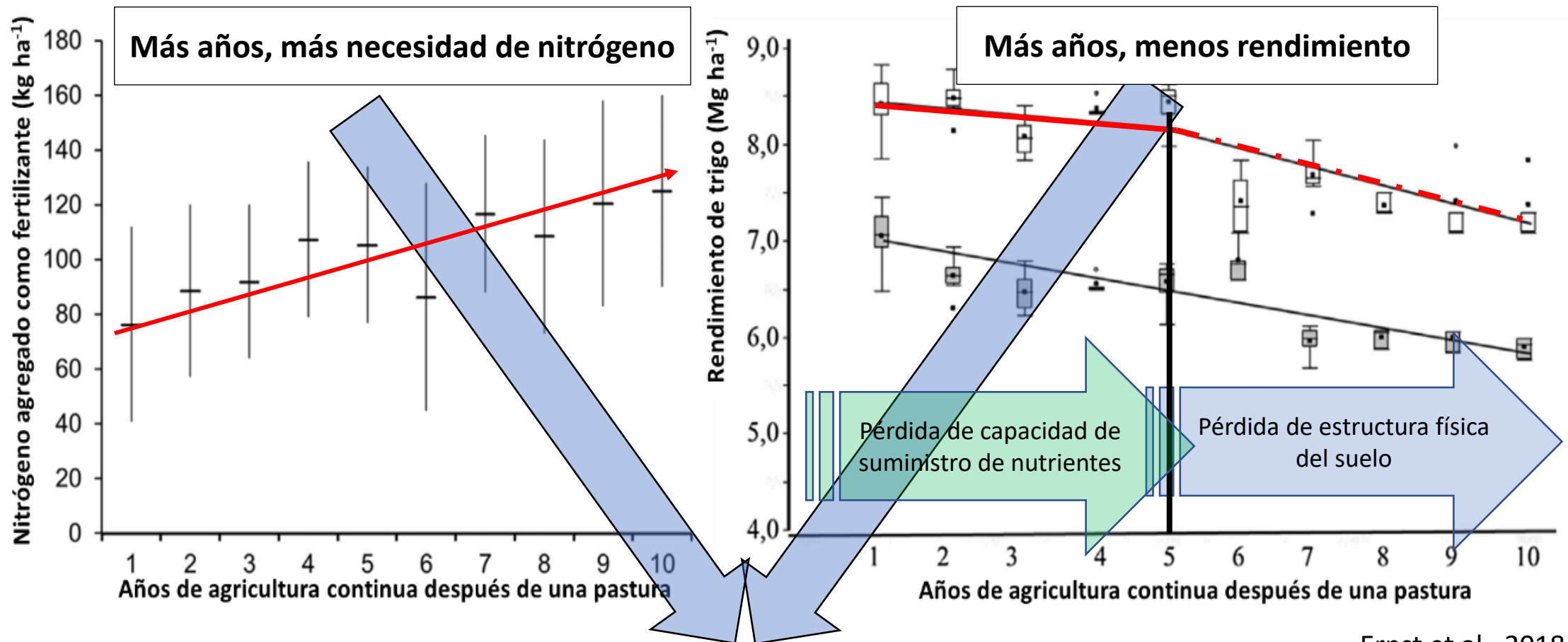
García Prechac et al., 2004





# Los principios en la práctica

## La agricultura del litoral a comienzos del siglo 20



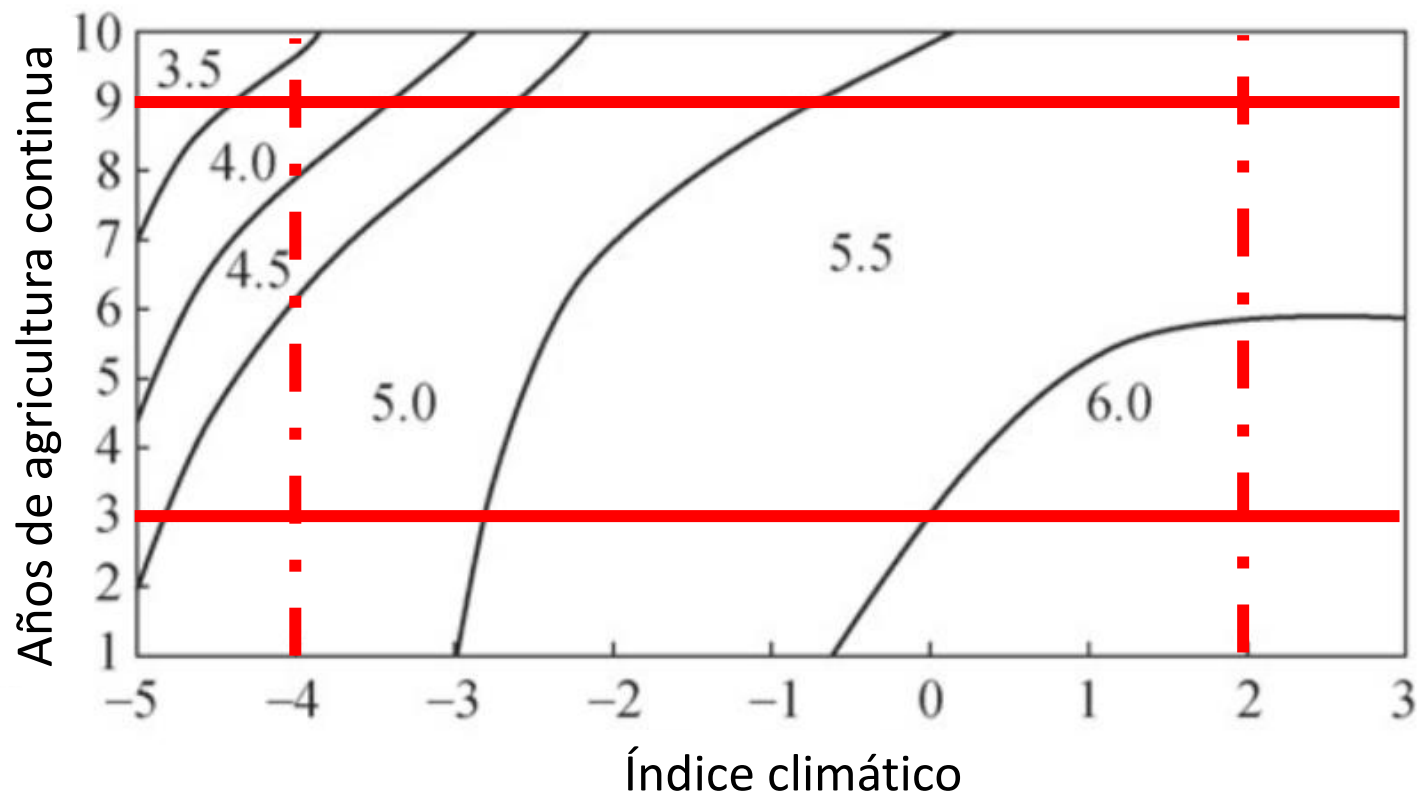
Ernst et al., 2018

- Pérdida económica
- Impacto ambiental negativo

**Disminuye eficiencia de uso de nitrógeno**

# Los principios en la práctica

## Resiliencia a un clima adverso



Años de agricultura continua post pastura



La variabilidad del rendimiento entre años



La susceptibilidad a años adversos



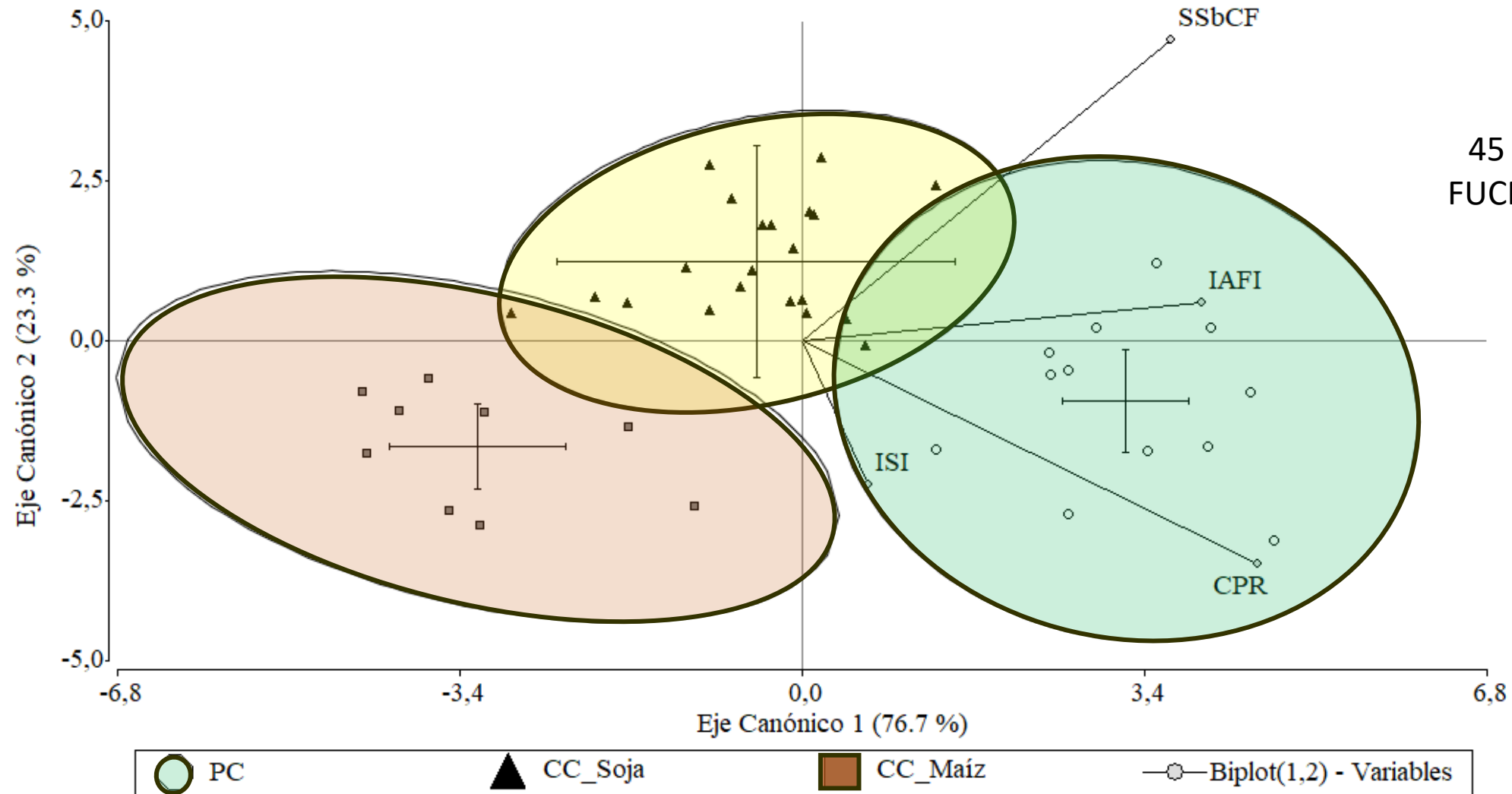
Rendimiento de medio de trigo

Ernst et al., 2018

**Agricultura continua en base a monocultivos de soja**

# Los principios en la práctica

## Situación actual de los sistemas agrícolas de litoral



Alvarez et al., 2022

[www.ausid.com.uy](http://www.ausid.com.uy)

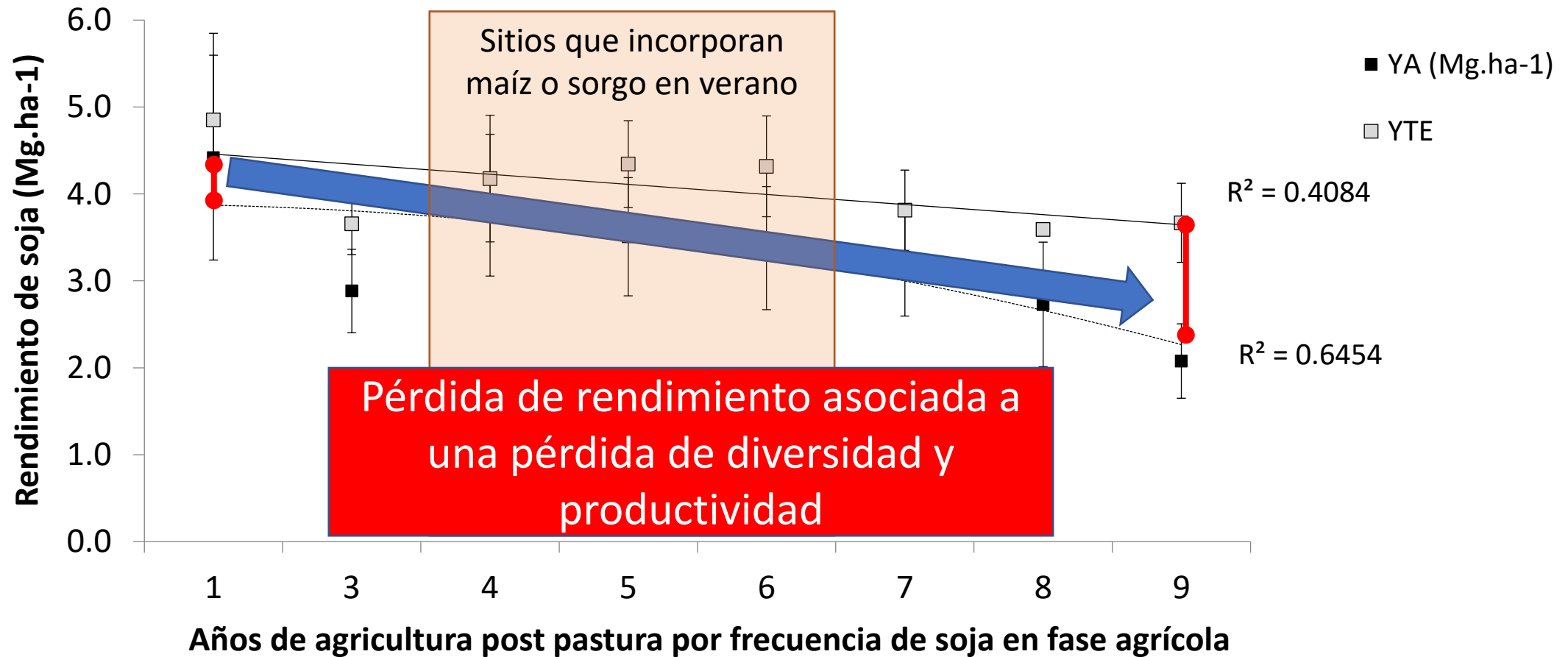
[@ausid\\_uy](https://twitter.com/ausid_uy)

[@ausid\\_uy](https://www.instagram.com/ausid_uy)



# Los principios en la práctica

## Situación actual de los sistemas agrícolas de litoral

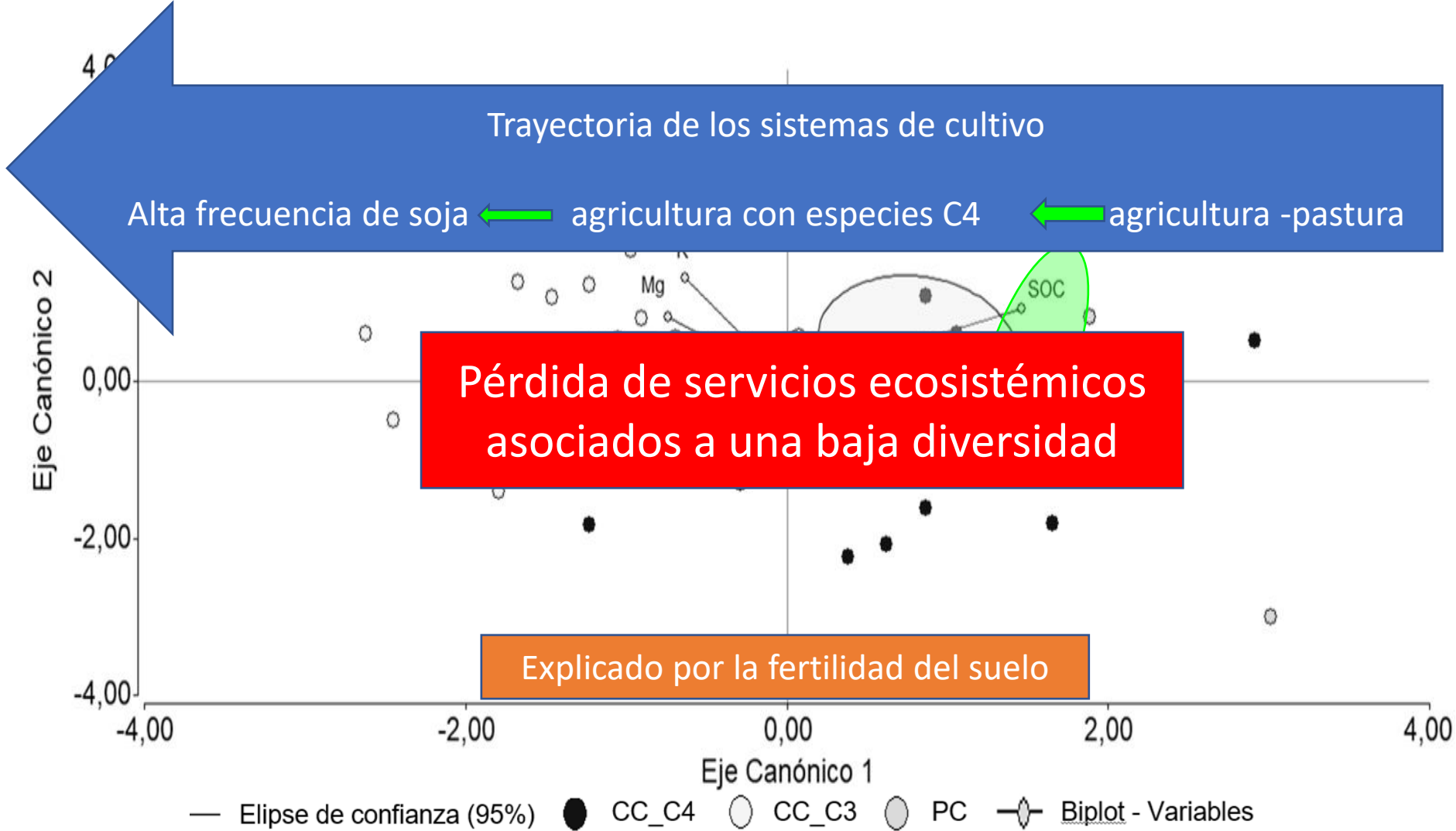


Alvarez et al., 2022



# Los principios en la práctica

## Situación actual de los sistemas agrícolas de litoral



65 sitios representativos de los SC identificados

Todos en siembra directa por al menos 10 años

Alta variabilidad en las propiedades de suelo medidas

# Los principios en la práctica

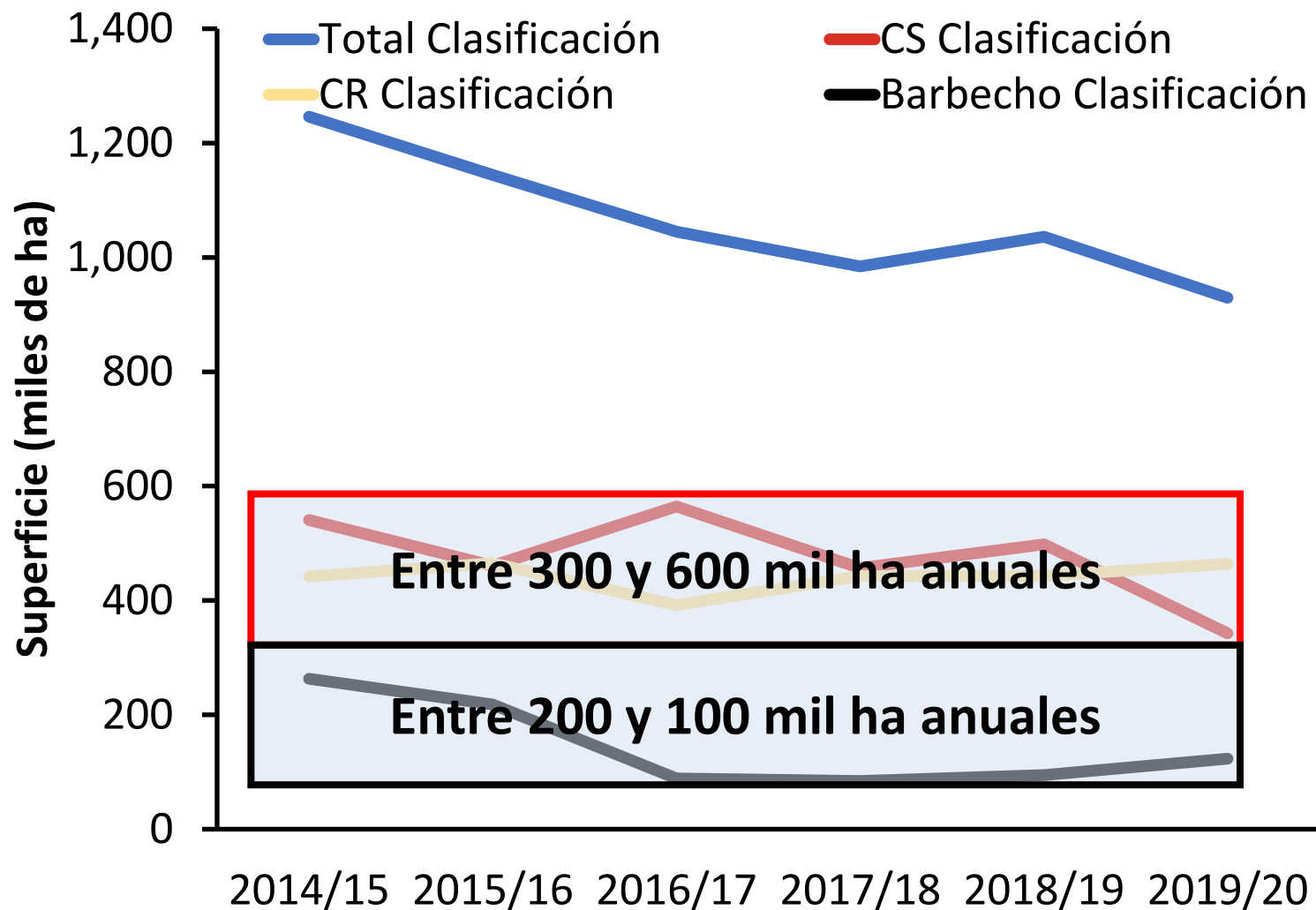
## Situación actual de los sistemas agrícolas de litoral



Alvarez et al., 2022

# Ventana de oportunidad para planificar la diversificación

## Situación actual de los sistemas agrícolas de litoral



¿TODA ESA ÁREA  
NECESITA EL MISMO  
SERVICIO?

¿O LAS NECESIDADES  
VAN A CAMBIAR EN  
FUNCIÓN DE  
AMBIENTE Y SISTEMA?

Ernst et al., 2022

Zafra agrícola

# Los principios en la práctica

Pensar los cultivos de servicio en función de la necesidad del sistema

CONTROL DE  
MALEZAS

CONTROL DE  
EROSIÓN

APORTE DE  
MATERIA  
ORGÁNICA

APORTE DE  
NUTRIENTES

CONTROL DE  
PLAGAS

CONTROL DE  
ENFERMEDADES



[www.ausid.com.uy](http://www.ausid.com.uy)



@ausid\_uy



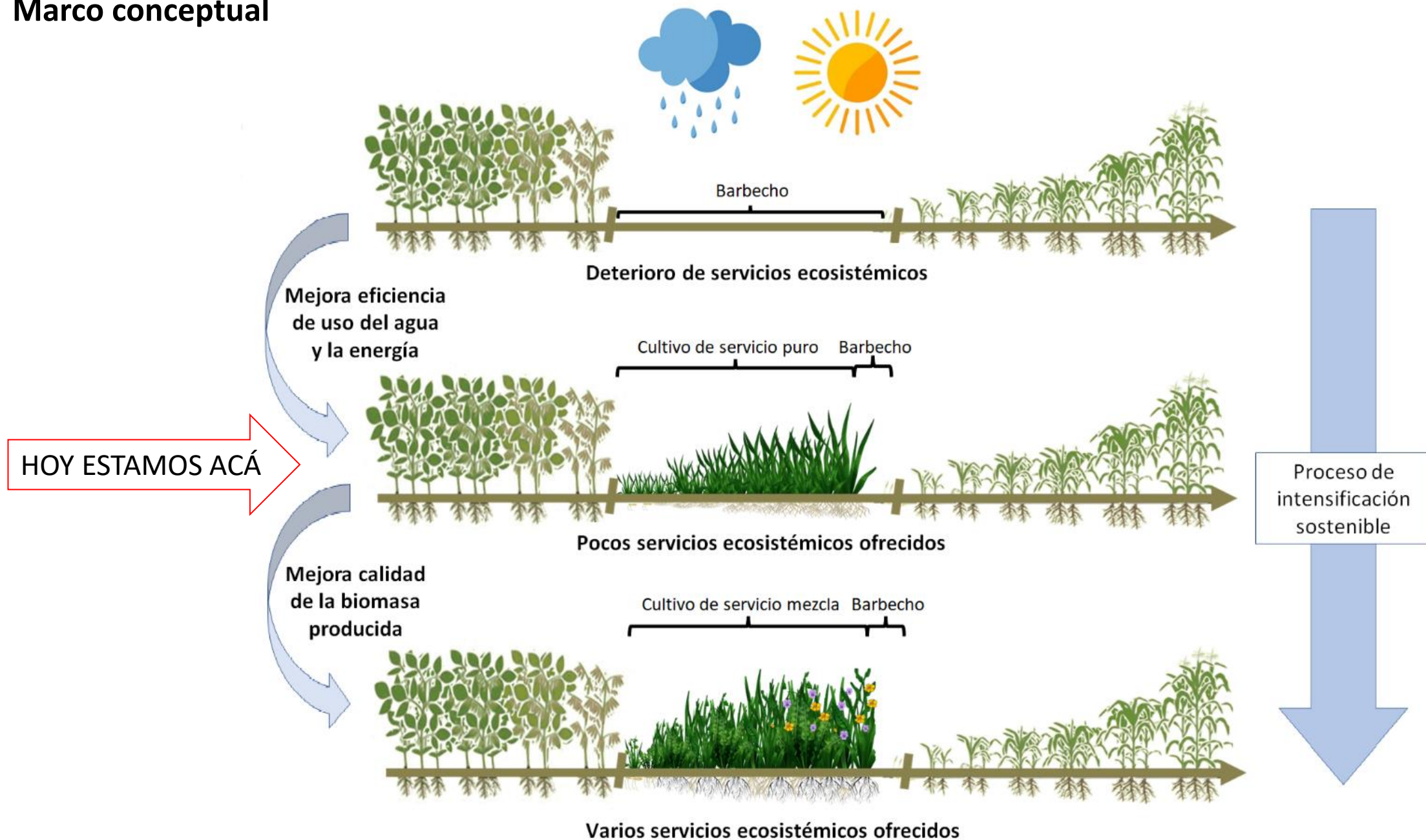
@ausid\_uy





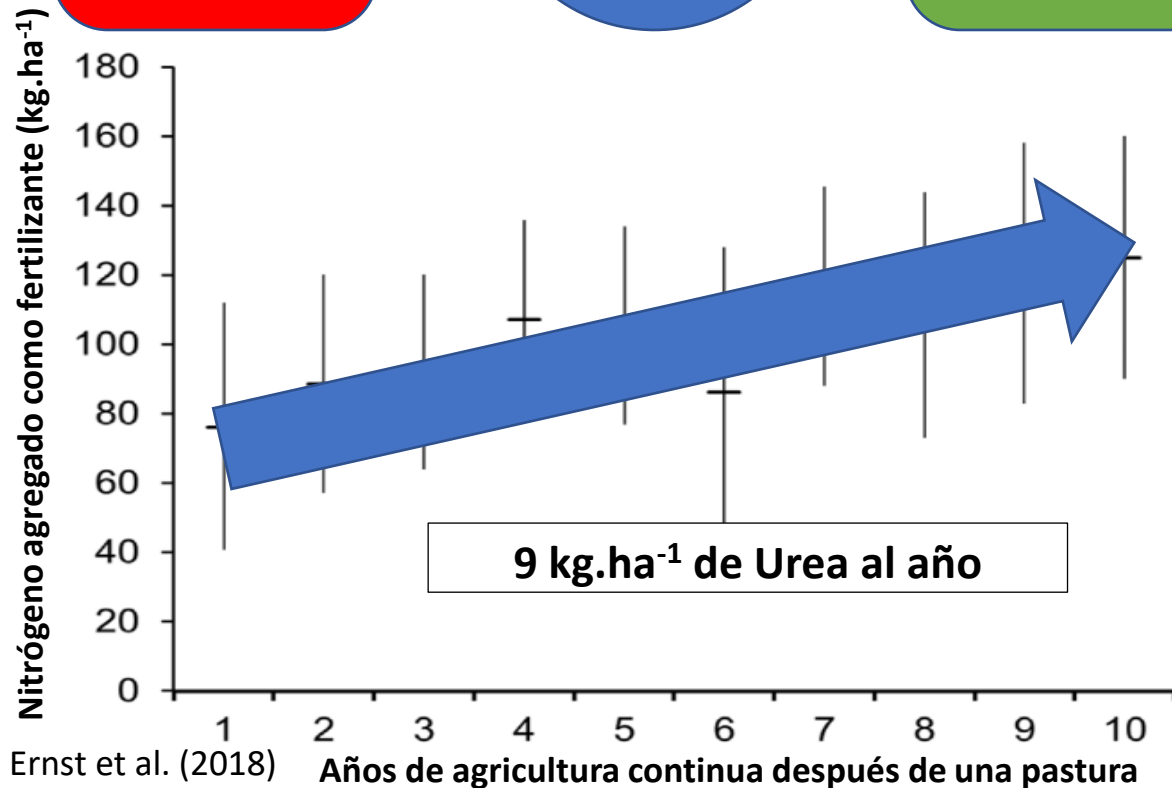
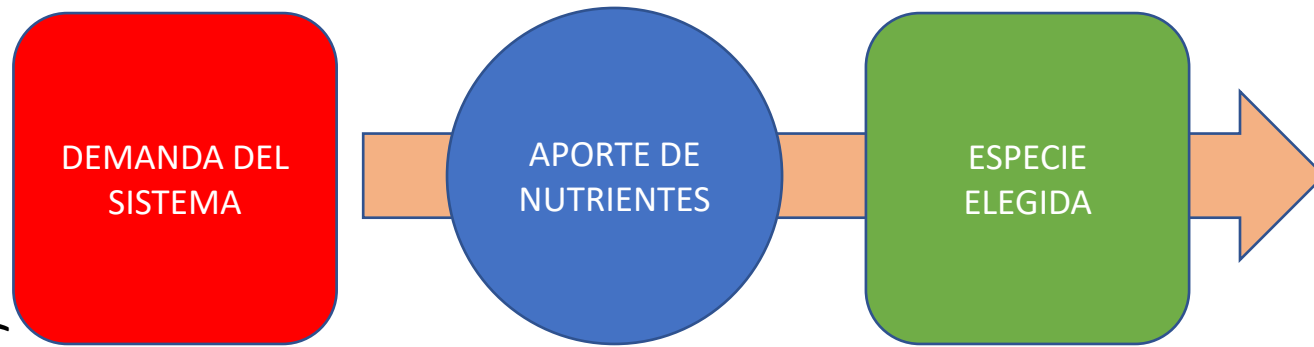
# Los principios en la práctica

## Marco conceptual



# Los principios en la práctica

## Cultivos de servicio: el ejemplo del nitrógeno

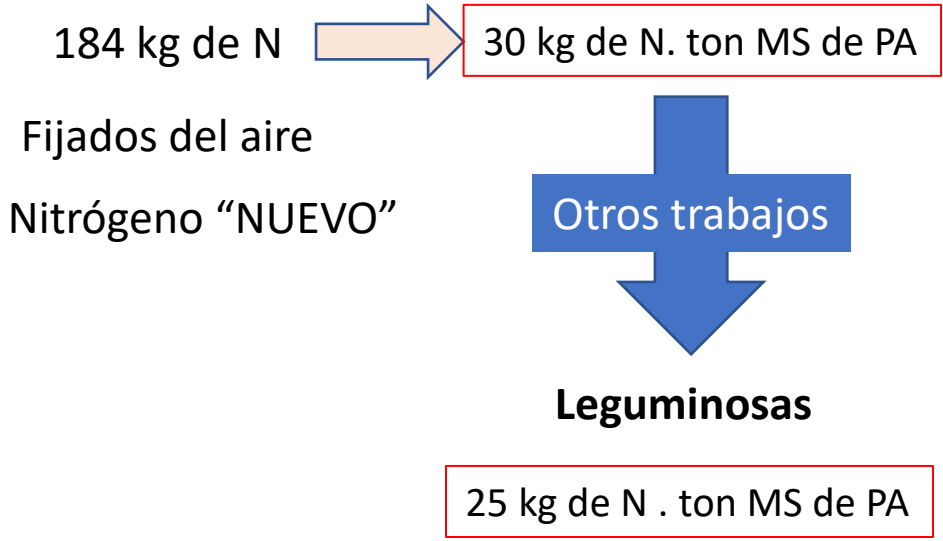
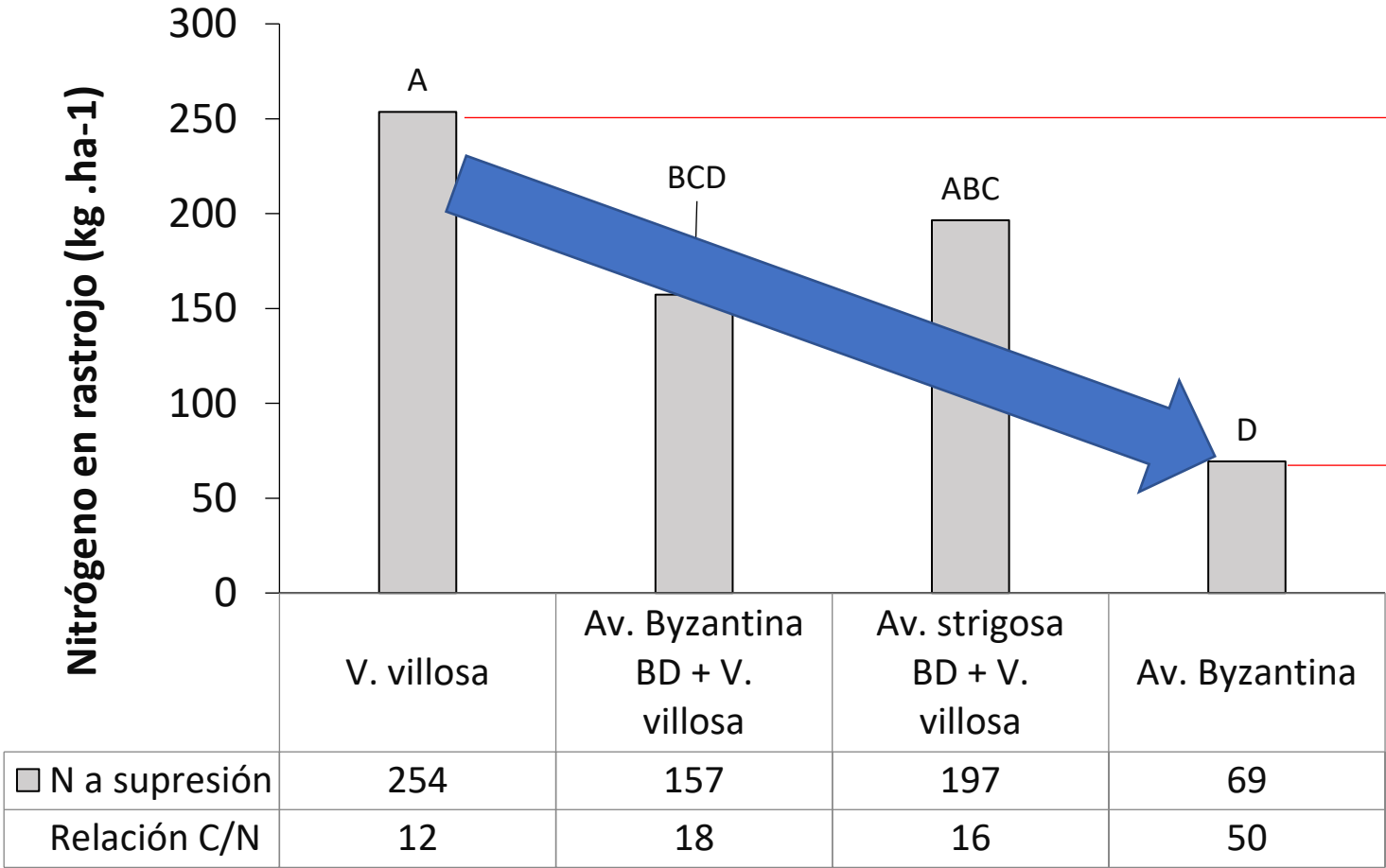


Ernst et al. (2018) Años de agricultura continua después de una pastura



# Los principios en la práctica

## Cultivos de servicio: el ejemplo del nitrógeno



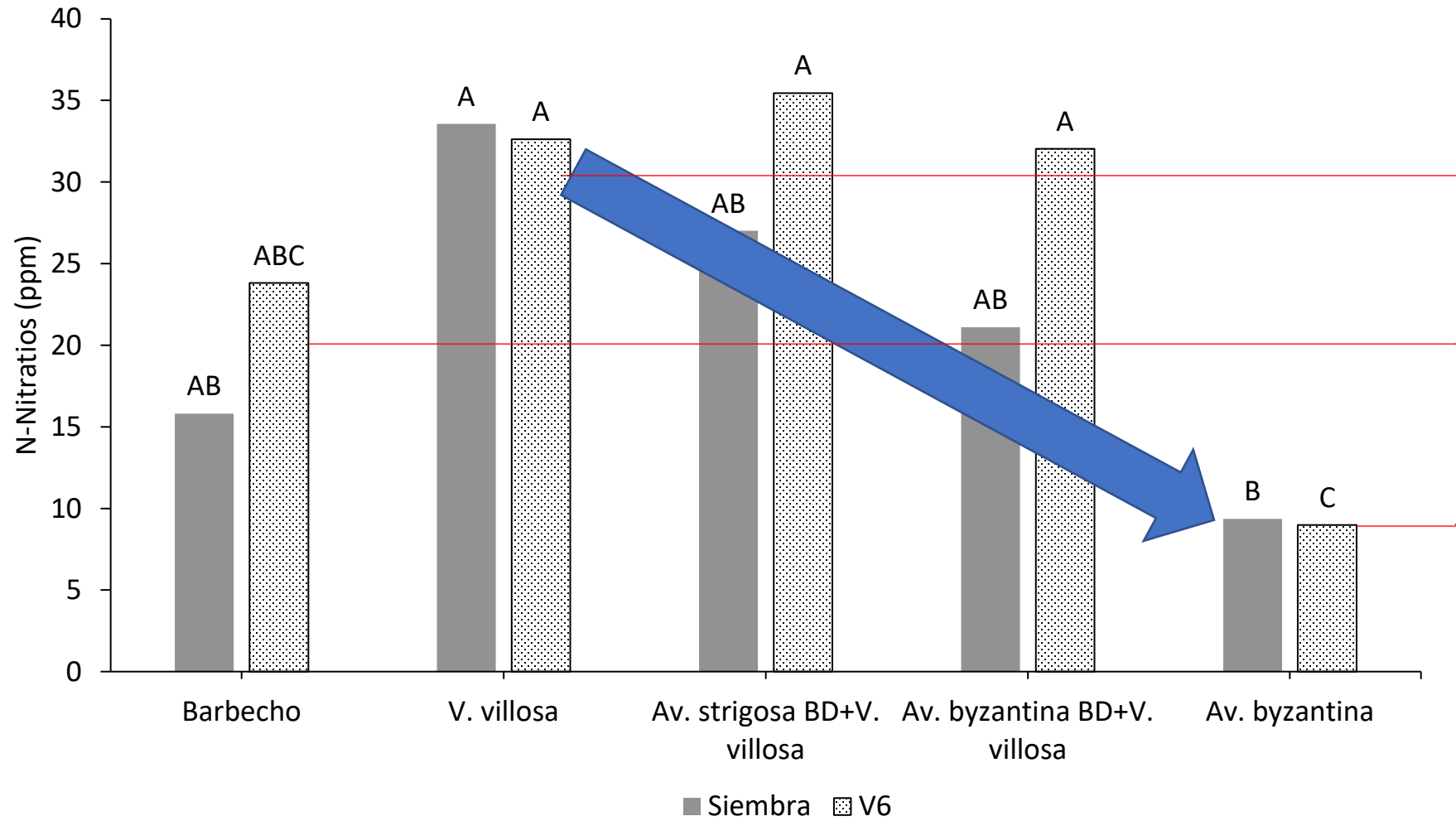
EEMAC, 2022



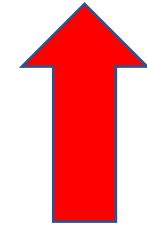


# Los principios en la práctica

## Cultivos de servicio: el ejemplo del nitrógeno



A siembra y V6



10 ppm encima por sembrar mezcla o leguminosa

10 ppm debajo (inmovilizado) por sembrar gramínea

Nivel crítico de maíz a V6: 20-25 ppm N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>

EEMAC, 2022

[www.ausid.com.uy](http://www.ausid.com.uy)

@ausid\_uy

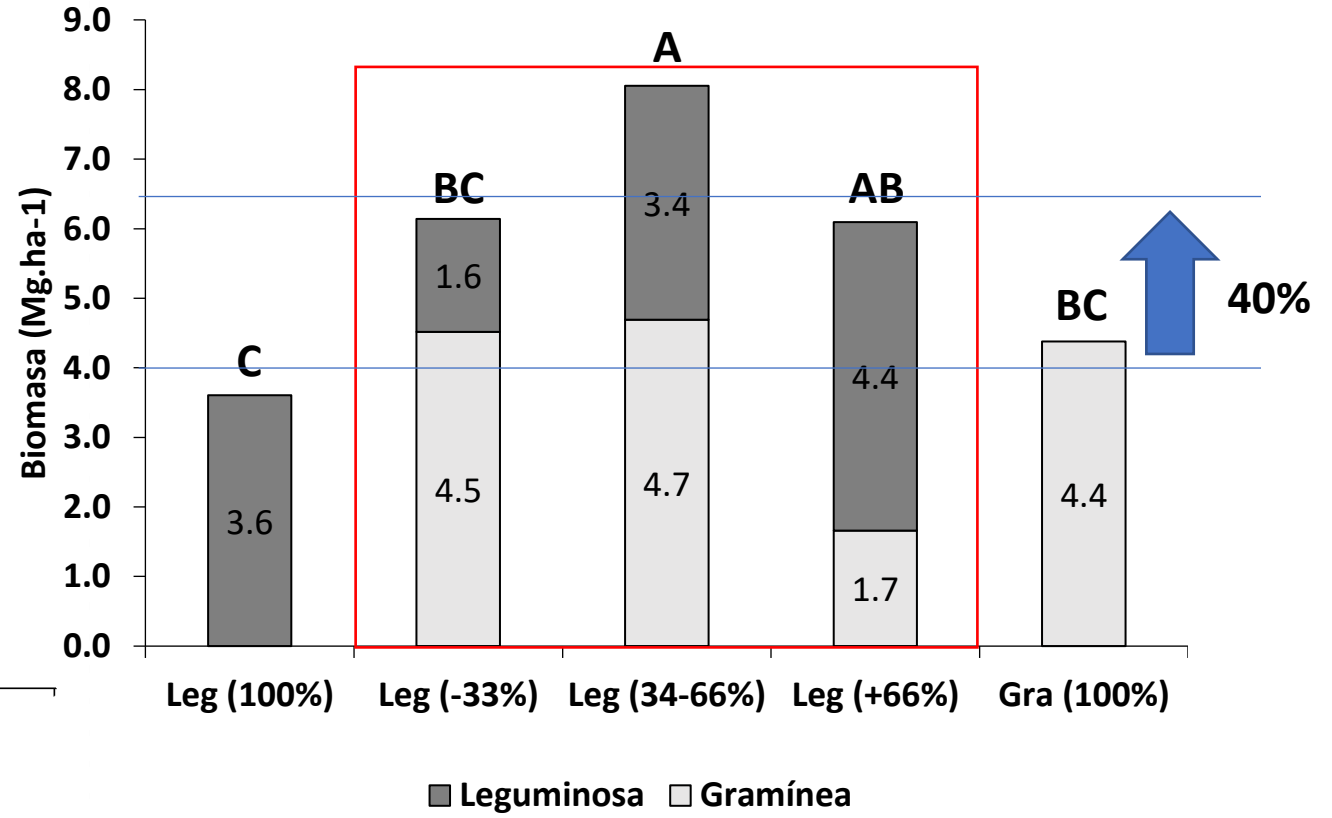
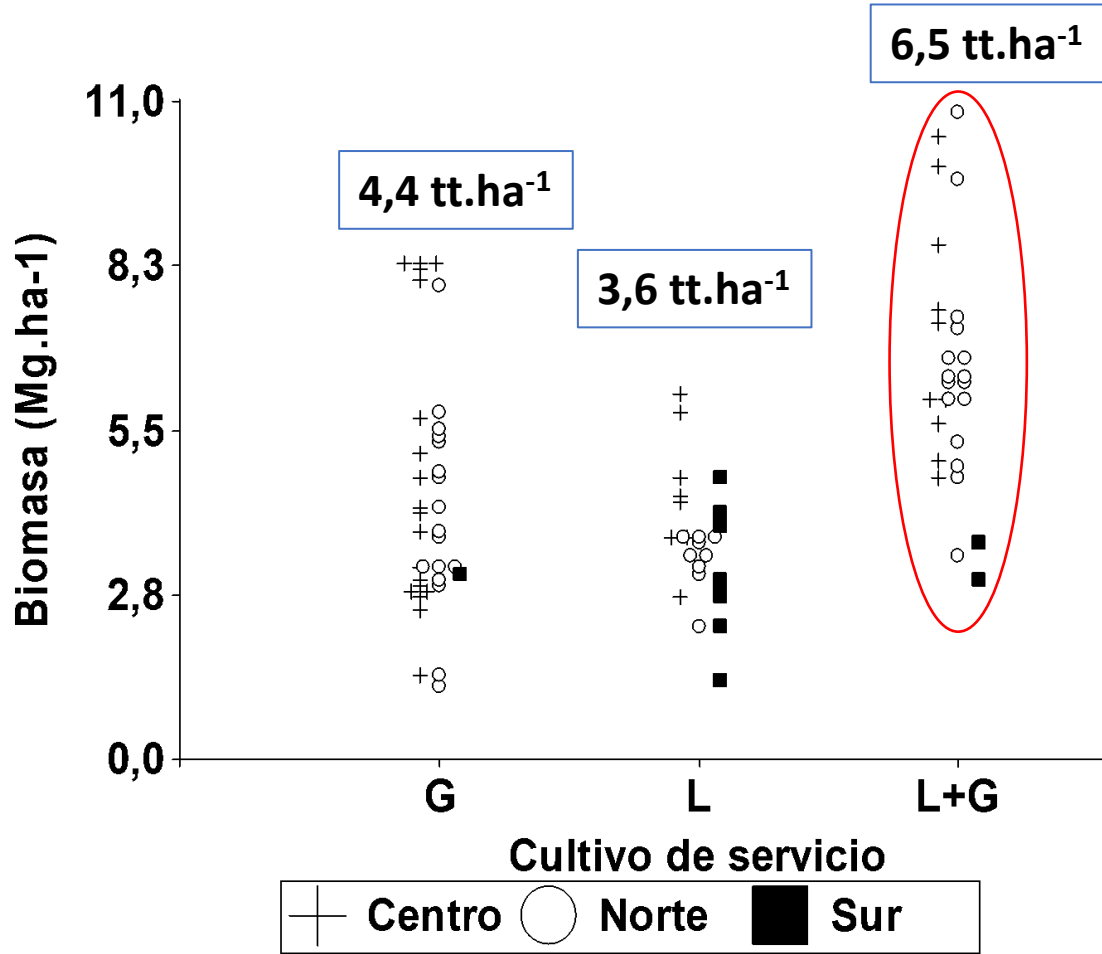
@ausid\_uy





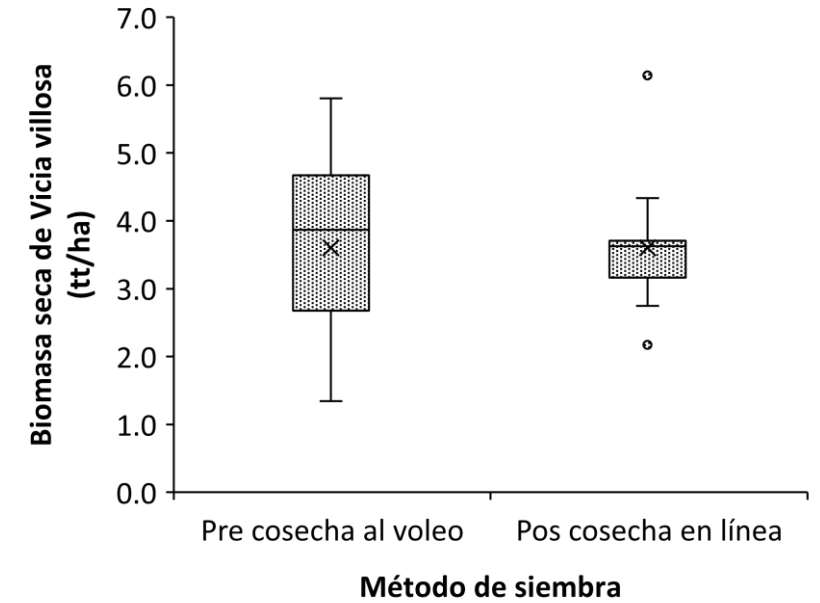
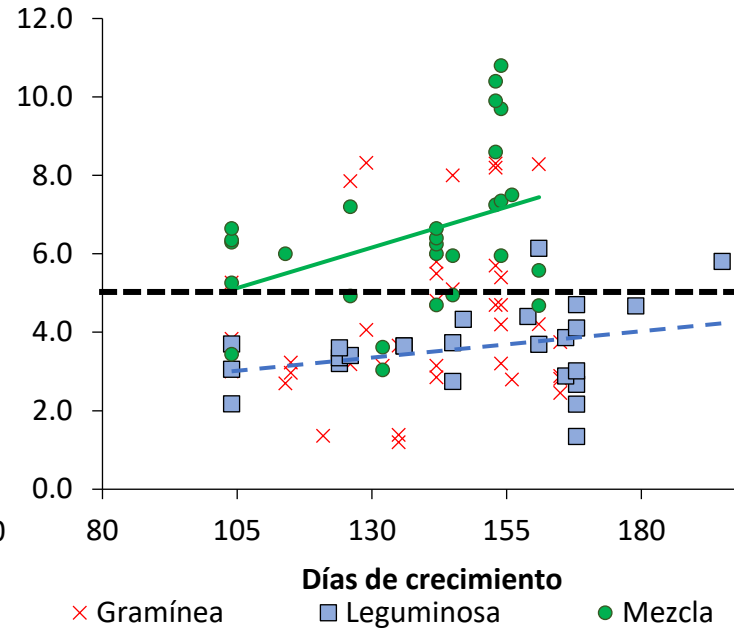
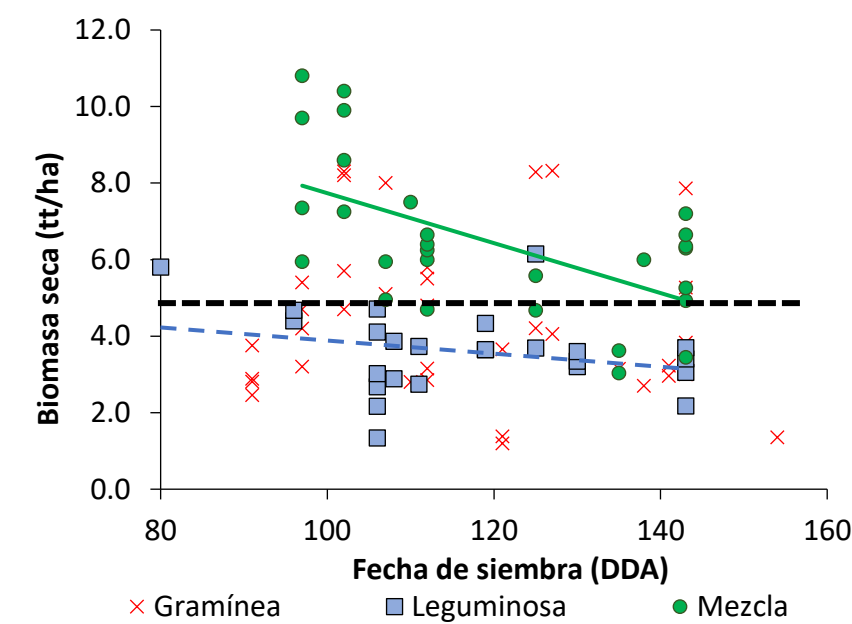
# Los principios en la práctica

## Cultivos de servicio: Relevamientos de chacra de productores



# Los principios en la práctica

## Cultivos de servicio: Situación actual



Sembrar temprano es clave para lograr buena producción de MS.

Sembrar mezclas aumentan el escalón de productividad

Vicias tiene un límite de productividad entorno a las 5 tt.ha<sup>-1</sup>

CS puros tienen menos opciones de alcanzar 5 tt.ha<sup>-1</sup> en menos de 150 días

- Sin diferencias entre métodos de siembra;
- Mayor variabilidad en pre cosecha;
- Falta de ajuste de tecnología;
- Potencial ventaja operativa: no compite por sembradora.



# Los principios en la práctica

Ejemplos de 4 a 5 tt/ha



**Quebracho**  
FS = 9 de abril  
CS = Mezcla  
MS = En línea



**Río Negro**  
FS= 25 de mayo  
CS= Vicia villosa  
MS = En línea



**Soriano**  
FS = 3 de abril  
CS = Avena sativa  
MS = Al voleo



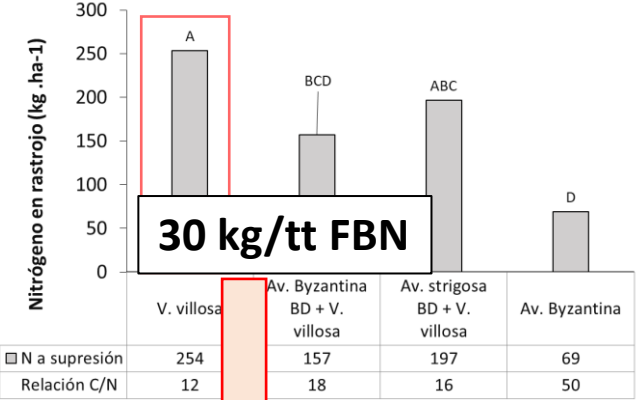
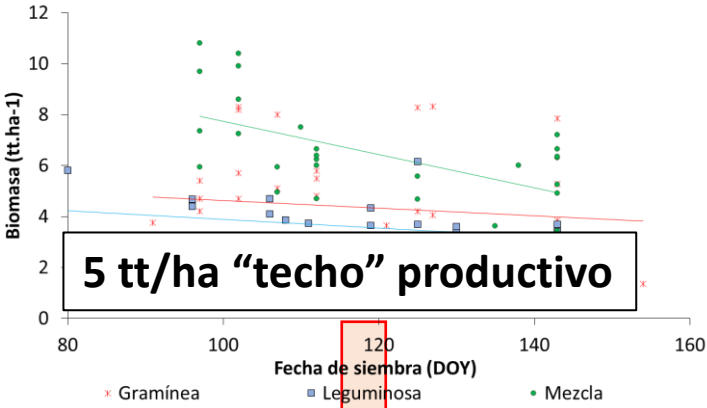
**Colonia**  
FS= 18 de abril  
CS= Vicia villosa  
MS = Al voleo





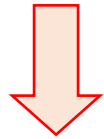
# Los principios en la práctica

## Valorando los servicios ecosistémicos: APORTE de N de la leguminosa



530 USD/Ton

\*08/05/23

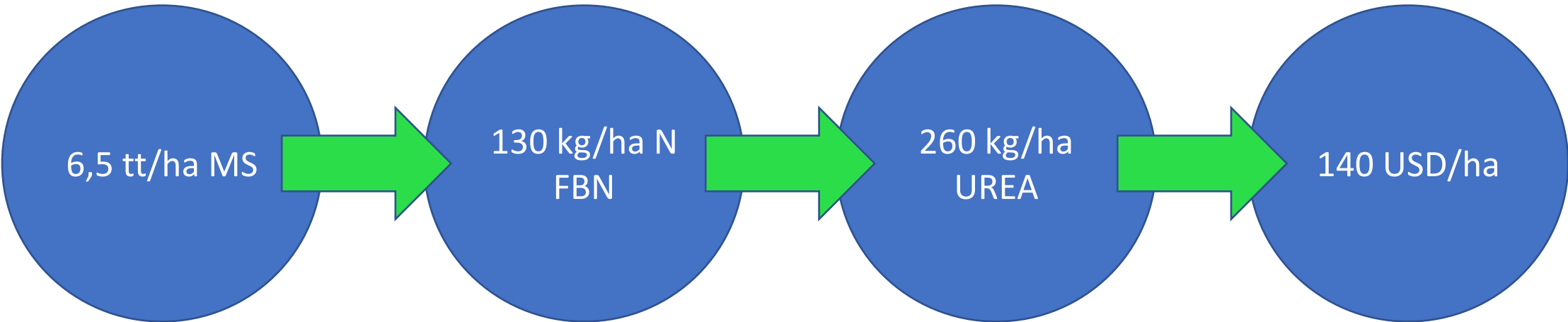
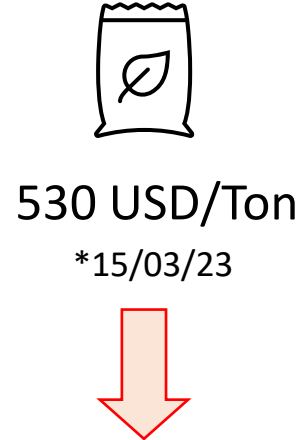
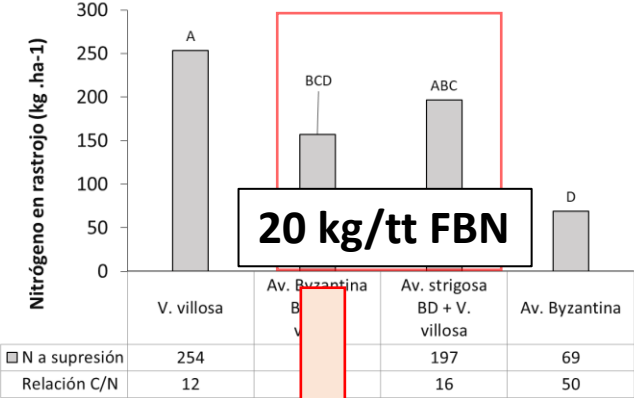
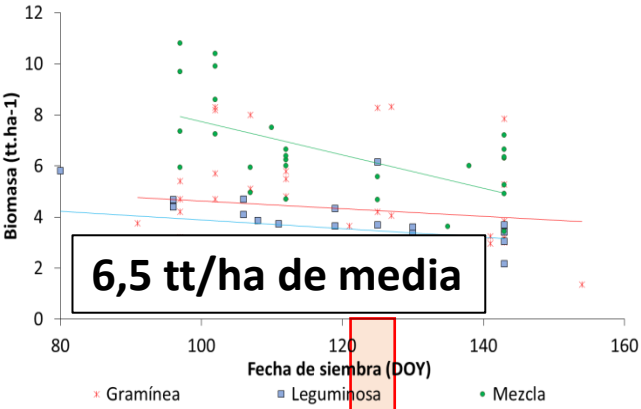






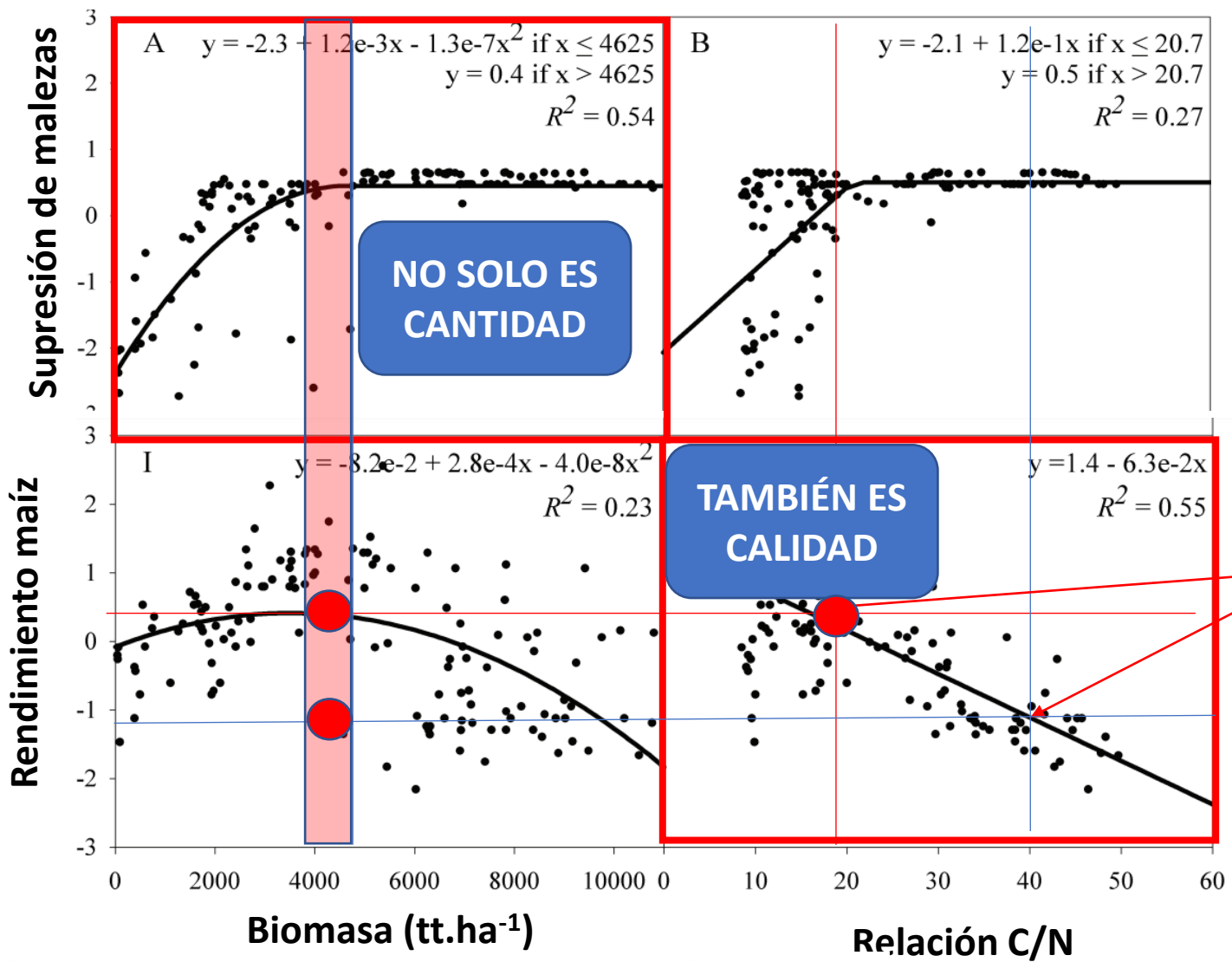
# Los principios en la práctica

## Valorando los servicios ecosistémicos: : APORTE de N de la mezcla



# Los principios en la práctica

## Multifuncionalidad



Material	Relación C/N
Gramíneas antesis	40/1
Gramíneas vegetativo	30/1
Mezcla gramínea + leguminosa	23/1
Leguminosas	14/1

# Los principios en la práctica

## Evaluación de especies: posibilidades del este

Producción de biomasa (tt.ha<sup>-1</sup>) a supresión. Adaptado de Barrios et al., 2015

Cultivo de servicio	2012-2013		2013-2014		2014-2015		Promedio zafras	
	Promedio (voleo-línea)		Voleo	Línea	Voleo	Línea	Voleo	Línea
Crucíferas (Rábanos)	6.7		4.1	2.6	1.4	1.5	4.1	3.6
Gramíneas (A. strigosa y Raigrás)	7.1		4.6	2.2	2.7	2.5	4.8	3.9
Leguminosas (Persa, alejandrino y vicias)	3.4		2.7	1.9	1.9	2.4	2.7	2.6
≠ entre especies	Si		Si		Si			
≠ entre métodos	No		Voleo > línea		No			
≠ especie*método	No		Si		Si			
Manejo	Voleo	Línea	Voleo	Línea	Voleo	Línea		
Fecha de siembra	26/4	9/5	10/4	13/6	4/4	15/5		
Fecha de supresión	25/9		2/10		24/9			
Largo de ciclo (días)	154	139	175	111	173	132		
Clima del año	Año bueno		Otoño lluvioso		Año malo			

Gramíneas y crucíferas aportan productividad

Leguminosas aportan funcionalidad

Sembrar temprano es la clave y la "llave" parece estar en el método de siembra y la especie que mejor se adapte

# La tecnología de la siembra directa para una agricultura sustentable

Lic. Luciano Dabalá  
ldabala@ibipora.com.uy

## Producción sustentable...

*Satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las del futuro para atender sus propias necesidades*



# ¿Cómo surge AUSID?

## VISIÓN:

*Ser la Institución que posibilite hacer un uso conservacionista, económicamente viable y a su vez sustentable en el largo plazo del recurso suelo, minimizando problemas que lleven a su degradación.*

## MISIÓN:

*Fomentar y estimular la investigación, aplicación y divulgación de la técnica de siembra directa para un mejor manejo del suelo y aprovechamiento del agua.*



# En qué se basa la Siembra Directa...

- No laboreo;
- Suelo siempre cubierto (vivo o muerto);
- Barbecho (cuando, como, duración);
- Rotación (la llave).

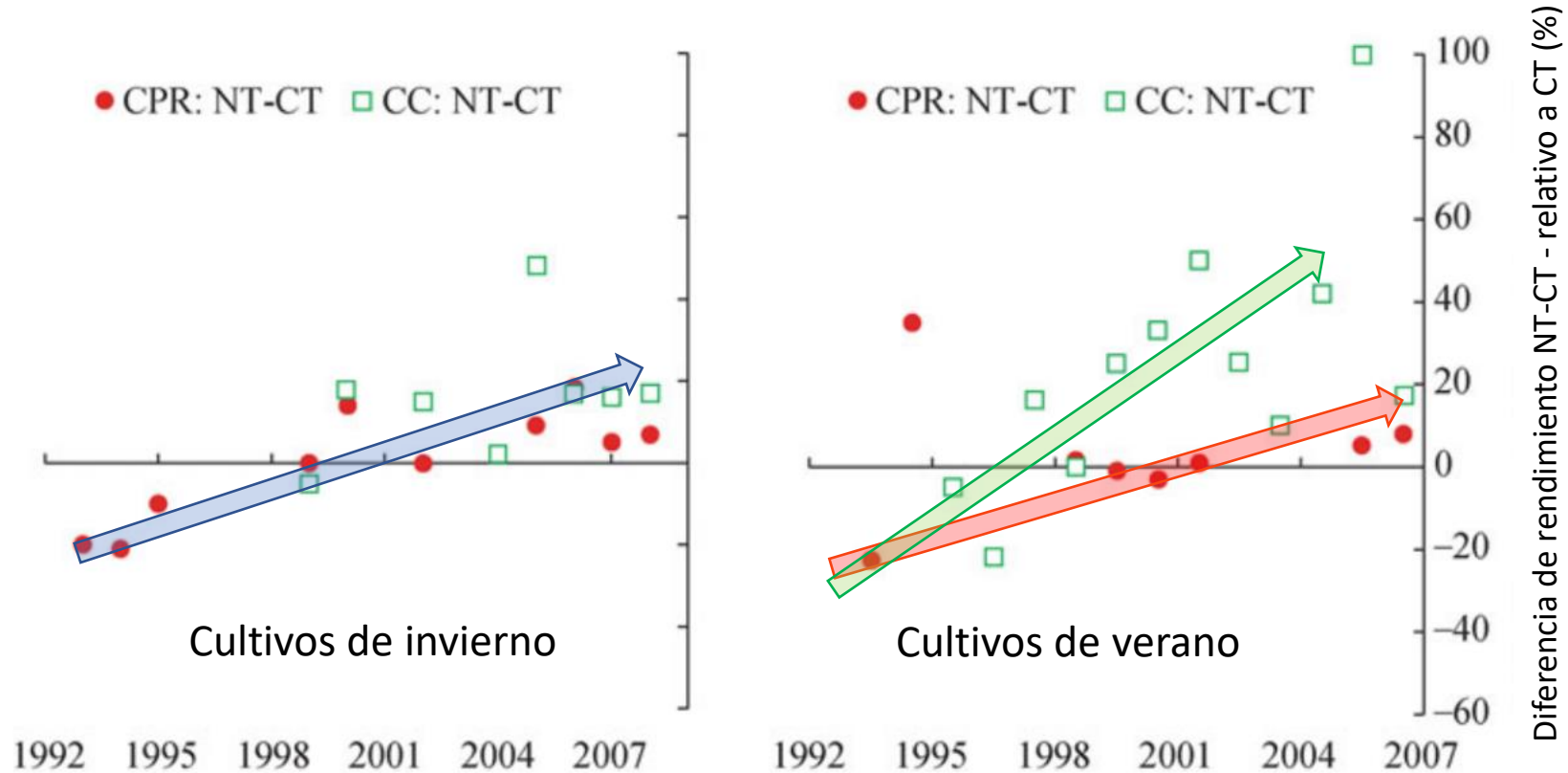
## Componentes anexos:

- ✓ Fertilización (cuanto, momento, análisis);
- ✓ Sistematización (camino, terrazas, potreros, agua);
- ✓ Uso de herbicidas (dependientes o herramienta).



# En qué se basa la Siembra Directa...

## Laboreo vs. No laboreo



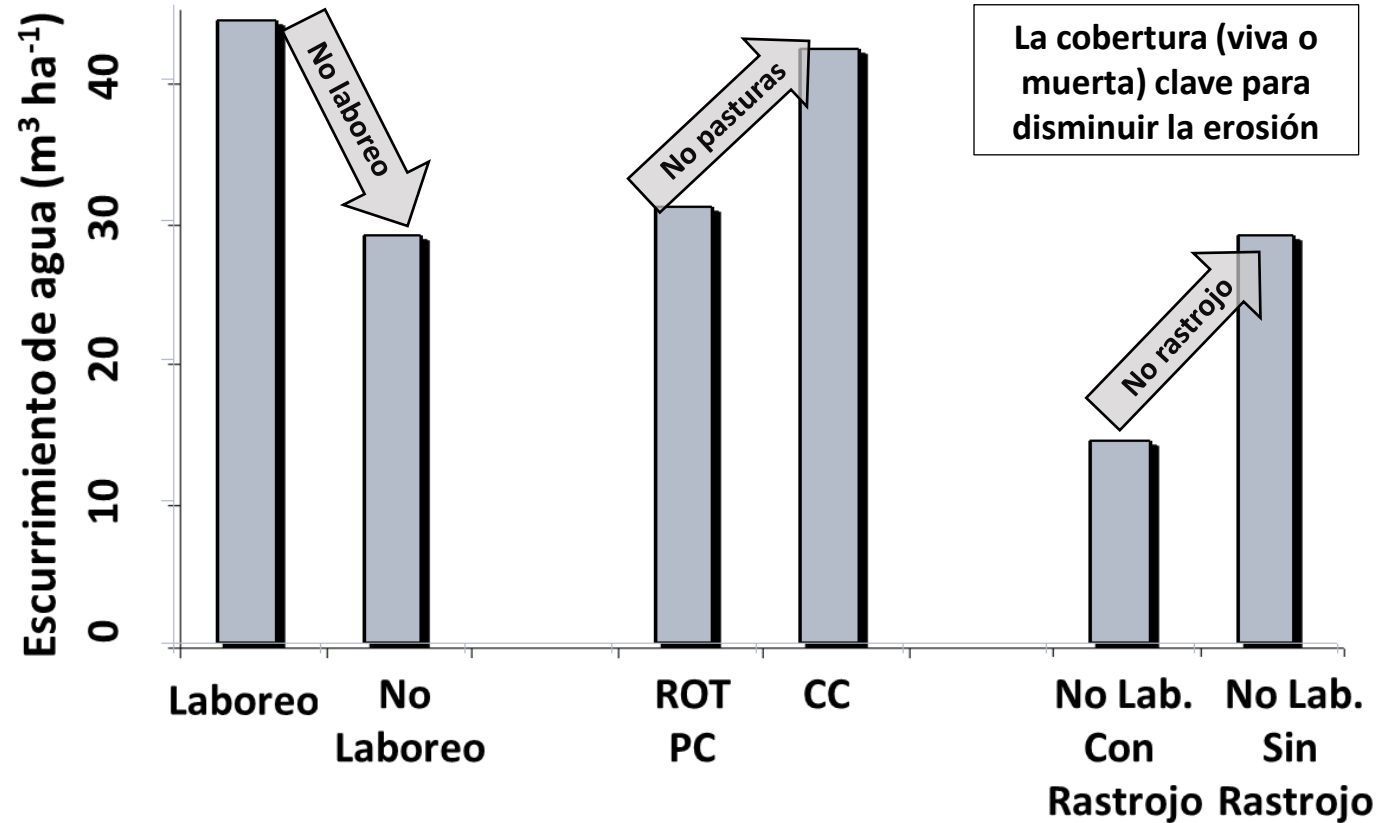
- 1) 4-5 años en etapa de transición;
- 2) Luego, incrementos consistentes;
- 3) Mayor respuesta en agricultura continua;
- 4) Mayor respuesta en cultivos de verano.

**Los beneficios de la SD vienen por la secuencia de años y no solo por dejar de laborear el suelo**



# En qué se basa la Siembra Directa...

No laboreo y manejo



La suma de prácticas hace a una buena tecnología de siembra directa

Ingold, 2006

# En qué se basa la Siembra Directa...

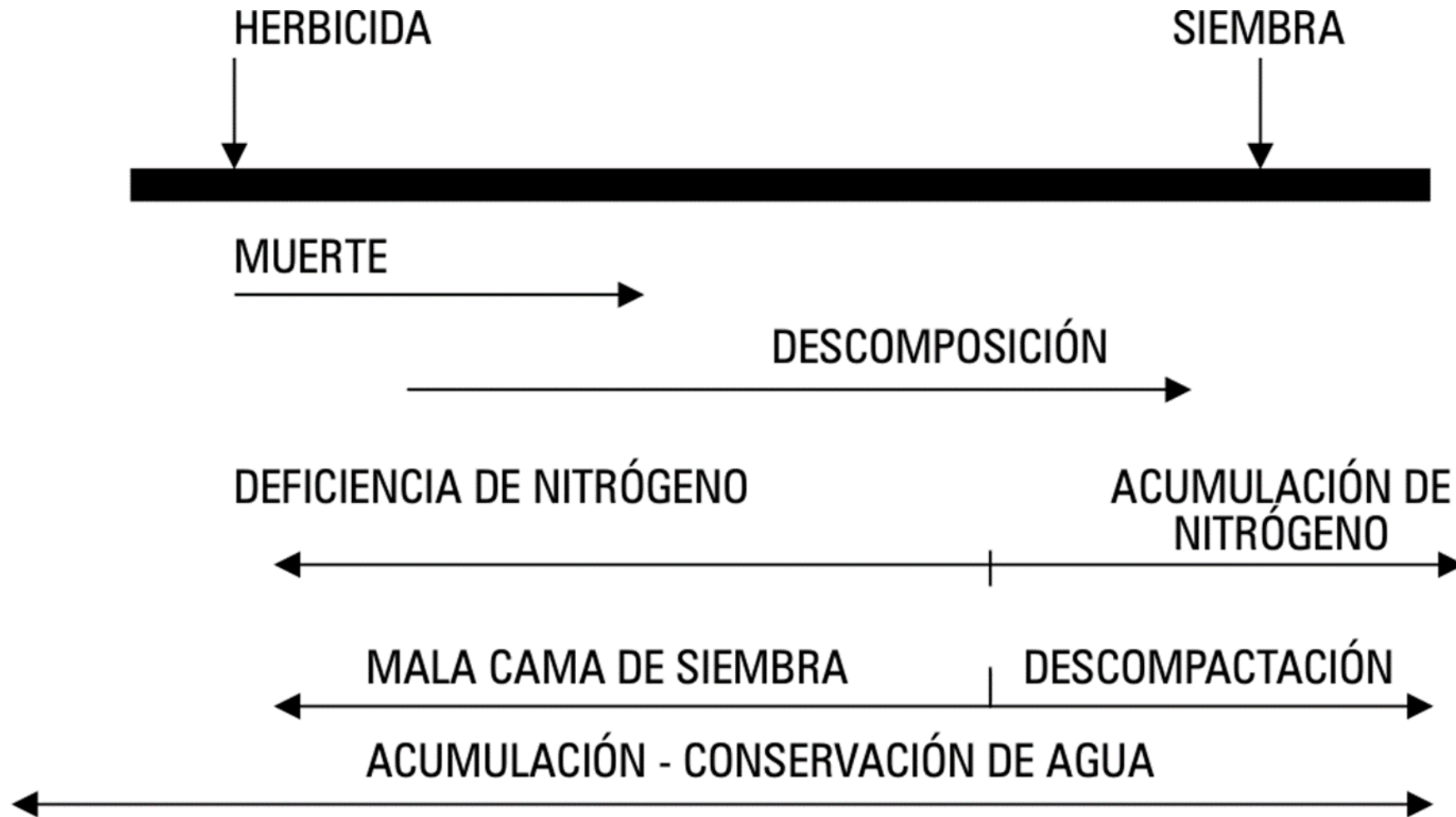
## Cobertura del suelo

- Control de erosión;
- Mejora en la economía del agua;
- Mejora en control de malezas (manejo integrado);
- Mayor ventana de siembra (humedad).



# En qué se basa la Siembra Directa...

Tiempo de barbecho



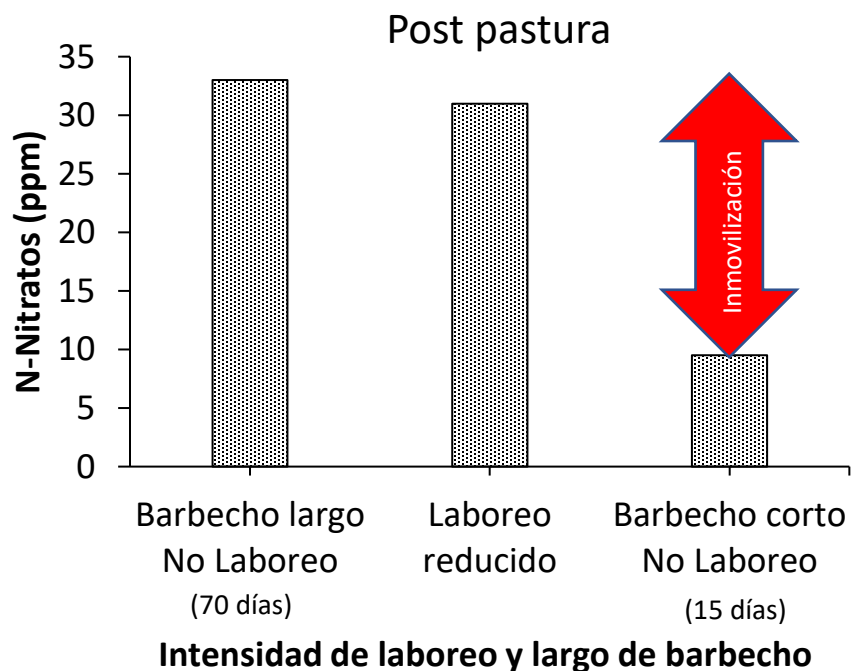
# Tiempo de barbecho

Acumulación de nitrógeno



DEFICIENCIA DE NITRÓGENO

ACUMULACIÓN DE NITRÓGENO



**Cuadro 2.** Concentración de nitratos en suelo de 0 a 20 cm de profundidad, a la siembra de soja, según el largo de barbecho usando raigrás como cultivo de cobertura (2004-2006), EEMAC, Paysandú.

Largo de barbecho	Concentración de nitratos en suelo (0-20 cm) (ppm)		
	2004	2005	2006
0	2 d	4 b	2 c
20	4 c	10 a	3 c
40	7 b	11 a	7 b
60	13 a	14 a	13 a

Siri Prieto y Ernst, 2011

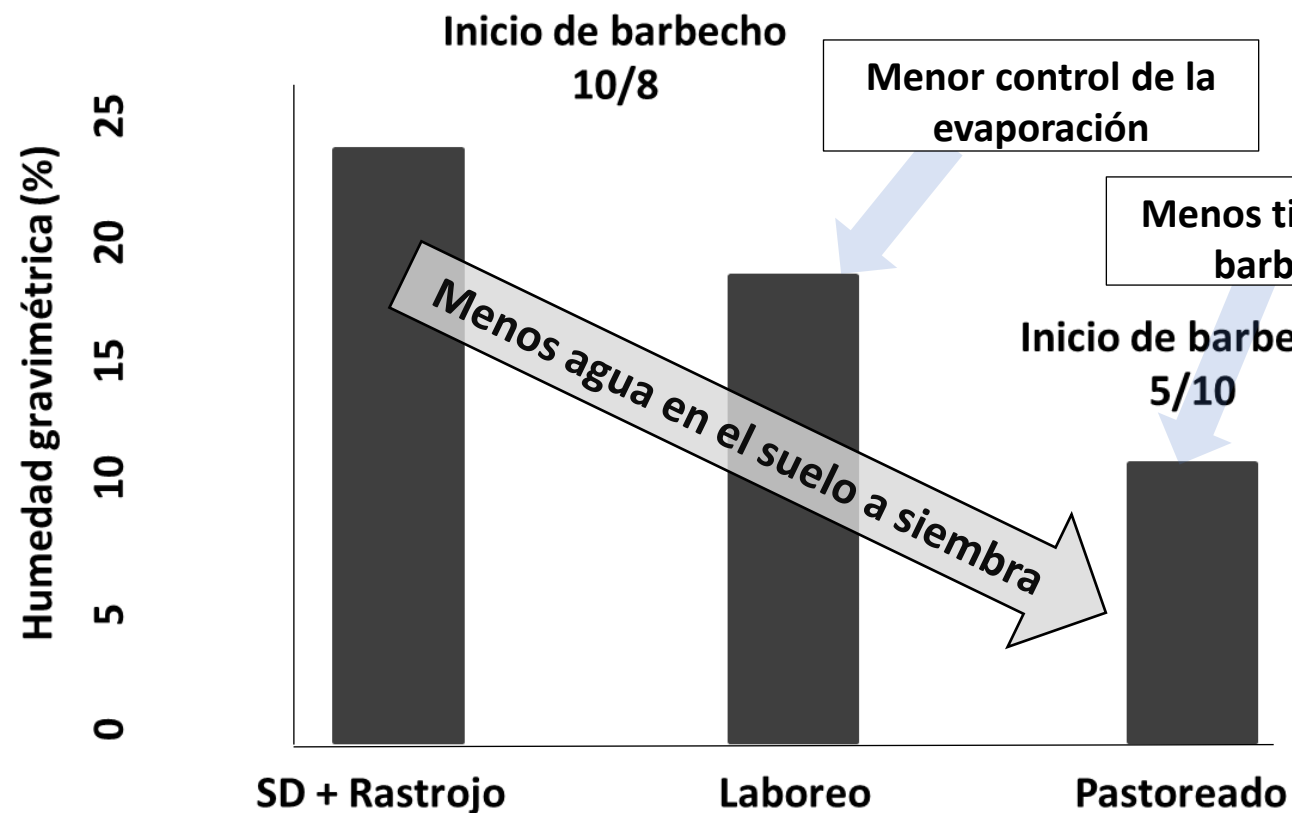
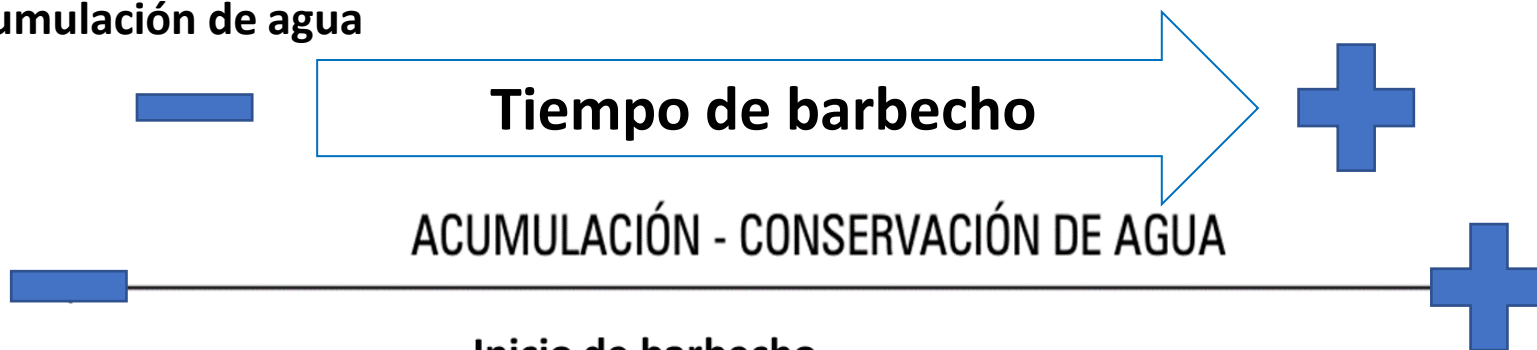
¡Proceso dependiente del tipo de rastrojo!

Adaptado de Terra et al., 2002

**TIEMPO DE BARBECHO CLAVE PARA LA ACUMULACIÓN DE NUTRIENTES**

# Tiempo de barbecho

Acumulación de agua



Rastrojo Evaporación

**Mejora eficiencia de uso del agua**

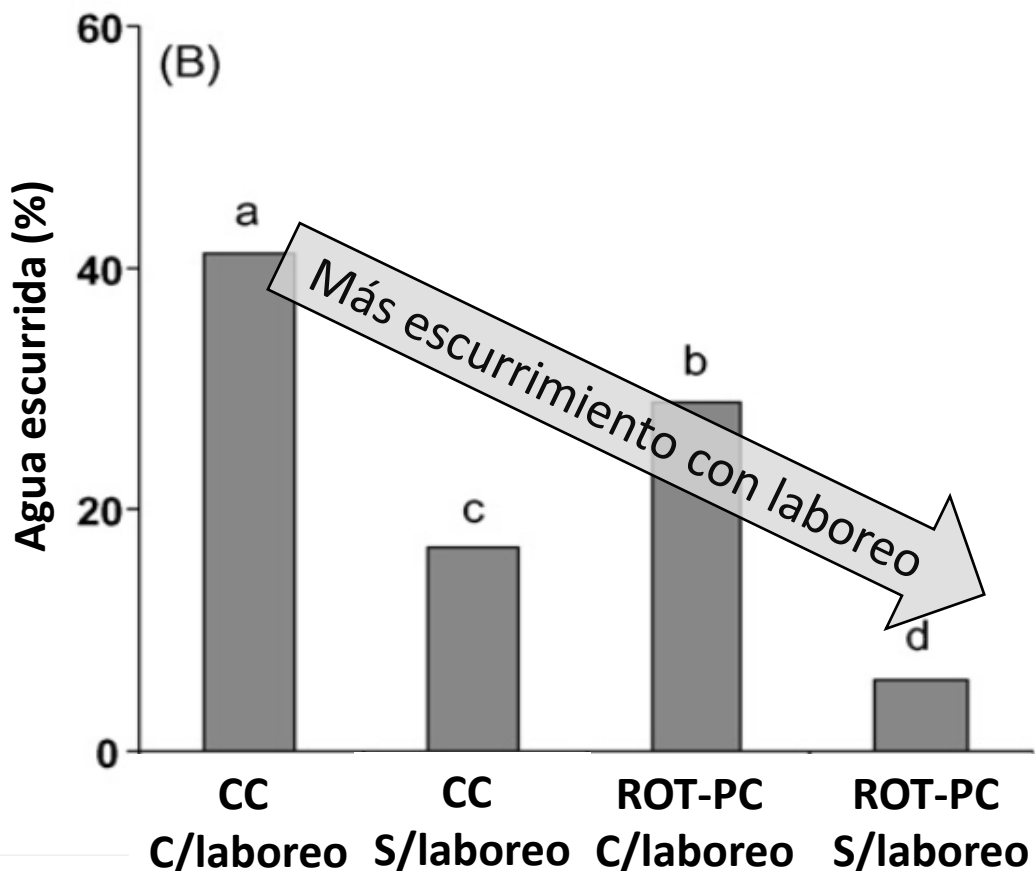
Tiempo Agua almacenada

## Consideraciones

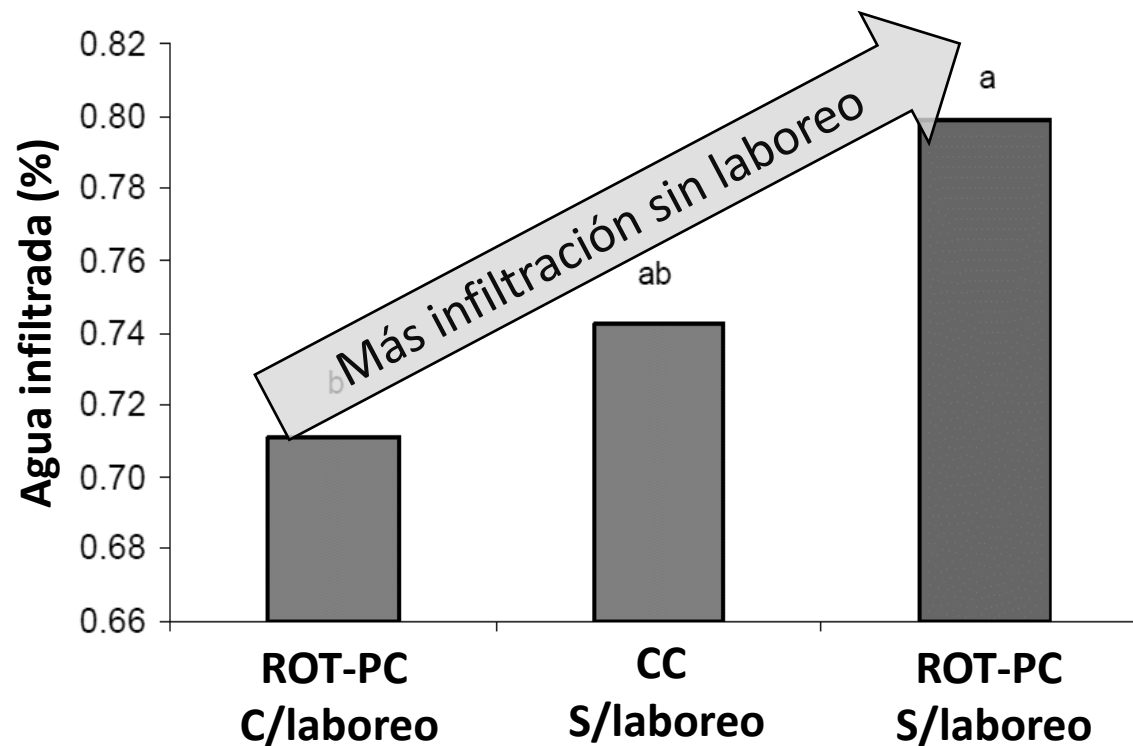
- A menor capacidad del suelo de almacenar agua (más chico el balde) más rápido se llena.
- Tiempo óptimo de entre 20 a 40 días para suelos del litoral (Siri-Prieto y Ernst, 2011).

# Sistema de producción

## Acumulación de agua



Ernst y Siri-Prieto, 2009



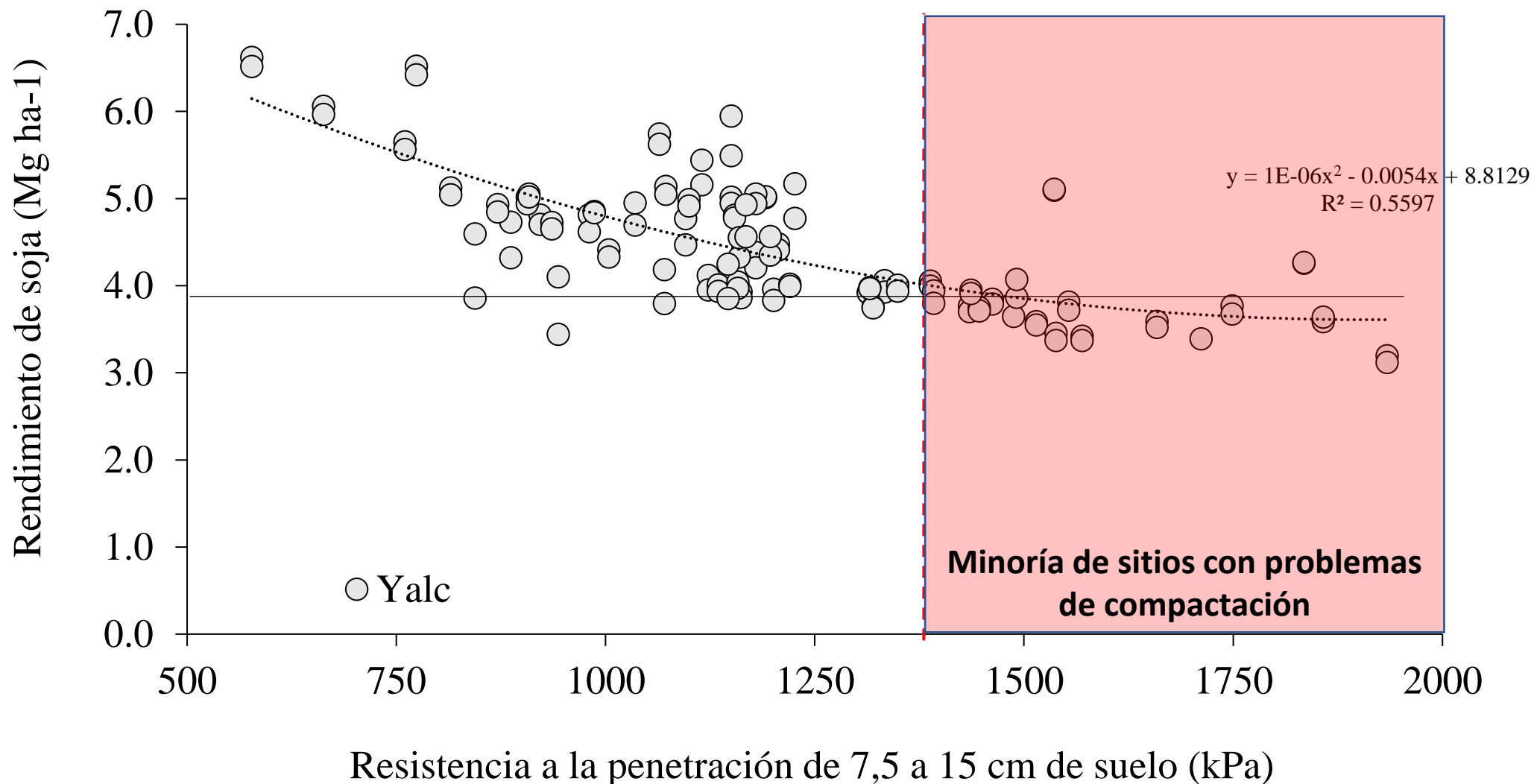
Ingold, 2006

**No laborear es más importante que el sistema de cultivo implementado para evitar pérdidas de agua del suelo**

# Descompactación

Desmitificando

Referencias = 1268 kPa – Etchegoimberry y Ernst (2019)  
1500 kPa – Claverie et al., (2000)



Alvarez et al., 2022

[www.ausid.com.uy](http://www.ausid.com.uy)

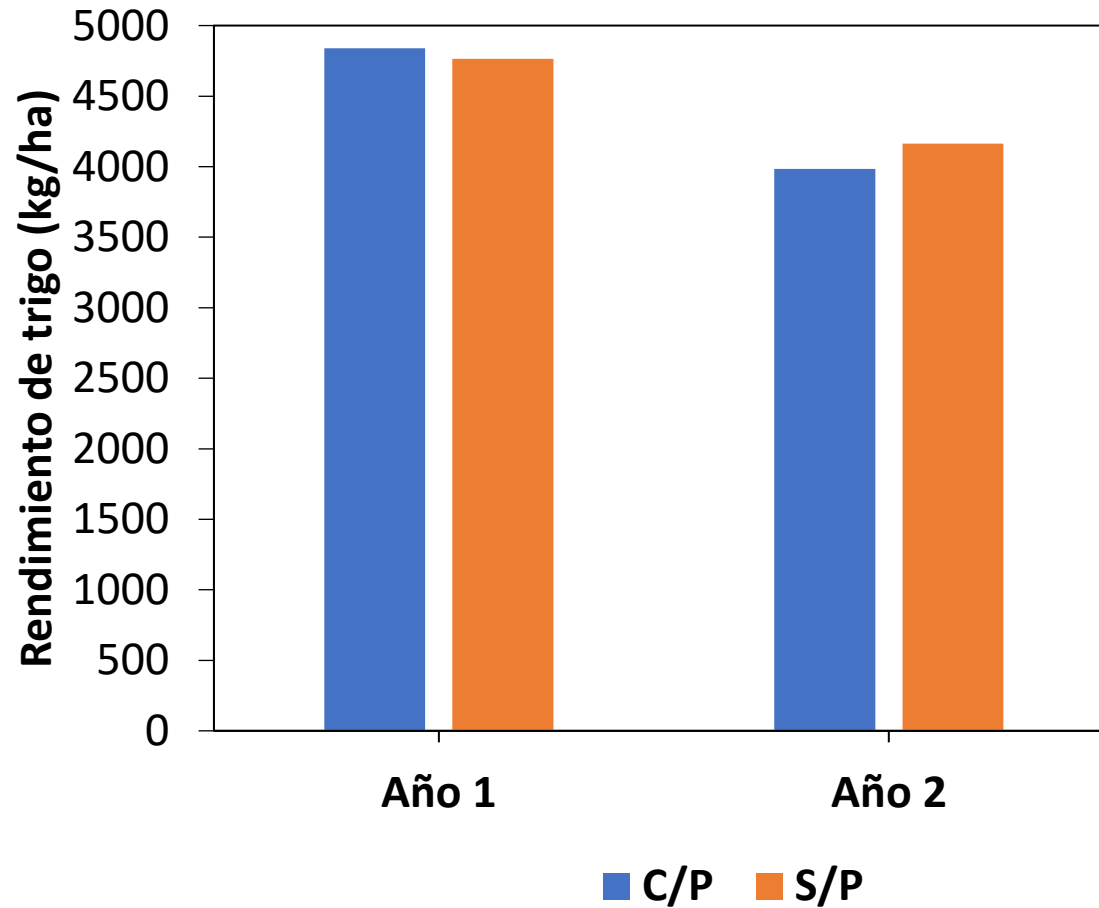
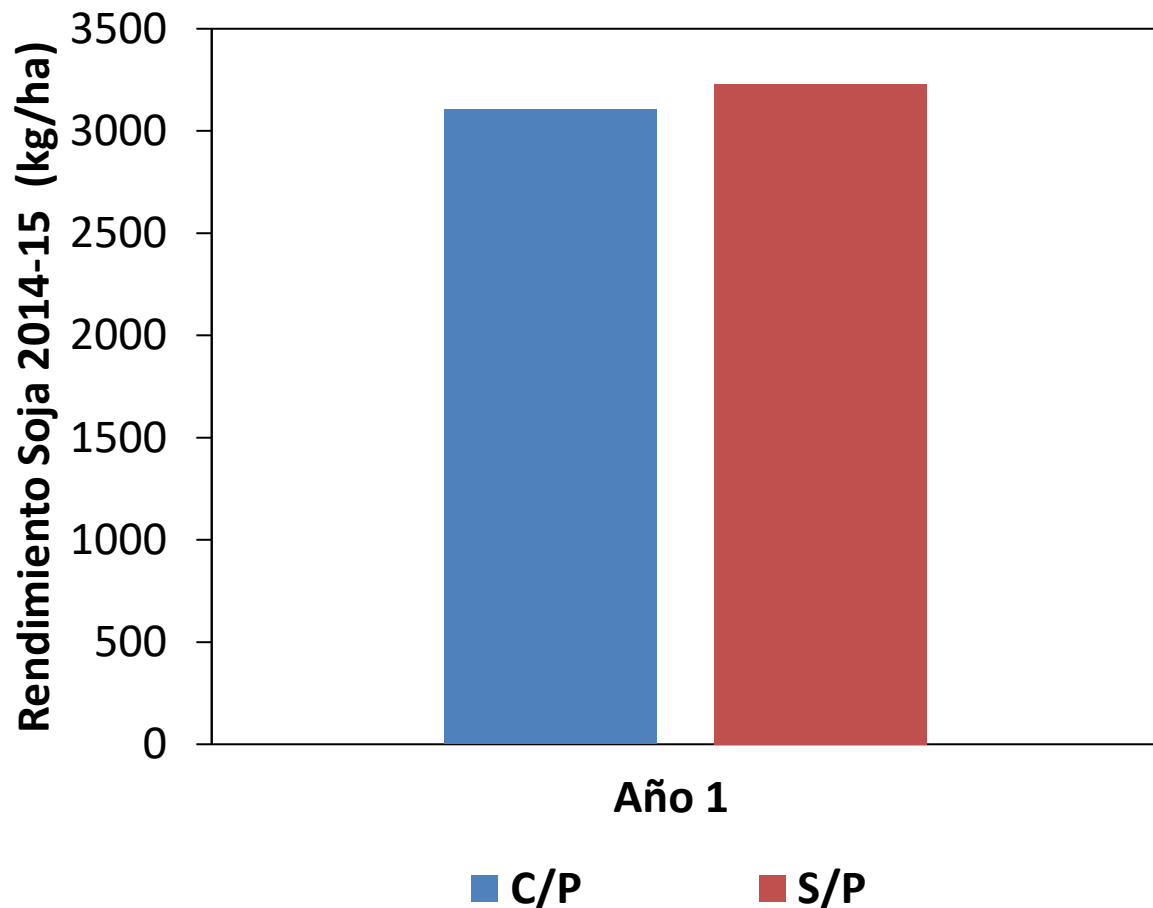
@ausid\_uy

@ausid\_uy



# Descompactación

Desmitificando



La mayor parte del área de la chacra no tiene problemas que repercutan en el rendimiento



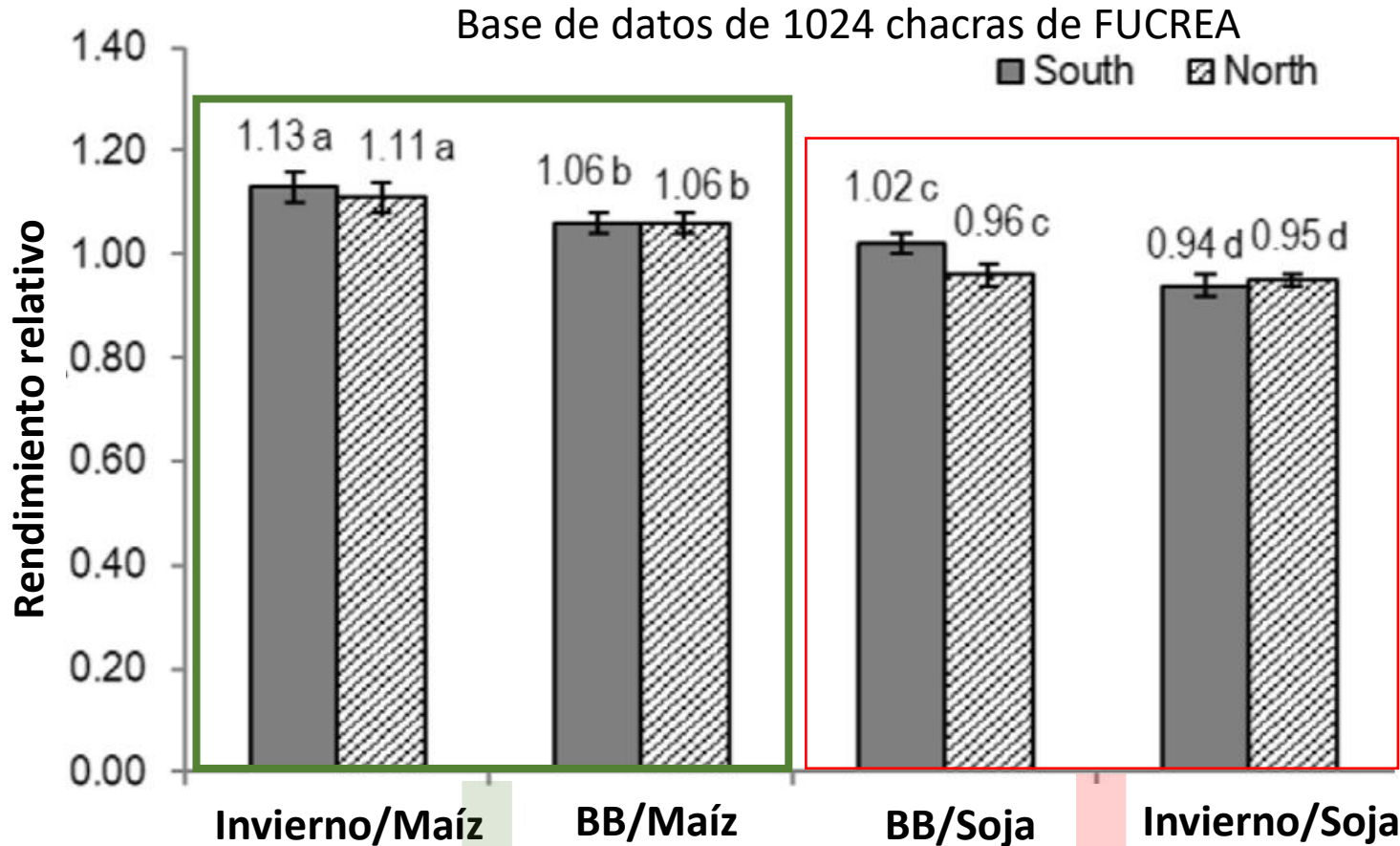
# Rotación de Cultivos

*La rotación de cultivos es por definición, la alternancia regular y ordenada en el cultivo de diferentes especies vegetales en una secuencia temporal en un área determinada (Geisler, 1980).*

✓ Tener claro que no debemos sembrar un cultivo sobre su mismo rastrojo, esto es fundamental.



# Rotación de cultivos



Para el período en estudio (2009-2013) la rotación **cultivo de invierno/Maíz – BB/Soja** fue la que logró el mejor margen económico



**Sostenibilidad económica y ambiental**

Mazzilli y Ernst, 2019

Secuencia previa



200 a 400 kg.ha<sup>-1</sup> por rotar con maíz



0 a 200 kg.ha<sup>-1</sup> por realizar monocultivo de soja



[www.ausid.com.uy](http://www.ausid.com.uy)



@ausid\_uy



@ausid\_uy



# Cosas para hacer en lo productivo

- **INCORPORACION DE CULTIVOS DE SERVICIO.**

Gramíneas – Leguminosas – Mezclas.

- **ROTACIONES DE CULTIVOS.**

Hacerlo siempre, con pasturas o sin ellas.

- **ESTUDIAR SISTEMAS DE CONTROL DE EROSION.**

Sistematización de suelos - Terrazas - Otras.

- **BALANCE DE NUTRIENTES.**

Degradación química.

- **REDIMENSIONAR LAS AREAS SEGÚN APTITUD**

ÁREAS AGRICOLAS – Respetar los límites.

ÁREAS GANADERAS – Incorporar especies forrajeras permanentes, su manejo y nutrición.



# ¿Contamos con las herramientas para producir de manera sustentable?

Si, pero...

....resulta un desafío diario para los productores agropecuarios;

....supone la incorporación de nuevas tecnologías de producción como:

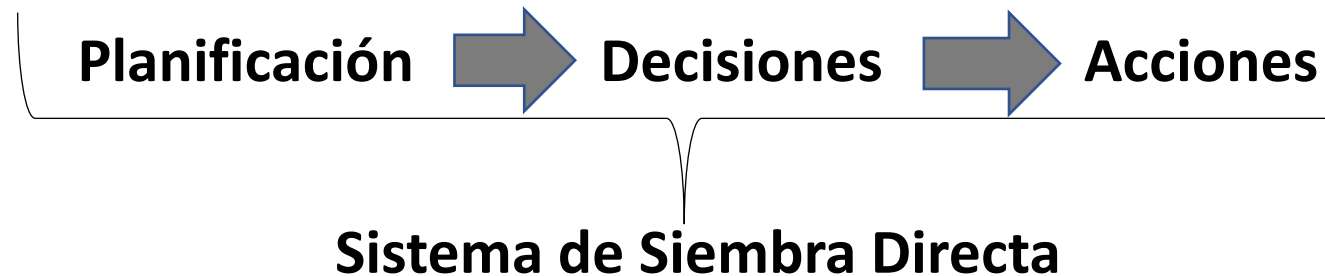
- Laboreo a Siembra Directa;
- Uso de biotecnología (variedades/híbridos, OMG);
- Fitosanitarios (tipos de productos);
- Marcos Regulatorios (Plan de uso y manejo del suelo, Receta Profesional, BPA).



## Conclusiones

Sistema:

***Un grupo de elementos no constituye un sistema si no hay una relación e interacción, que de la idea de un "todo" con un propósito***



¡Muchas gracias!