



JORNADA DE CULTIVOS Y SISTEMAS 2022



23 de AGOSTO | Mercedes

Productividad potencial y desafíos de los sistemas agrícolas de alta producción

Andrés Berger, IngAgr. PhD. – Ecofisiología y manejo de cultivos

Andrés Quincke, IngAgr. PhD. – Manejo y fertilidad de suelos

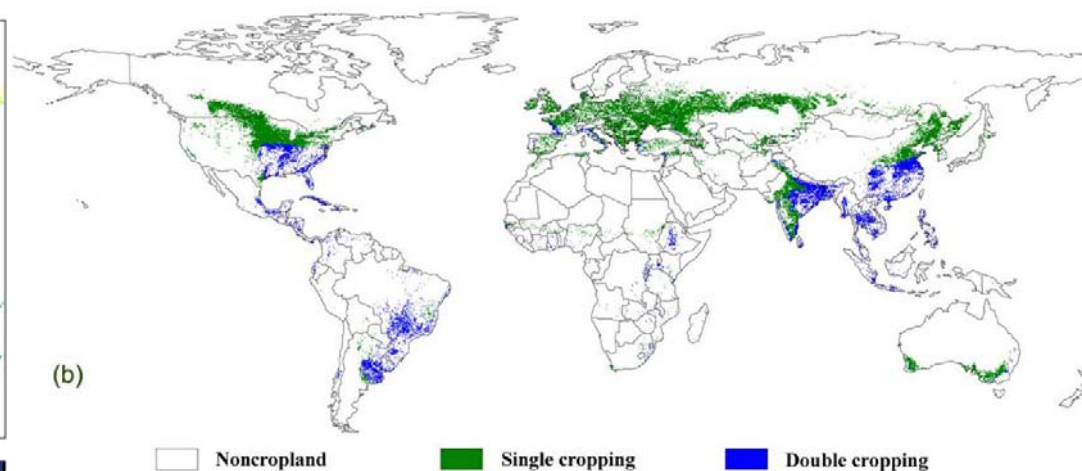
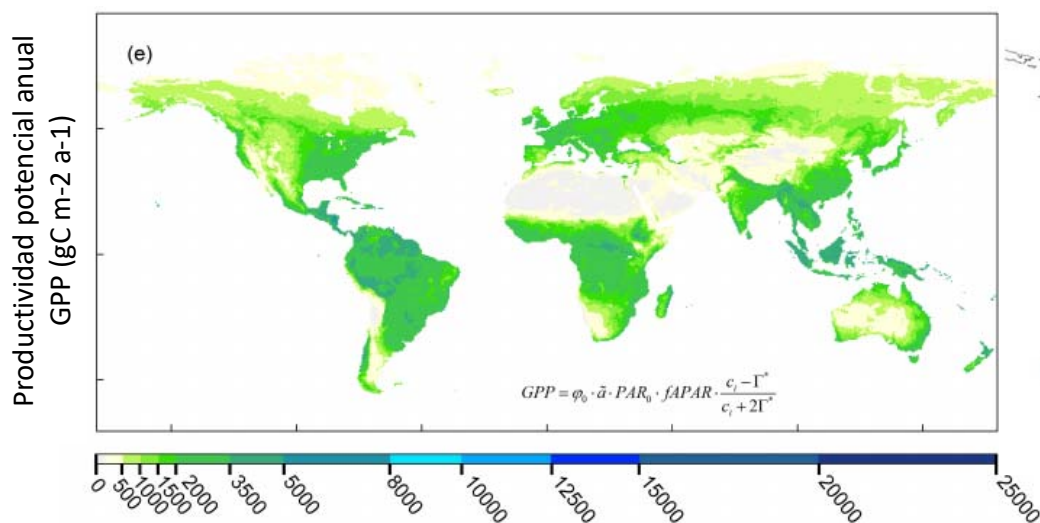
Agustín Núñez, IngAgr. PhD. – Manejo y fertilidad de suelos

INIA La Estanzuela 23-8-2022



Productividad si el clima fuera la única limitante...

- Productividad potencial anual del ambiente muy alta en nuestra región
- Una de las pocas regiones agrícolas del mundo en que podemos hacer doble cultivo

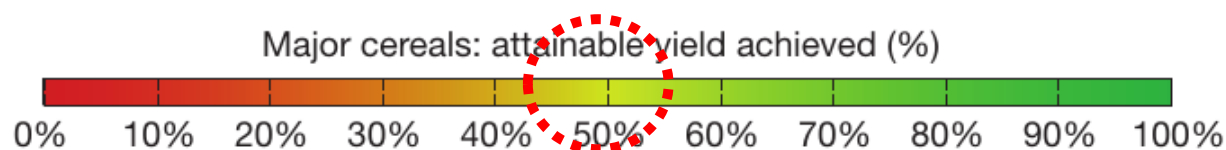
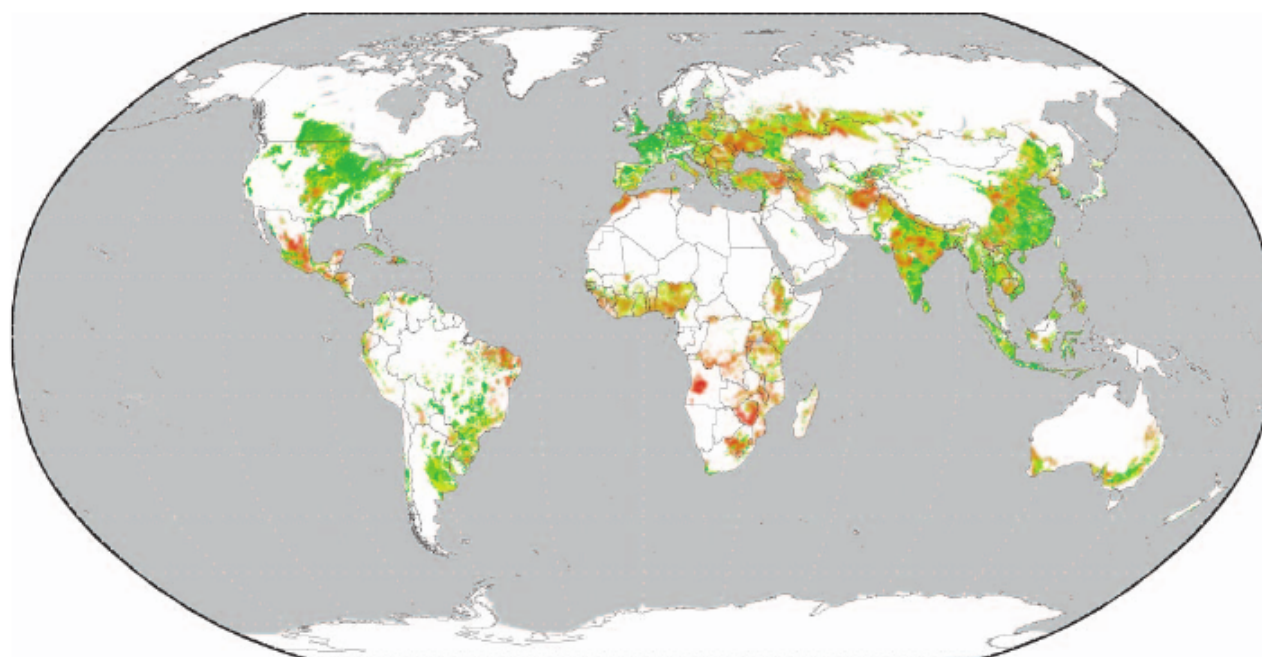


Wu, 2018 doi:10.1016/j.landusepol.2018.02.032

Wang, 2014 doi:10.5194/bg-11-5987-2014



A nivel de cultivos, sin embargo aun mantenemos una brecha de rendimiento importante (40-50%) si nos comparamos con otras regiones agrícolas (ej. USA, Europa, China o India)



Mueller, 2012
doi:10.1038/nature11420



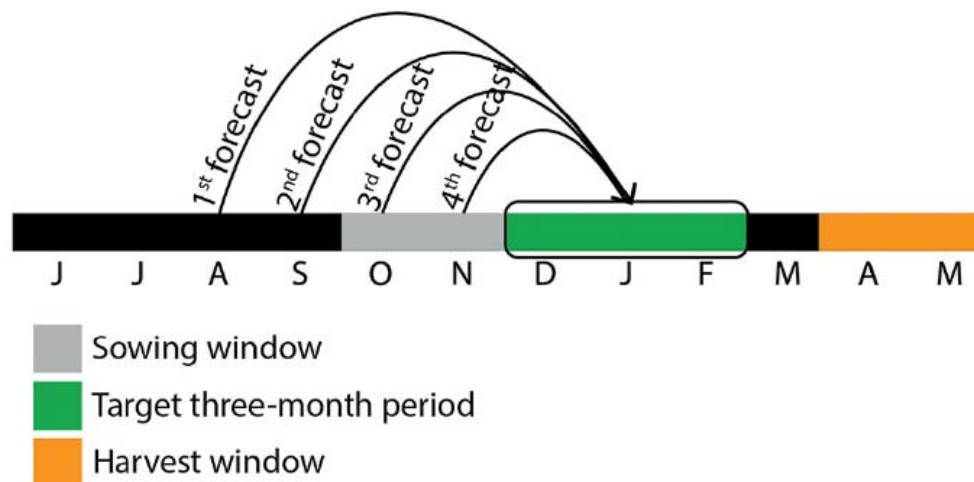
Puntos en que podemos mejorar del sistema...

1. Estrategias para maximizar el uso del agua
→ Uso de pronóstico estacional
2. Balance de nutrientes en sistemas de alta producción (P, K)
3. Productividad de la secuencia y balance de C



Estrategias para maximizar el uso del agua

- Los pronósticos se liberan para el trimestre → Trimestre objetivo DJF
<https://iri.columbia.edu/our-expertise/climate/forecasts/seasonal-climate-forecasts/>
- El 15 de Agosto se libera por primera vez para DJF





Hay una clara señal a una primavera-inicio de verano con precipitación probablemente menor a lo normal

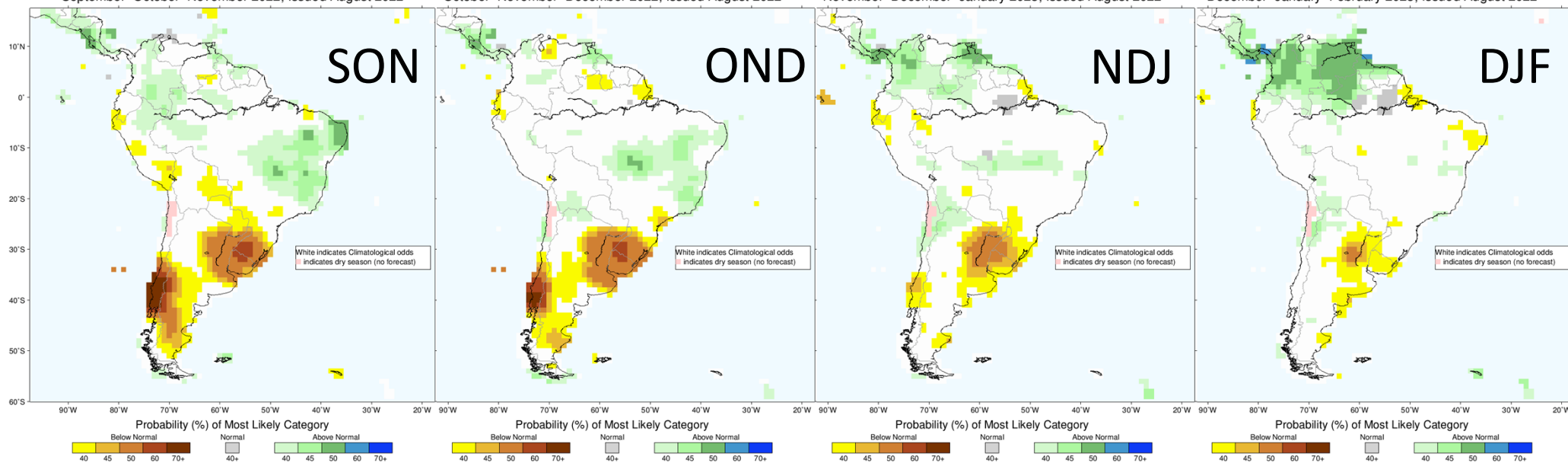
Pronostico liberado el 15 agosto

IRI Multi-Model Probability Forecast for Precipitation for September–October–November 2022, Issued August 2022

IRI Multi-Model Probability Forecast for Precipitation for October–November–December 2022, Issued August 2022

IRI Multi-Model Probability Forecast for Precipitation for November–December–January 2023, Issued August 2022

IRI Multi-Model Probability Forecast for Precipitation for December–January–February 2023, Issued August 2022

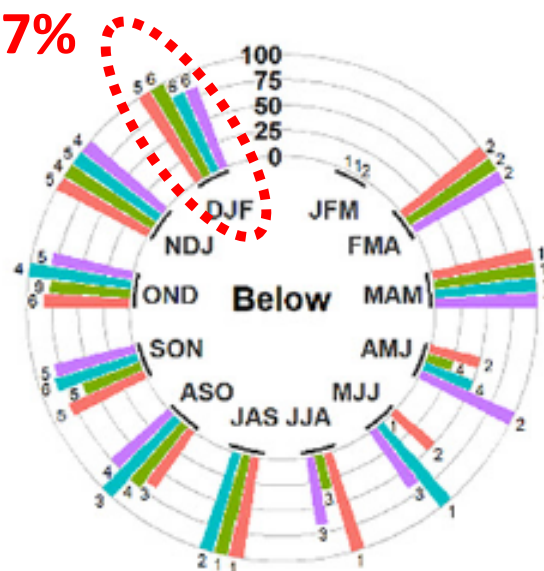




Pronóstico DEBAJO de lo normal

77%

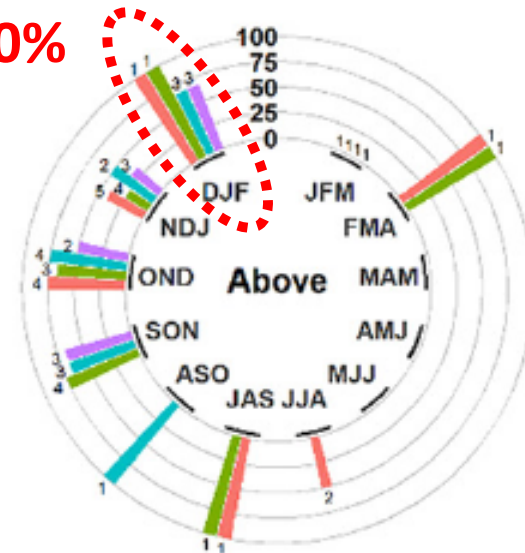
Mercedes



Alta capacidad de acierto

Pronóstico ARRIBA de lo normal

60%



Forecast release lead times

3.5-month 2.5-month 1.5-month 0.5-month



Modelo CROPGRO-Soybean

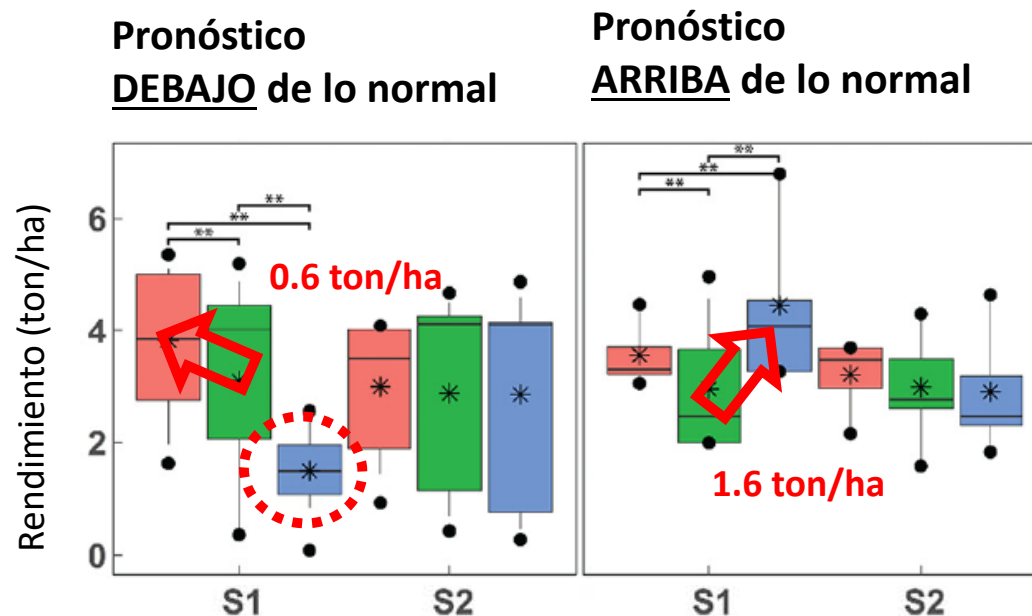
BB – Mejor manejo para seco (retrasar fecha de siembra a primer quincena de dic)

DOM – Manejo dominante (grupo 6, siembra de 10 Nov)

BA – Mejor manejo para año lluvioso (adelantar fecha de siembra a oct-nov, grupos cortos <5)



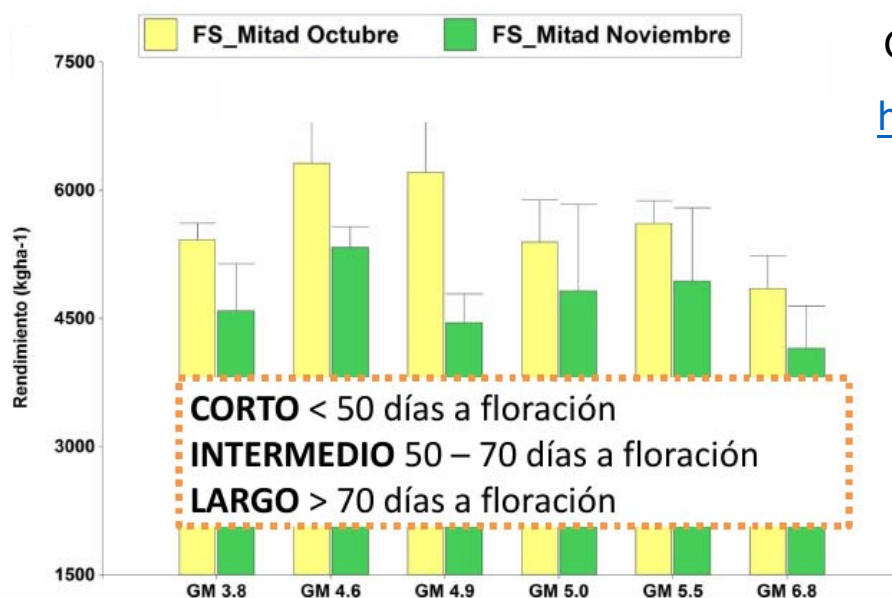
Mercedes



- Efecto pequeño de BB en años secos (promedio 0.6 ton/ha)
- Beneficio mayor de BA en años lluviosos (promedio 1.6 ton/ha)
- DOM , es una estrategia defensiva, de aversión al riesgo
- En soja de segunda diferencias menores (rango de fecha de siembra reducido)



- Tendencias de rendimiento y respuesta coincidentes con trabajos experimentales a campo.
- Ver JCV 2015 (solo que en 2015 había pronóstico de primavera lluviosa)



Días a R1:	36/43	38/46	44/53	44/54	72/68	80/70
------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Gaso, 2015. Jornada CV INIA-FUCREA

<https://www.youtube.com/watch?v=BW8StC7ct14>



Puntos en que podemos mejorar del sistema...

- Alta capacidad de acierto
- Manejo específico según pronóstico

1. Estrategias para maximizar el uso del agua

→ Uso de pronóstico estacional

2. Balance de nutrientes en sistemas de alta producción (P, K)

3. Productividad de la secuencia y balance de C



Balance de nutrientes

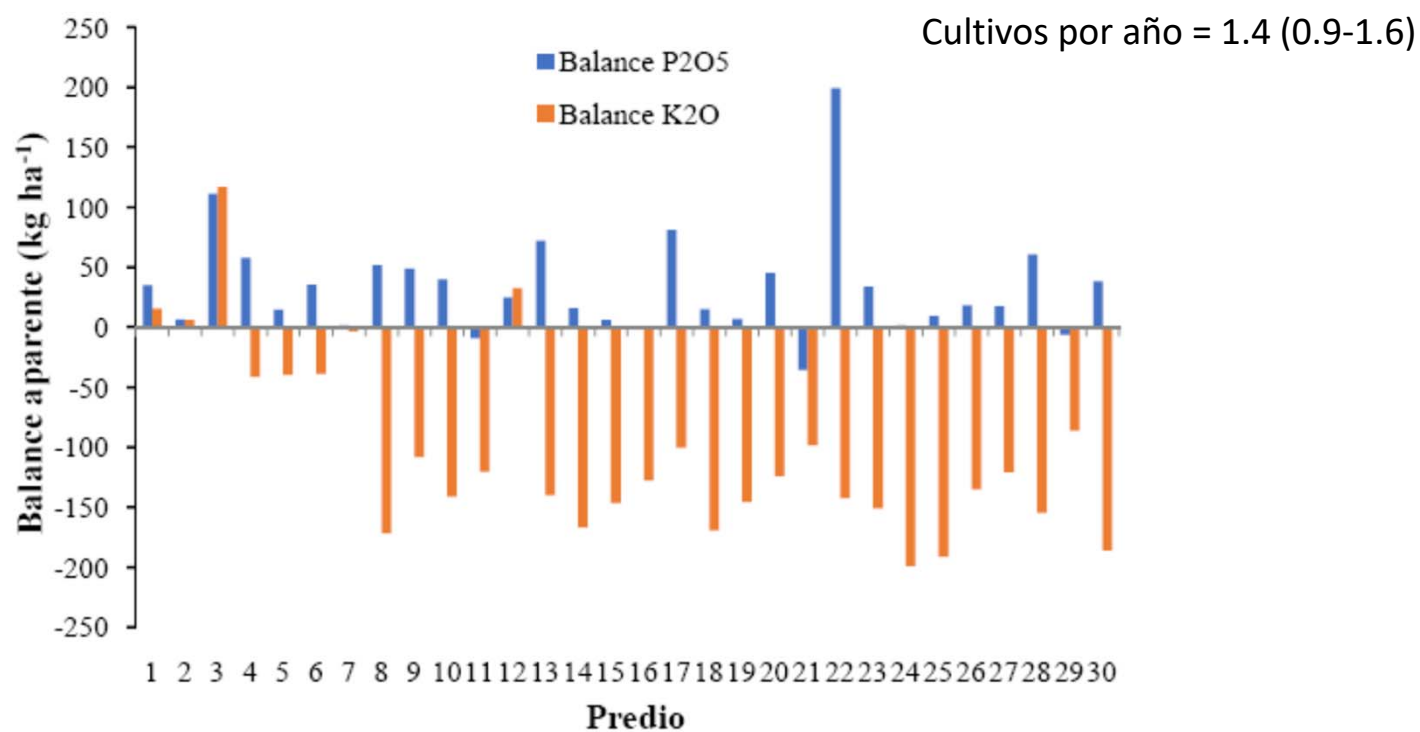


Figura 3.8. Balance aparente de P_2O_5 y K_2O para cada una de los predios evaluados durante el periodo 2011-2014.

Mazzilli, 2018



Manejo por suficiencia – fertilización del cultivo



Niveles críticos y equivalente fertilizante

➤ Información nacional disponible para cultivos y pasturas. Foco en cada cultivo

Cultivo	Nivel Crítico (P Bray I)	Fuente
Soja	10-12 ppm	Morón (2004)
Soja 2a	16 ppm	Hoffman (2013)
Trigo	13-14 ppm	Bordoli (2001)
Trigo	17 ppm	Pérez (1981), Rabuffetti (2017)
Cebada	11-13 ppm	Capurro et al. (1982)



Nuñez, 2022



Red de experimentos fertilización mediano plazo INIA- Nutrien



Extracción anual

Sitio	Período	Cultivos/año	Extracción P	Extracción K
Bichadero	2014-2017	1.5	18.9 (43)	50 (100)
Esperanza	2014-2018	1.4	12.4 (28)	33 (66)
Matadero	2014-2021	1.5	16.4 (38)	39 (78)
Chacra 30	2014-2021	1.6	20.2 (46)	48 (96)
Extracción promedio de nutrientes en kg ha ⁻¹ año ⁻¹ , entre paréntesis unidades de P ₂ O ₅ o KCl				

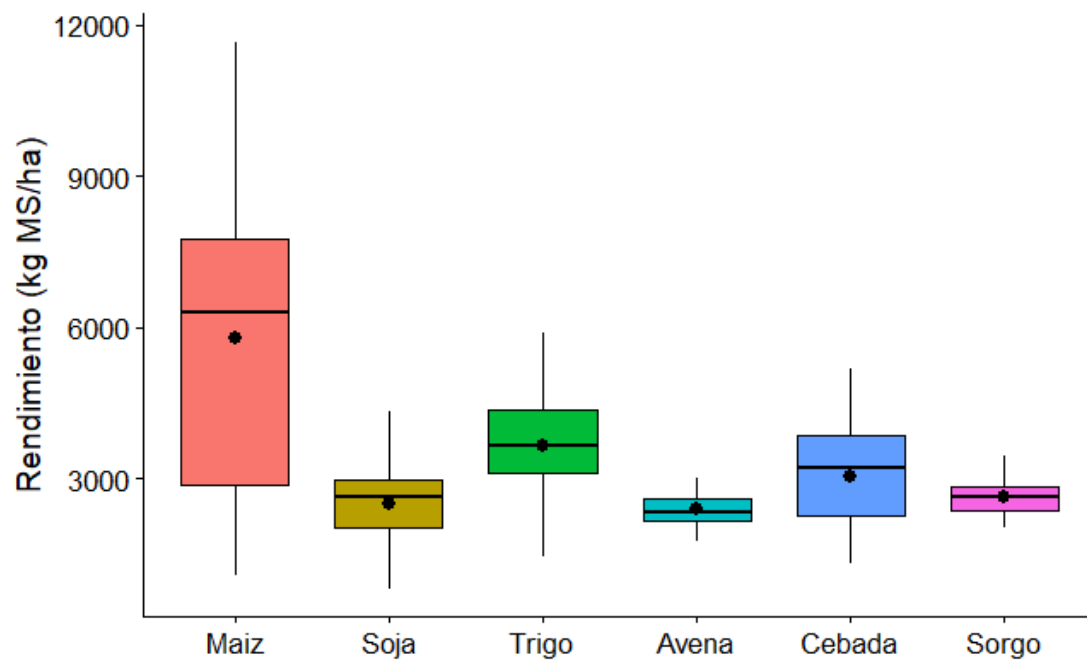
Nuñez, 2022



Red de experimentos fertilización mediano plazo INIA-Nutrien



Extracción anual



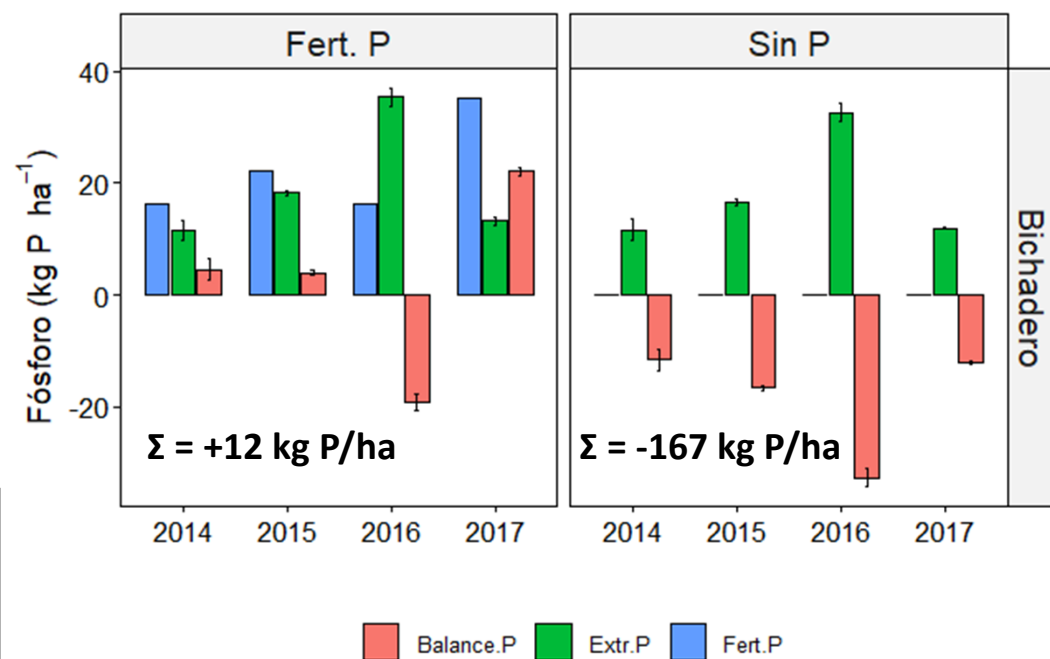
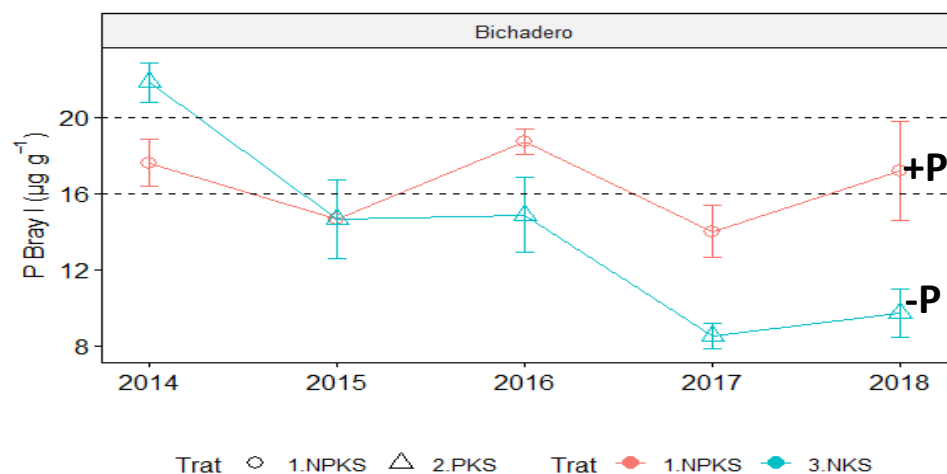
Nuñez, 2022



Ej. Sitio: Bichadero

Ruta 20, Coneat 11.5 UM Young

Sin fertilizar perdemos 1 ppm por cada 9.1 kg P extraído (21 kg P_2O_5)

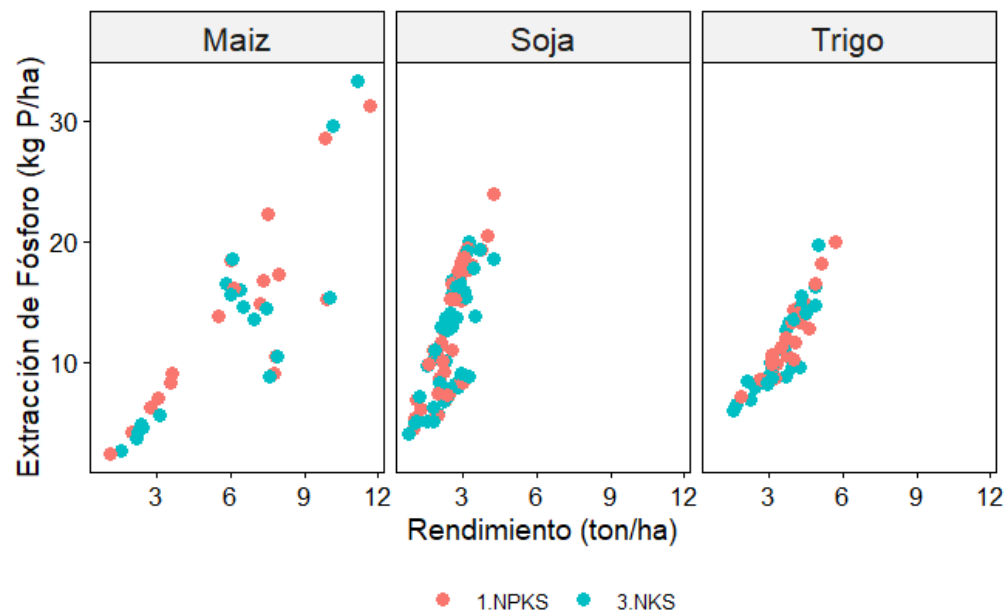


Nuñez, 2022

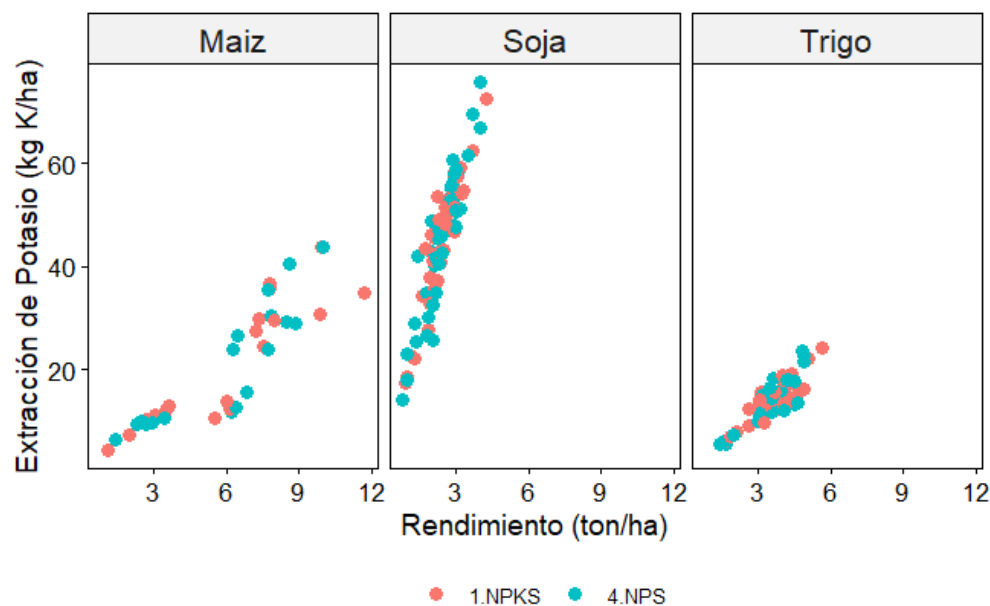


Extracción de nutrientes

P



K



Nuñez, 2022



Extracción de nutrientes

Cultivo	N° cultivos	Extracción P (kg/ton)	Extracción K (kg/ton)
Soja	15	4.99 ± 1.24 (6.20)	18.71 ± 2.31 (19.11)
Maíz	6	2.21 ± 0.55 (3.04)	3.52 ± 0.81 (3.99)
Trigo	9	3.23 ± 0.40 (4.00)	3.91 ± 0.56 (3.99)
Rendimiento en base seca (0% humedad), media ± sd en sitios INIA-Nutrien. (IPNI)			

Cultivo	N° cultivos	Extracción P (kg/ton)	Extracción K (kg/ton)
Soja Nuñez, 2015	199	4.6 (1.1-6.9)	17.2 (13.8-21.8)

Nuñez, 2022

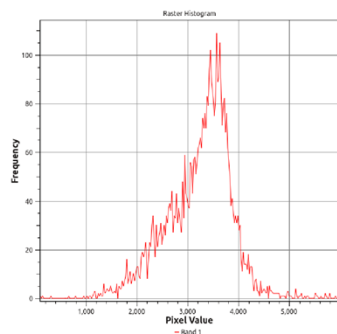


Reposición de extracción – Incorporar variabilidad es imprescindible

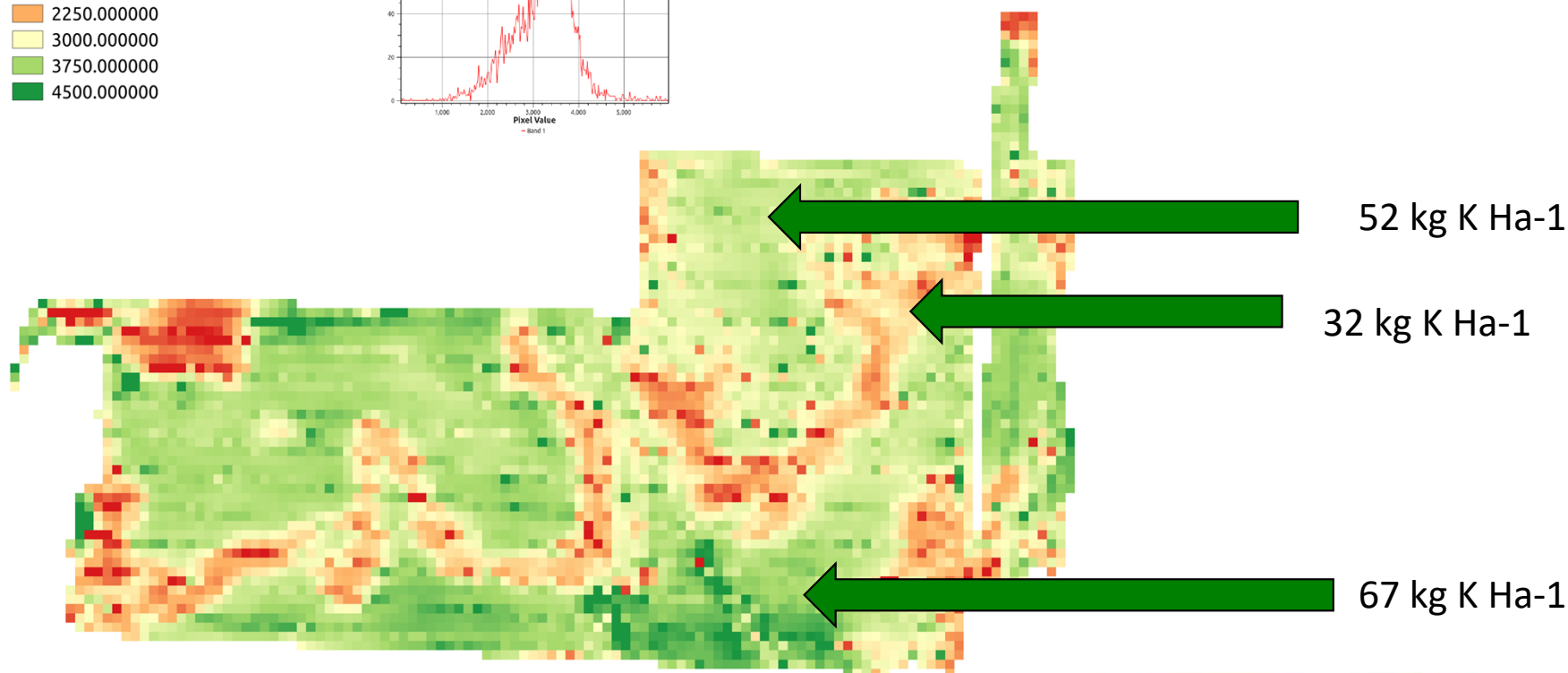
SOJA 2015
Rendimiento KgHa-1

2015 mg el indio_2_clip

- 1500.000000
- 2250.000000
- 3000.000000
- 3750.000000
- 4500.000000

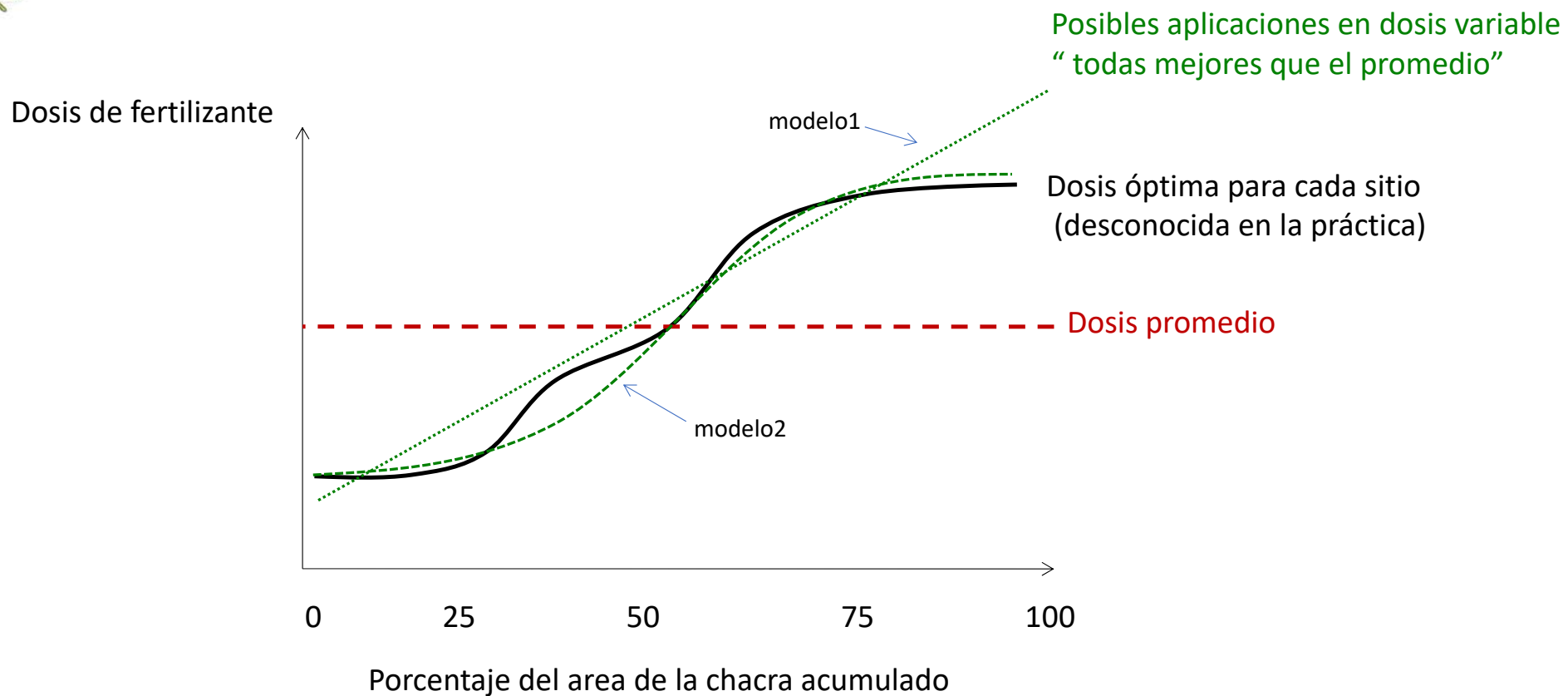


Repensar el muestreo → por zonas o en puntos de control
Repensar la fertilización → variable!





Aplicación variable (aun si es imprecisa) es mejor que promedio





Puntos en que podemos mejorar del sistema...

-> Alta capacidad de acierto
-> Manejo según pronóstico

1. Estrategias para maximizar el uso del agua
→ Uso de pronóstico estacional

-> Reponer nutrientes
por rendimiento

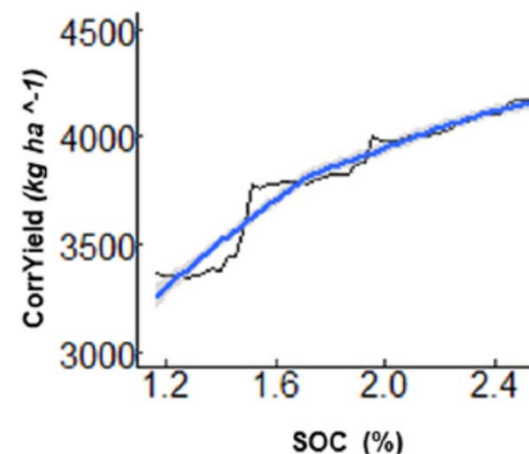
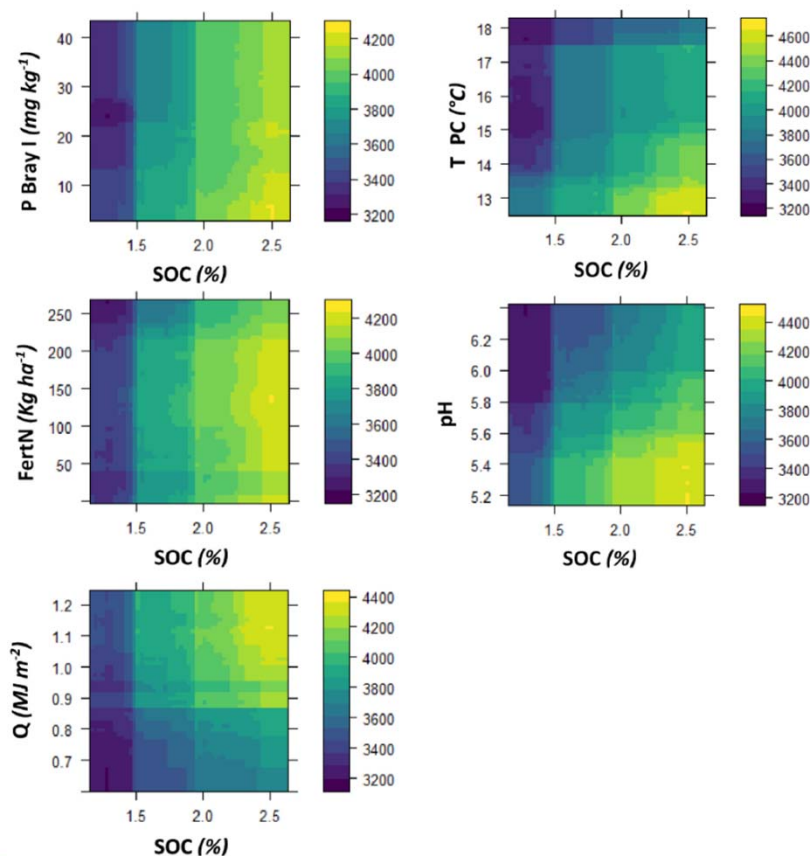
2. Balance de nutrientes en sistemas de alta producción (P, K)

3. Productividad de la secuencia y balance de C



Balance de C

Intensidad de cultivos - productividad



Rubio, 2021



Balance de C

Intensidad de cultivos - productividad

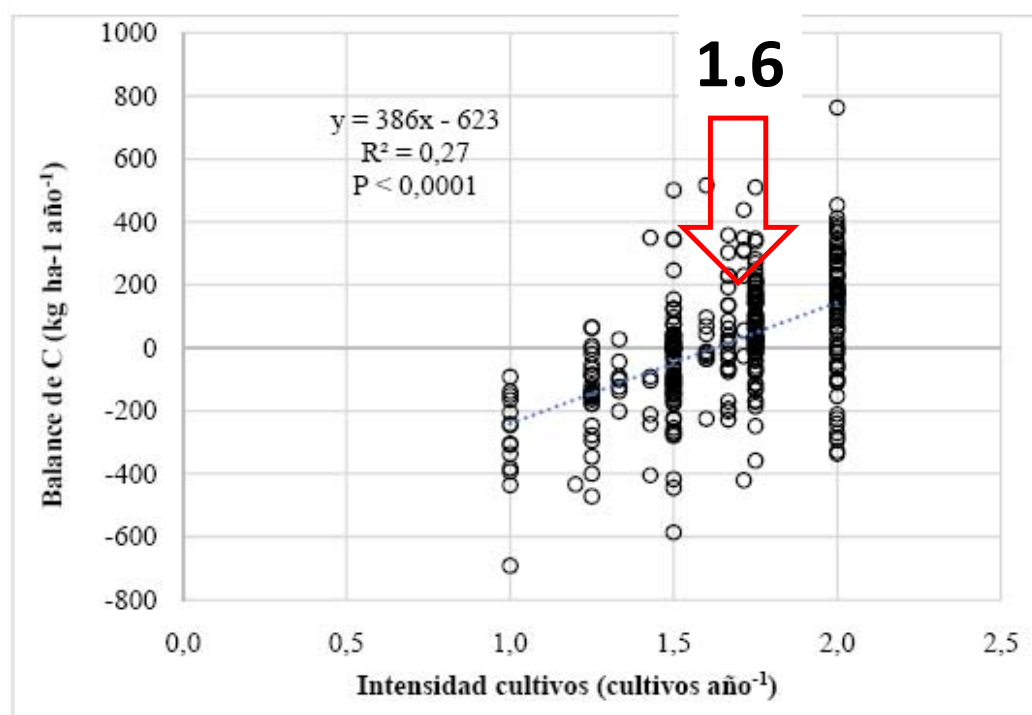


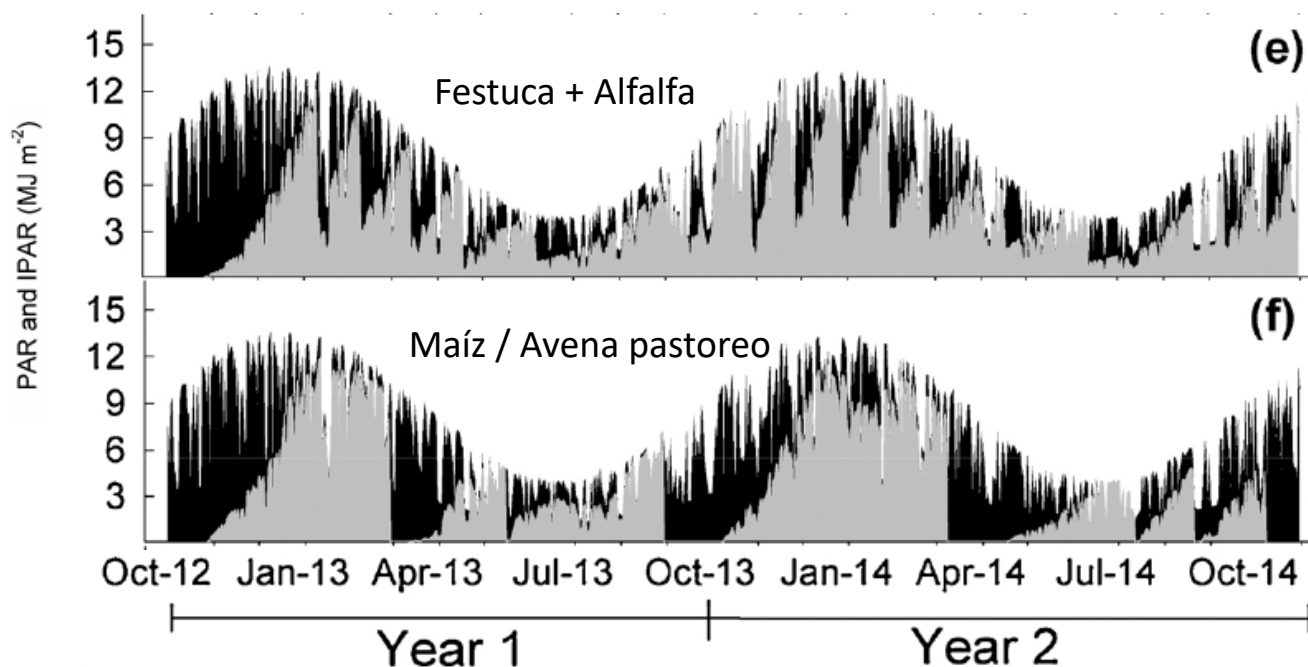
Figura 5.14. Balance de CS utilizando la tasa de descomposición obtenida del cuartil 50 en función de la intensidad de cultivos.



Radiación solar interceptada y productividad Balcarce

	IPAR (MJm ⁻²)		EUR (gMS MJ ⁻¹)	
	Año 1	Año 2	Año 1	Año 2
F+Alfalfa	1391b	1584ab	0.71c	0.77ab
Maiz/Av	1249c	1305de	1.10b	0.93a

 Radiacion solar incidente
 Radiacion solar interceptada

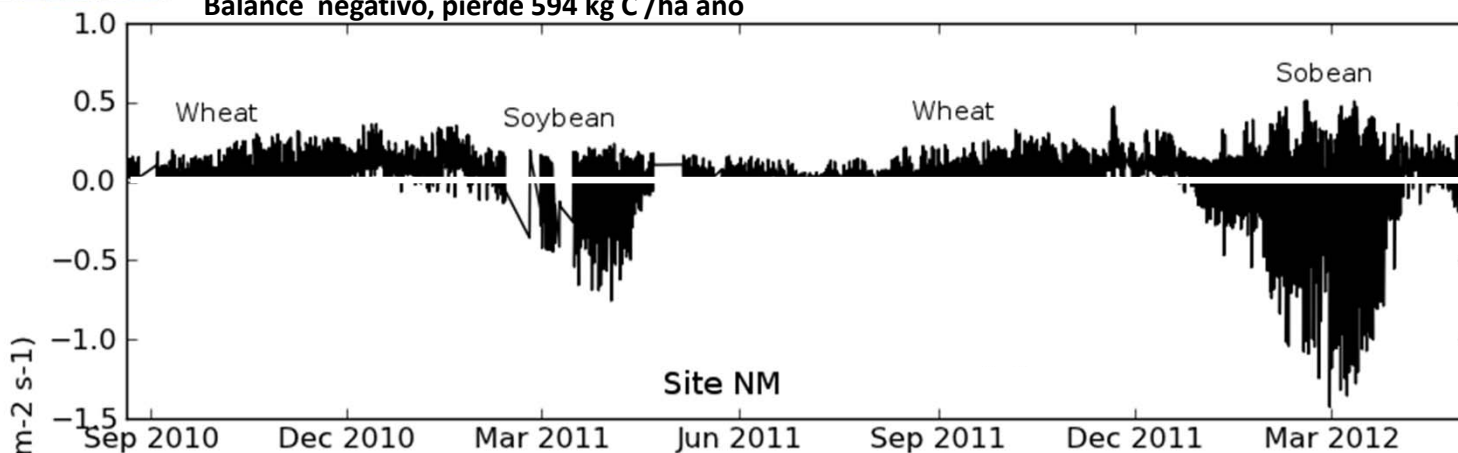


Las diferencias al final son pequeñas...

- Pastura intercepta mas pero es menos eficiente
- Cultivo intercepta menos pero es mas eficiente



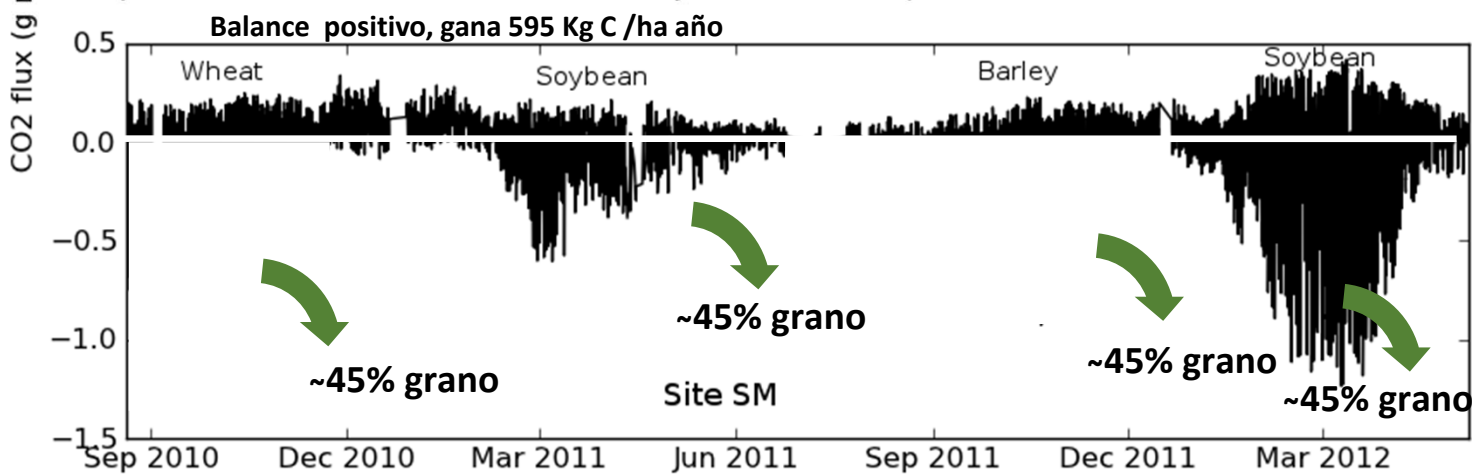
Balance negativo, pierde 594 kg C /ha año



Perdidas de C = respiración
de cultivo + perdidas de C
del suelo

Ganancias de C =
Asimilación (fotosíntesis)

Balance positivo, gana 595 Kg C /ha año



Berger et al, 2012



Balance de C

Intensidad de cultivos - productividad

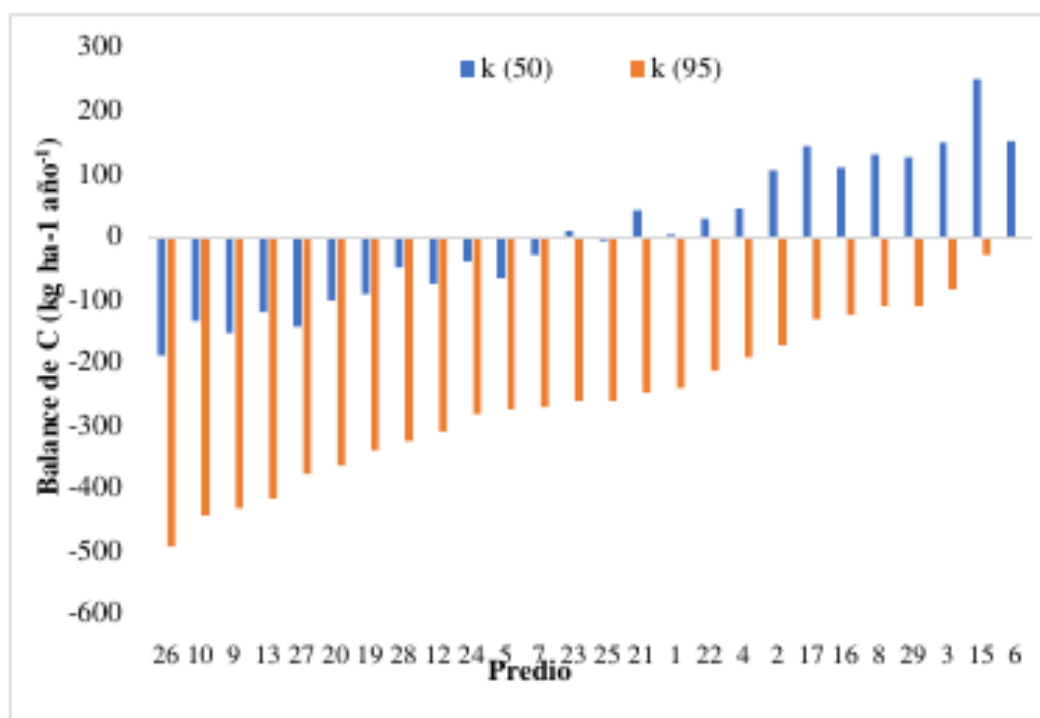


Figura 5.10. Balance de C según predio, estimado a partir de la tasa de descomposición máxima probable (cuartil 95) y la tasa de descomposición media (cuartil 50).



¿Cuánto C se “respira” por año (kg C/ha/año)?

- Depende del stock de C
- Se asume profundidad de 20cm



%Arcilla	%COS	Densidad ap.	Stock de C (Mg C / ha)	Respiración (kg C / ha / año)	
				k P50	k P95
40	3,2	1,30	83,2	998	1331
30	2,5	1,25	62,5	844	1094
20	1,8	1,20	43,2	756	1058

- Solo soja, no alcanza...
- Doble cultivo es condición necesaria, pero no suficiente, productividad importa

¿Cuánto C aportan los cultivos?

- Depende del rendimiento de los cultivos
- Se asume humificación $h = 0,18$

Cultivo	Índice de cosecha	Partición (aéreo :raíces)	Rendimiento base seca	C parte aérea (%C = 0,47)	C raíces (%C = 0,38)	C total humificado (kg C /ha)
Soja	0,44	5	2500	1495	432	347
Maíz	0,40	6	5500	3878	871	855
Sorgo	0,39	11	4500	3308	399	667
Trigo	0,40	7	4000	2820	543	605
Cebada	0,44	7	4000	2393	494	520



Consideraciones finales 1

- **Pronósticos estacionales son confiables** y pueden asistir en decisiones de manejo.
Este año → **Alto riesgo de maíz o soja de primera temprano (en soja considerar oportunidad de siembra).**
- En soja incrementos en rendimiento son posibles si empezamos a **adaptar GM-FS a pronóstico y disponibilidad de agua.**
- La extracción de P y K no es uniforme. En sistemas con alta extracción existe la **necesidad** de considerar **variabilidad espacial** en extracción.
- **Preservar balance** no es lo mismo que agregar P y K a nivel no limitante. Es reponer extracción de P y K para evitar que se acumulen diferencias
→ **mapa de rendimiento * contenido**



Consideraciones finales 2

- La mayor **utilización de los recursos** se obtiene con cultivos de **invierno + verano productivos** y esto es **crítico** para mantener sistemas sostenibles
- Carbono en el suelo y sostenibilidad no son sinónimos

Además de productividad, deberíamos considerar también

- Rotación diversa.
- Medidas de conservación de suelo adicionales

Nuestro ambiente tiene un muy alto potencial productivo, pero eso es sostenible y posible, si todo el sistema esta armado para esto

- *doble cultivo o cultivo-pasturas (productividad todo el año)*
- *reposición de nutrientes*
- *productividad es suficientemente alta para mantener un balance de C estable*



Gracias

Consultas:

Suelos, K, P, C : anunez@inia.org.uy

Suelos, C, P, rotaciones: aquincke@inia.org.uy

Manejo de cultivos, N, agricultura de precisión: abberger@inia.org.uy





JORNADA DE CULTIVOS Y SISTEMAS 2022



23 de AGOSTO | Mercedes

