



Brechas de productividad
Área de agricultura
I+D CREA

Región NOA
Noviembre 2023

PROYECTO BRECHAS

CONVENIO CREA / SYNGENTA 2022-24

Descripción del proyecto y principales resultados



Brecha de productividad



Demandas y necesidades

Alcanzable
Real



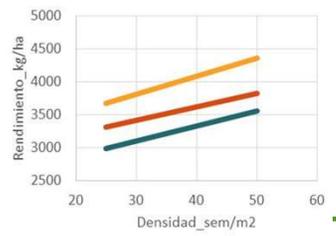
(1) Cuantificar



(2) Identificación de factores limitantes



(3) Impacto sobre productividad y brechas



Tecnologías de insumos y/o procesos

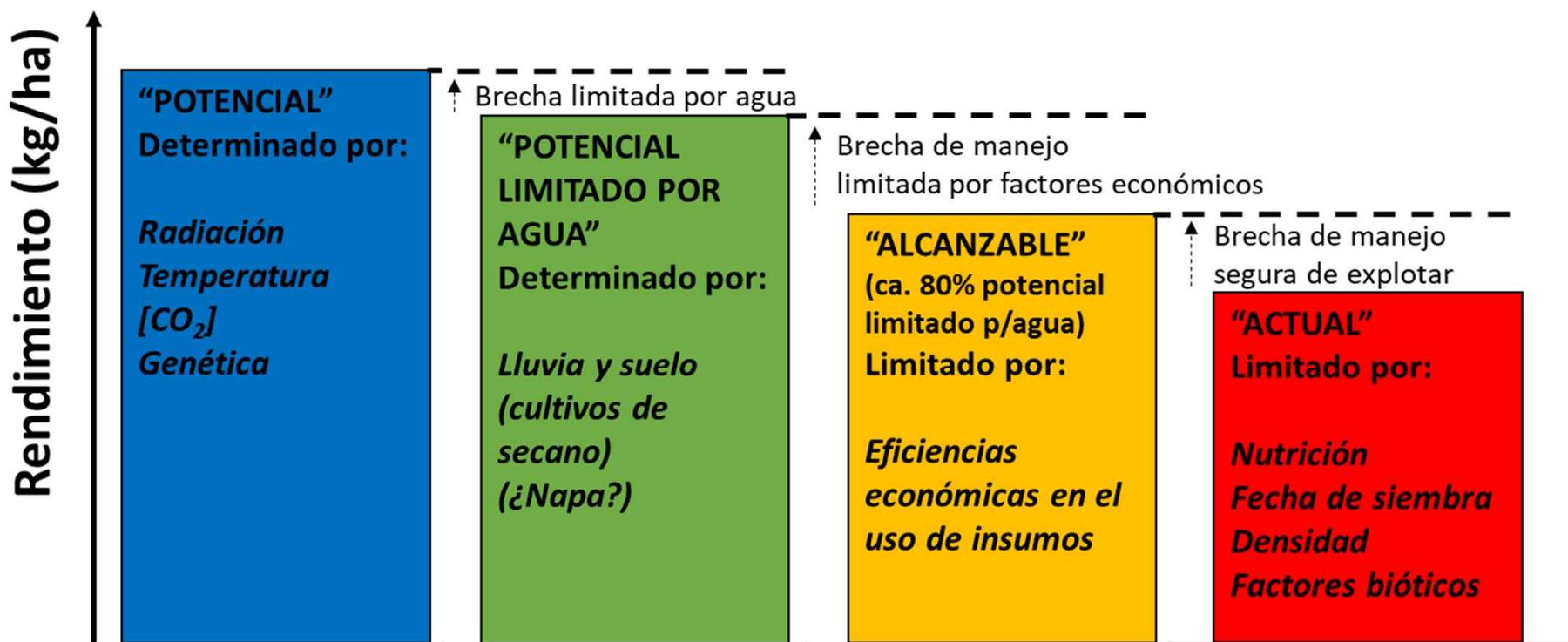
Incremento de la productividad



El problema a resolver...

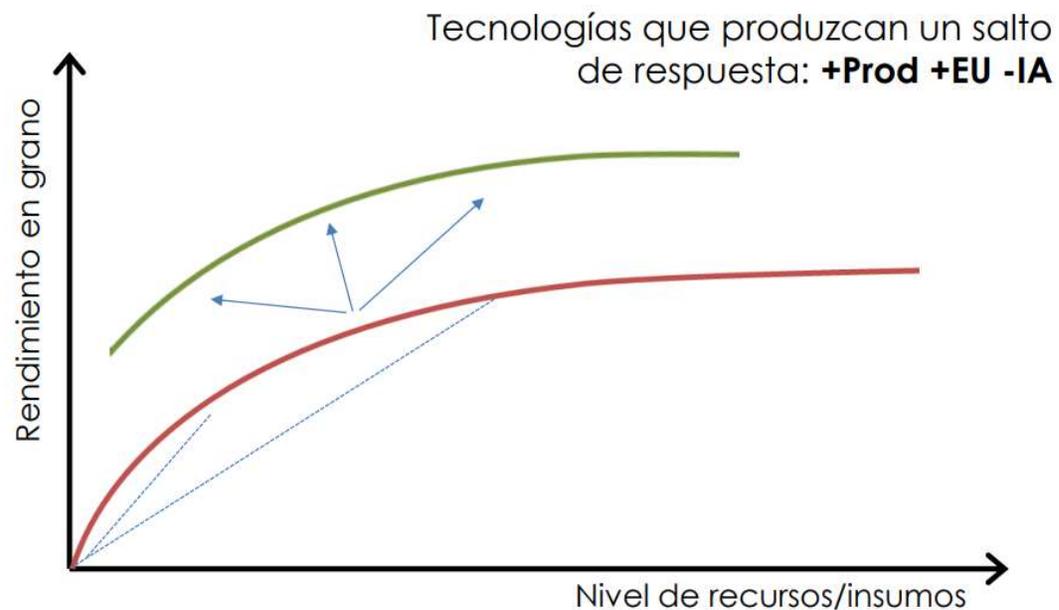
¿CUÁLES SON LAS BRECHAS DE RENDIMIENTO EN LOS CULTIVOS DE GRANO DE ARGENTINA?

¿CUÁLES SON LAS CAUSAS DE LAS BRECHAS?



Van Ittersum et al. (2013)
Field Crops Research

...el salto de curva para aumentar la producción



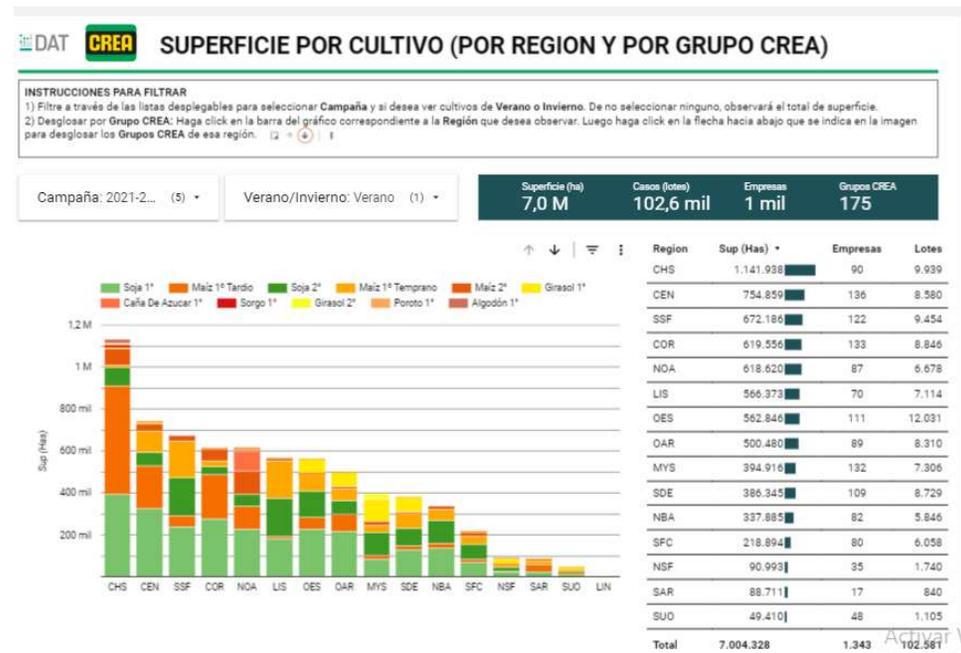
Fuente: Fernando Andrade (2017). *Los desafíos de la agricultura argentina*.

Un análisis basado en datos reales de producción (DAT CREA)

“Proyecto Brechas”



- La base contiene información de varios cultivos y hasta 25 campañas (330 mil casos > 22 M has).
- Para el proyecto analizamos la información de las últimas 5 campañas, que suman más de 6 millones de has entre maíz y soja.



+250 variables de manejo
Se redujeron a aprox. 20 por cultivo





Zonificación – Escala/universo de aplicación

Agrupación de regiones:

Norte

(COR, CHS, NOA)

Centro Norte

(LIS, NSF)

Centro Oeste

(OAR, SAR, CEN)

Núcleo

(NBA, SSF)

Centro Sur

(SDEN, OES)

Sur

(SUO, SDES, MYS)



Limitación:

Los análisis valen a escala de “MACROZONA”.

Las conclusiones valen a esa escala.

Las aplicaciones también...

Generación de los datos

+250 variables de manejo
Se redujeron a aprox. 20 por cultivo
Ejemplo en maíz:

Rendimiento	Fecha de Siembra	P aplicado	Herbicidas postemergencia
Tenencia	Densidad	S aplicado	Fungicidas
Superficie	Distanciamiento	K aplicado	Insecticidas
Antecesor	Fertilización	Malezas resistentes	Napa
Híbrido	N aplicado	Herbicidas barbecho	Potencial Ambiente



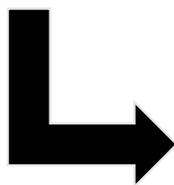
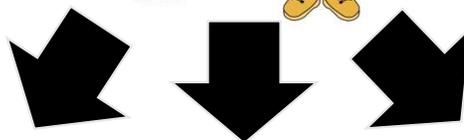
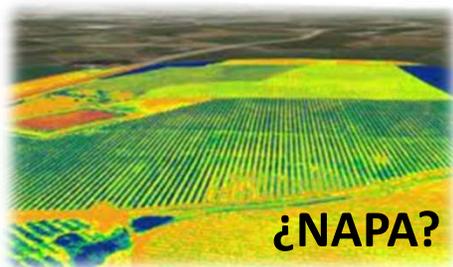
Los ambientes



Limitación:

Los análisis valen para los cultivos en seco

↓
AMBIENTE PERCIBIDO
("POTENCIAL PRODUCTIVO")



NAPA

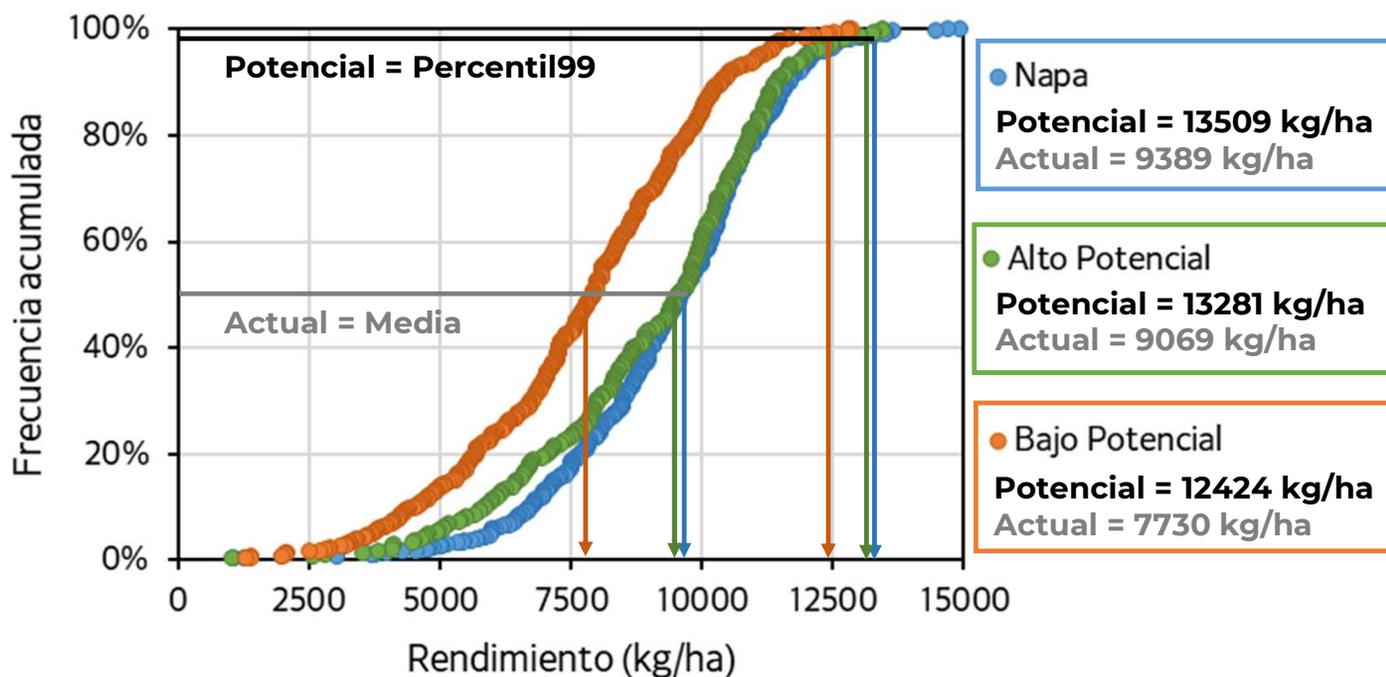
ALTO

BAJO

En cada "ambiente"
subjetivo definido por el
productor

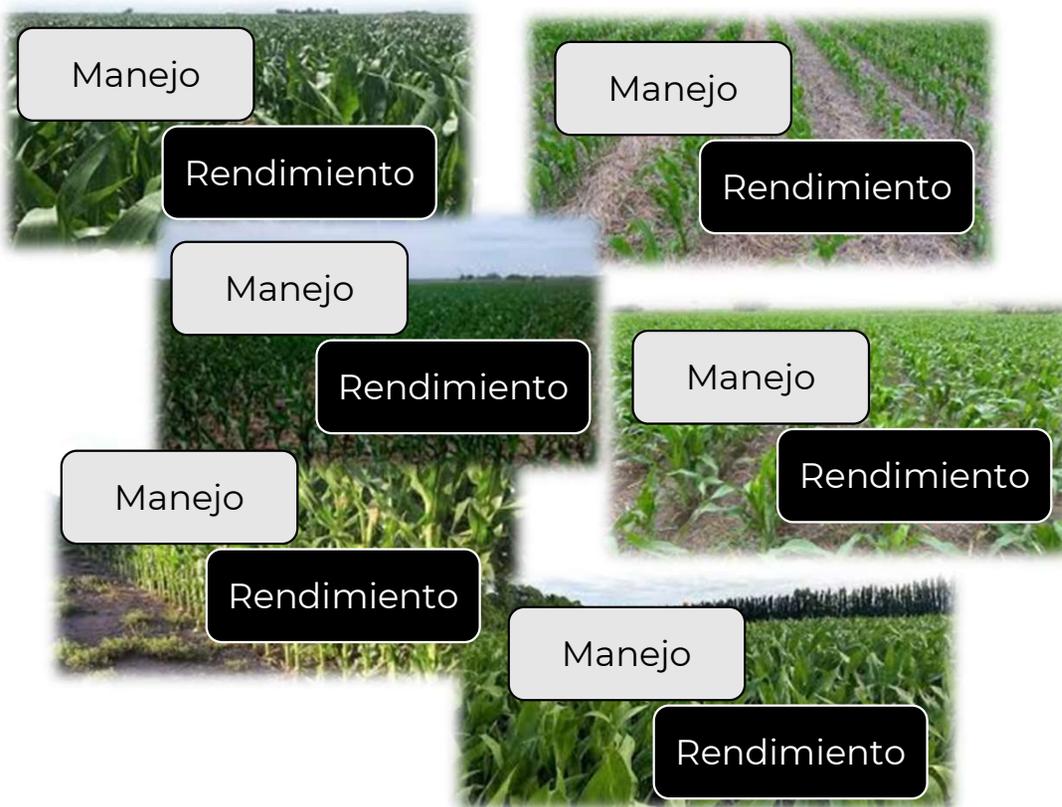


¿Cómo estimamos los niveles de rendimiento? Potencial y actual



Rendimientos

¿Cómo estimamos los niveles de rendimiento? Alcanzable



Rendimiento Alcanzable:

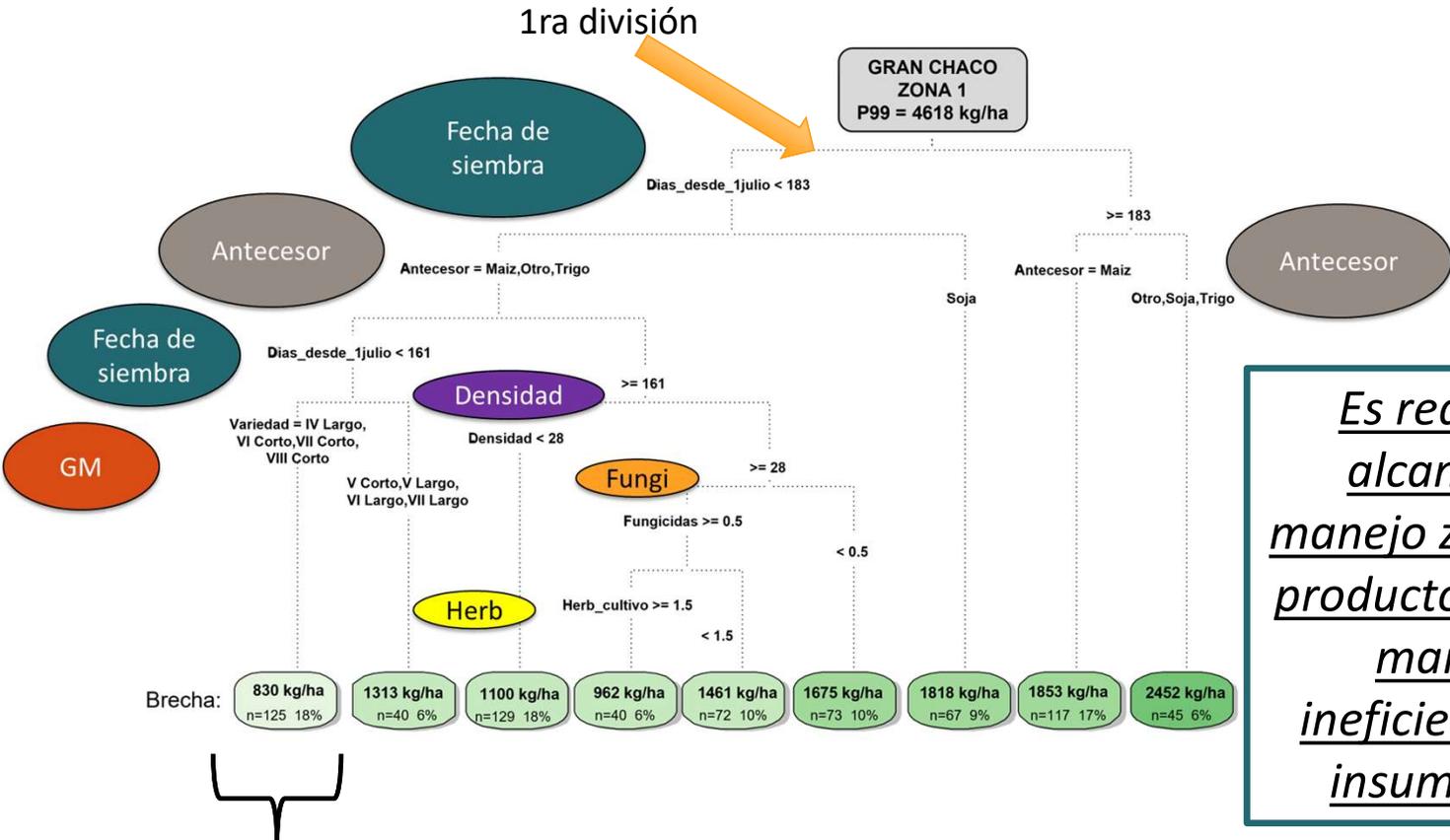
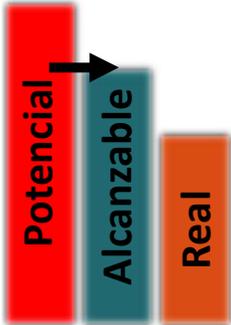
Aquel rendimiento:

- (i) alcanzable por productores.
- (ii) en un ambiente de producción determinado,
- (iii) con un ambiente climático promedio, y
- (iv) cuando se adoptan las tecnologías agronómicas de procesos y de insumos económicamente óptimas.

Fischer (2015)
Field Crops Research



Rendimiento alcanzable. Árboles de partición (Machine learning)



Es realmente un rendimiento alcanzable, con prácticas de manejo zonales, asumiendo que los productores no toman prácticas de manejo económicamente ineficientes por exceso de uso de insumos o prácticas inviables.

Grupo de lotes con menor brecha respecto al **Potencial** = nivel de rendimiento considerado **Alcanzable**

Rendimientos

¿Cómo estimamos los niveles de rendimiento?

Alcanzable = la técnica (ej. árboles de partición – *machine learning*)

Ej.:

Soja

Gran Chaco Argentino

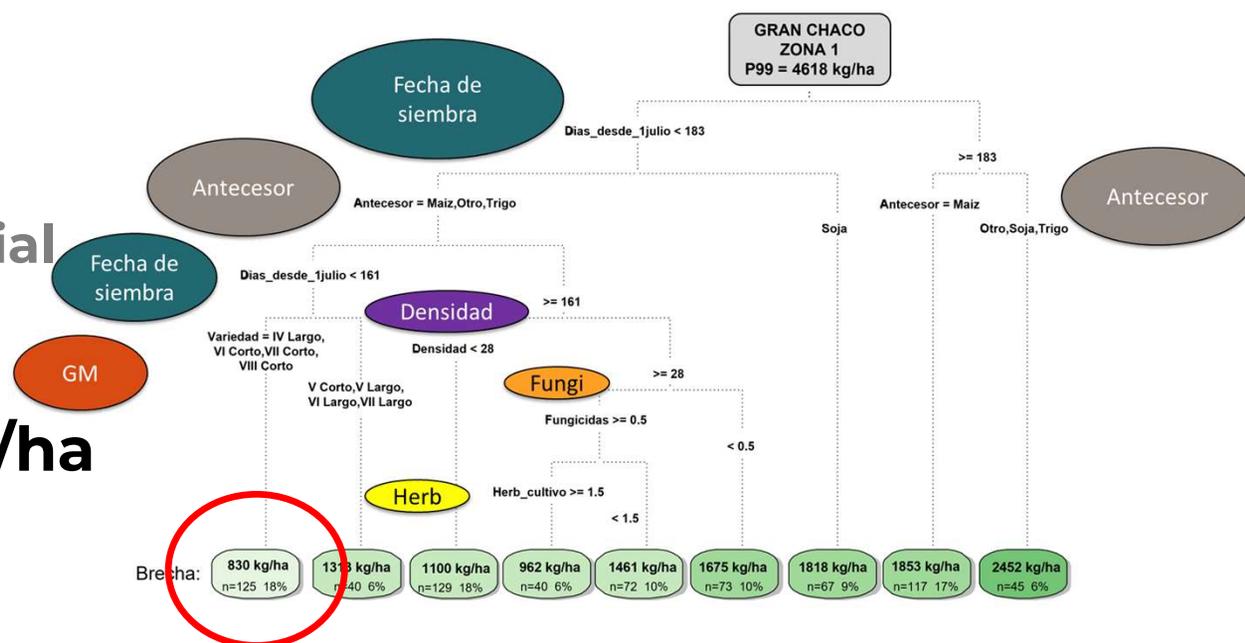
Ambientes Alto potencial

$Y_{pot} = 4618 \text{ kg/ha}$

$Y_{alc} = (4618 - 830) \text{ kg/ha}$

$Y_{alc} = 3788 \text{ kg/ha}$

$Y_{alc}/Y_{pot} = 82\%$



**En este ejemplo
El rendimiento alcanzable es igual a un
82 % del rendimiento potencial**

Cultivos y ambientes analizados

Macrozonas
Norte
Centro Norte
Núcleo
Centro Oeste
Centro Sur
Sur

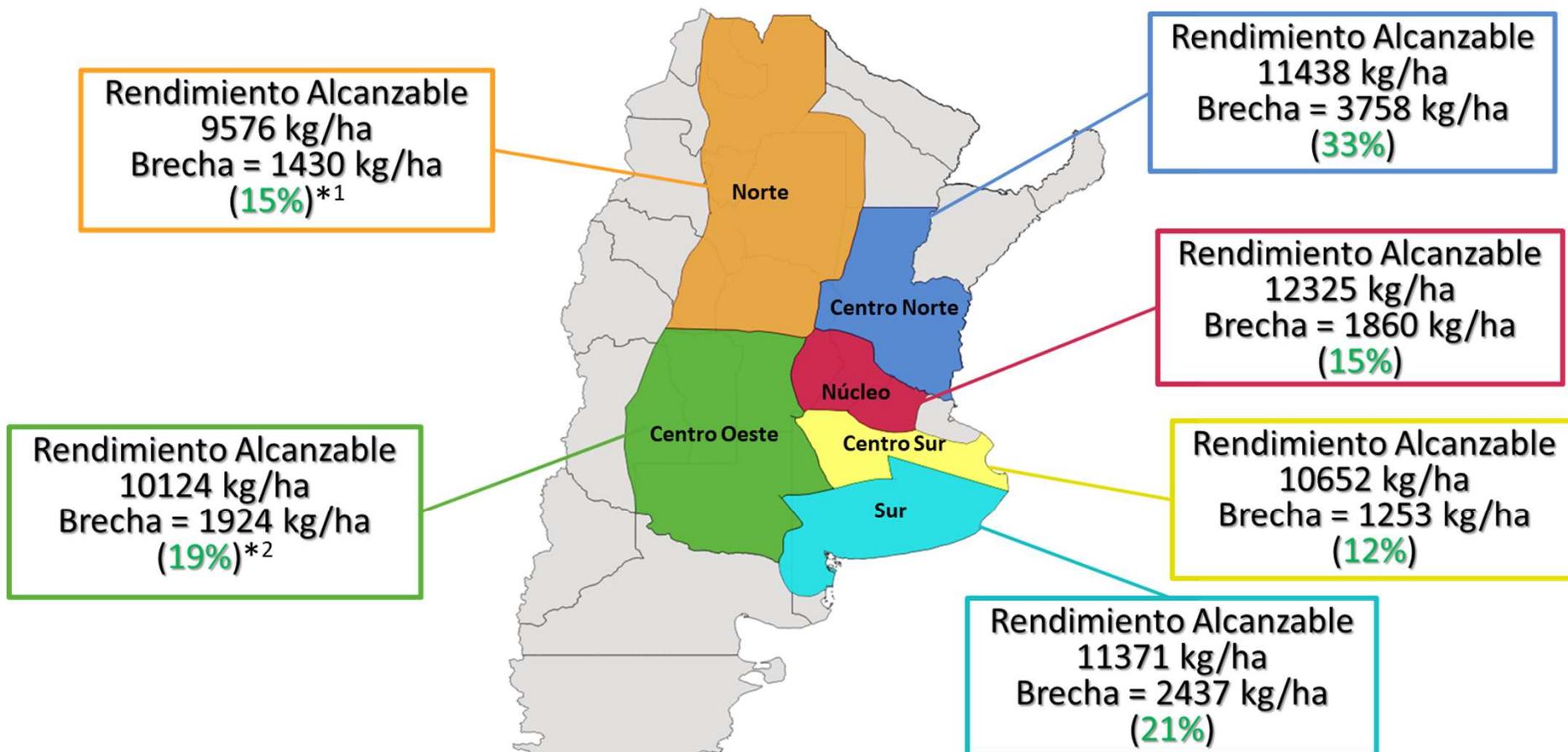
Cultivos
Trigo
Girasol
Maíz temprano
Maíz tardío
Maíz de segunda
Soja de primera
Soja de segunda

Ambientes
Potencial Alto
Potencial Bajo
Napa



Llegando a resultados – Brechas en el país

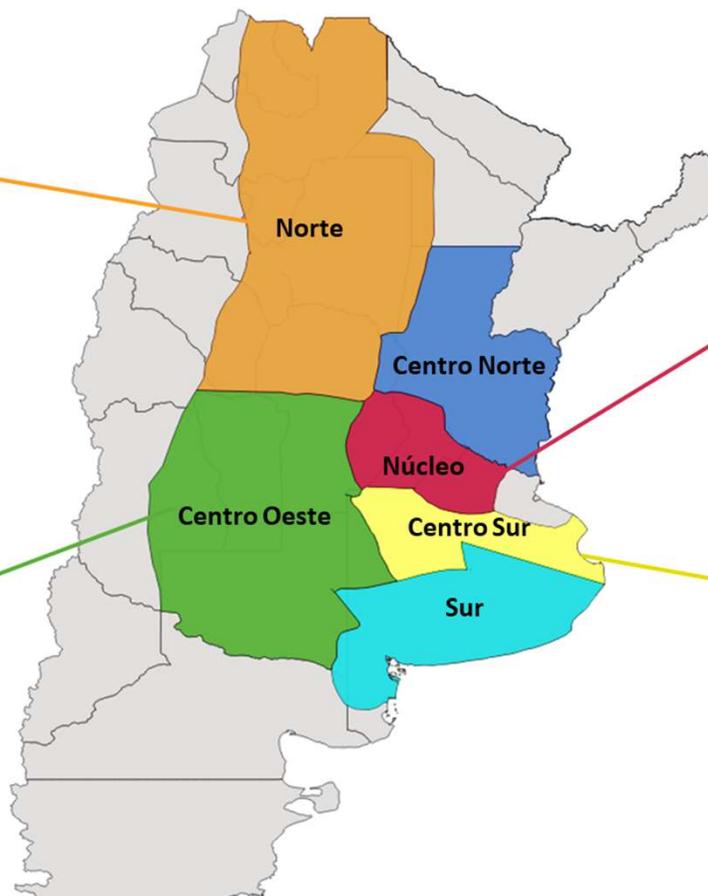
Ej.: Maíz Temprano Ambientes Alto Potencial



Llegando a resultados - Brechas

Ej.: Soja 1^{ra} Ambientes Con Napa

Rendimiento Alcanzable
4496 kg/ha
Brecha = 589 kg/ha
(13%)



Rendimiento Alcanzable
4651 kg/ha
Brecha = 407 kg/ha
(9%)

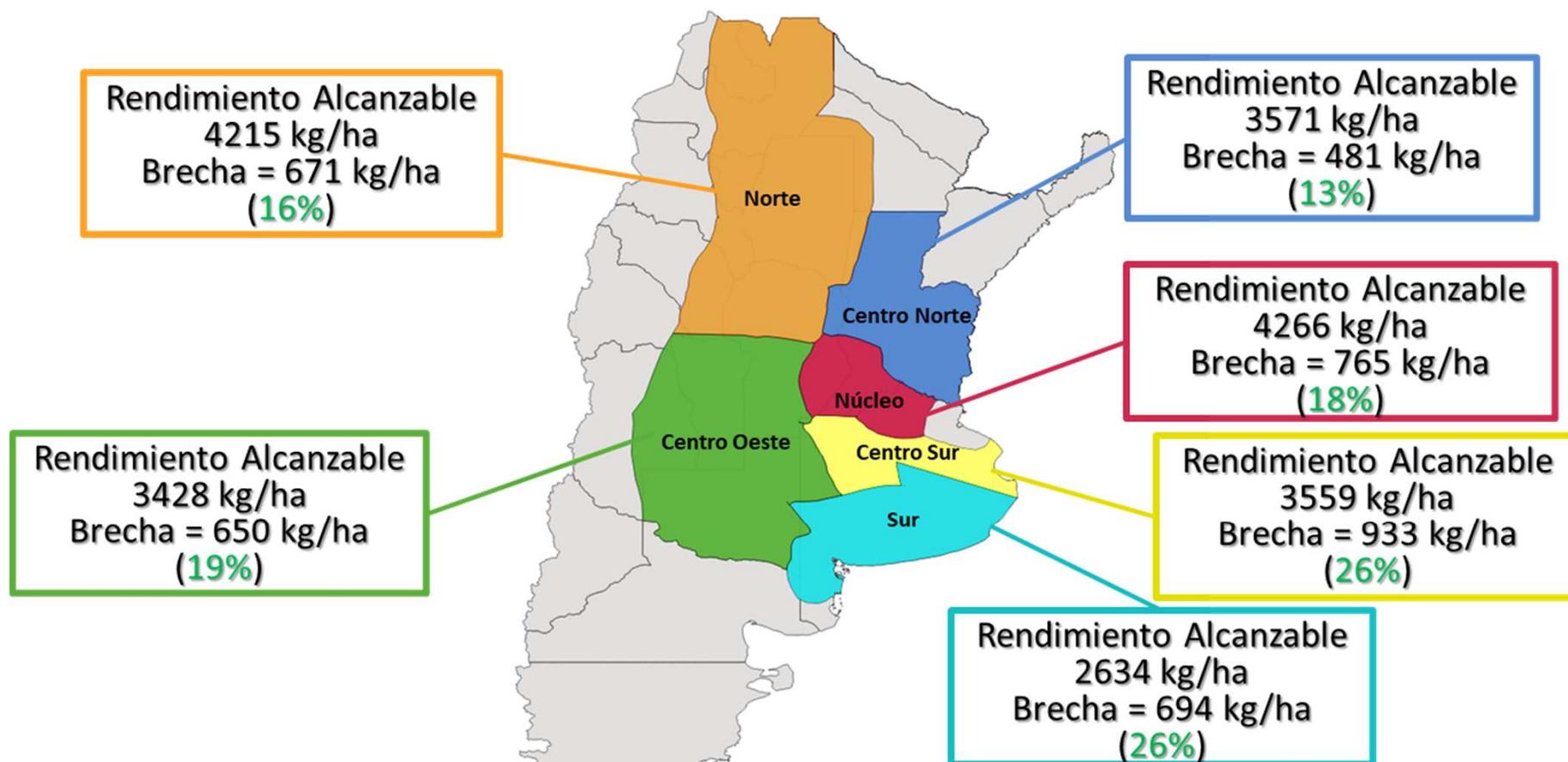
Rendimiento Alcanzable
4430 kg/ha
Brecha = 363 kg/ha
(9%)

Rendimiento Alcanzable
4494 kg/ha
Brecha = 740 kg/ha
(16%)



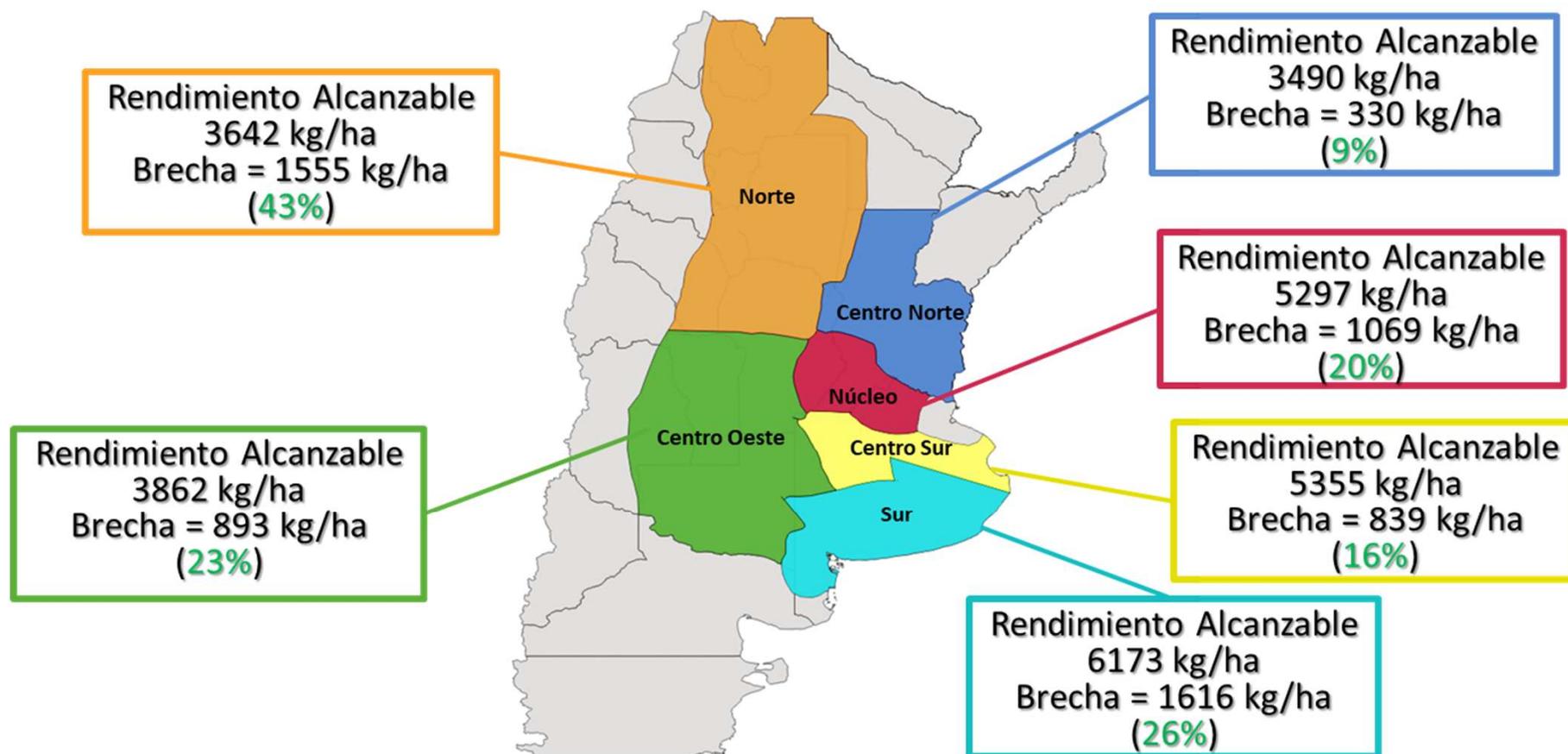
Llegando a resultados - Brechas

Ej.: Soja 2^{da} Ambientes Con Napa



Llegando a resultados - Brechas

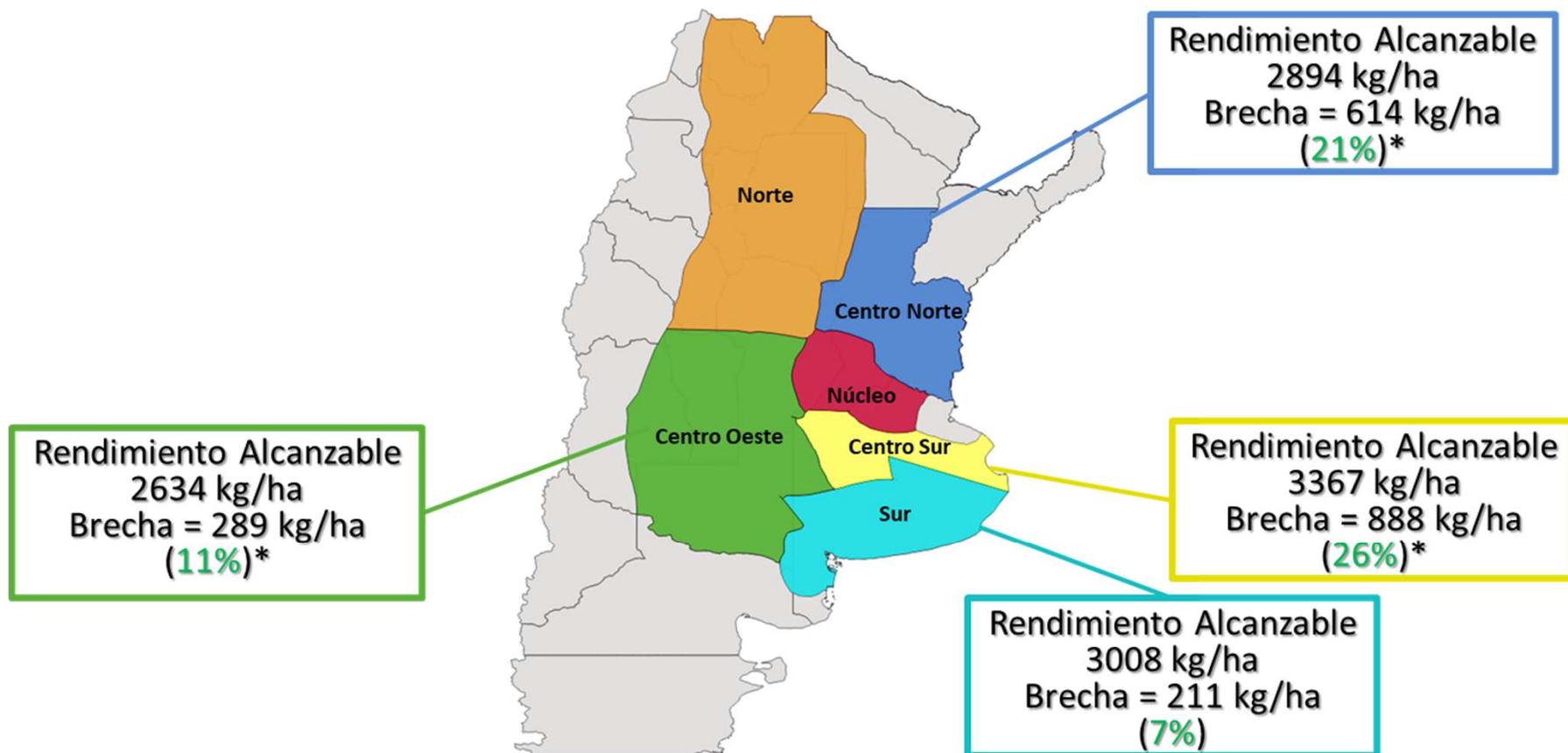
Ej.: Trigo Ambientes Bajo Potencial





Llegando a resultados - Brechas

Ej.: Girasol Ambientes Alto Potencial

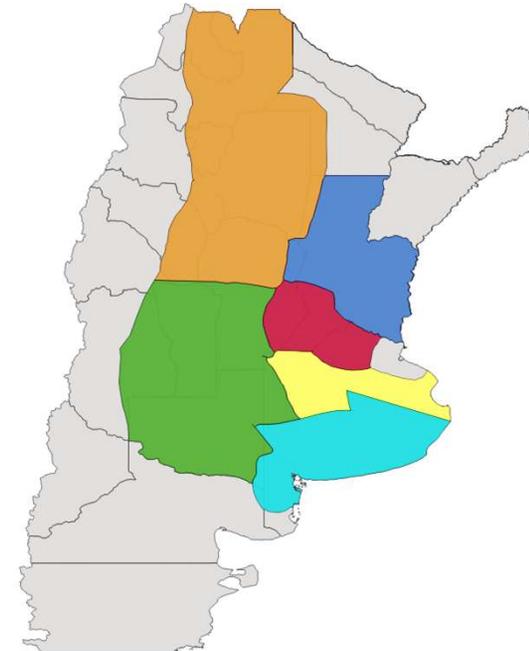


* Niveles de Potencial Alto y Bajo agrupados por el número de datos

Brechas Macroregiones.

Las brechas de productividad no solo dependen del tipo de cultivo, sino que además son muy variables, dependiendo de los mega-ambientes definidos por cada macroregión, y de la potencialidad de los distintos ambientes dentro de una misma macroregión.

Esto lleva a la necesidad de analizar las brechas de productividad de manera específica, considerando no solo el tipo de cultivo, sino además, características ambientales regionales, y potencialidad de los distintos ambientes explorados a nivel de establecimiento o lote.



Brechas Norte.

	MAIZ 1ra_Alto	MAIZ1ra_Bajo	MAIZ2da_Alto	MAIZ2da_Bajo
Rendimiento potencial_kg/ha	11800	11580	10937	11000
Rendimiento alcanzable_kg/ha	9576	8834	8387	8113
Rendimiento logrado_kg/ha	8146	7335	7807	7407
Brecha_kg/ha	1430	1499	580	706
Brecha_%	15%	17%	7%	9%



	SOJA1RA_NAPA	SOJA1RA_Alto	SOJA1RA_Bajo	SOJA2DA_Alto	SOJA2DA_Bajo
Rendimiento potencial_kg/ha	5300	5525	4800	4646	4562
Rendimiento alcanzable_kg/ha	4496	4438	3537	3637	3117
Rendimiento logrado_kg/ha	3907	3397	3183	3280	2826
Brecha_kg/ha	589	1041	354	357	291
Brecha_%	13%	23%	10%	10%	9%



Brechas Norte.

	TRIGO_Bajo
Rendimiento potencial_kg/ha	4500
Rendimiento alcanzable_kg/ha	3642
Rendimiento logrado_kg/ha	2087
Brecha_kg/ha	1555
Brecha_%	43%



A nivel de Macroregión, las brechas son mayores en trigo (**43%**) y menores en maíz (**7 a 17%**) y soja (**9 a 23%**). En los cultivos de segunda la brecha es menor.



El otro problema a resolver...

¿Cuáles son las causas de la brecha entre rendimientos logrados y rendimientos alcanzables?



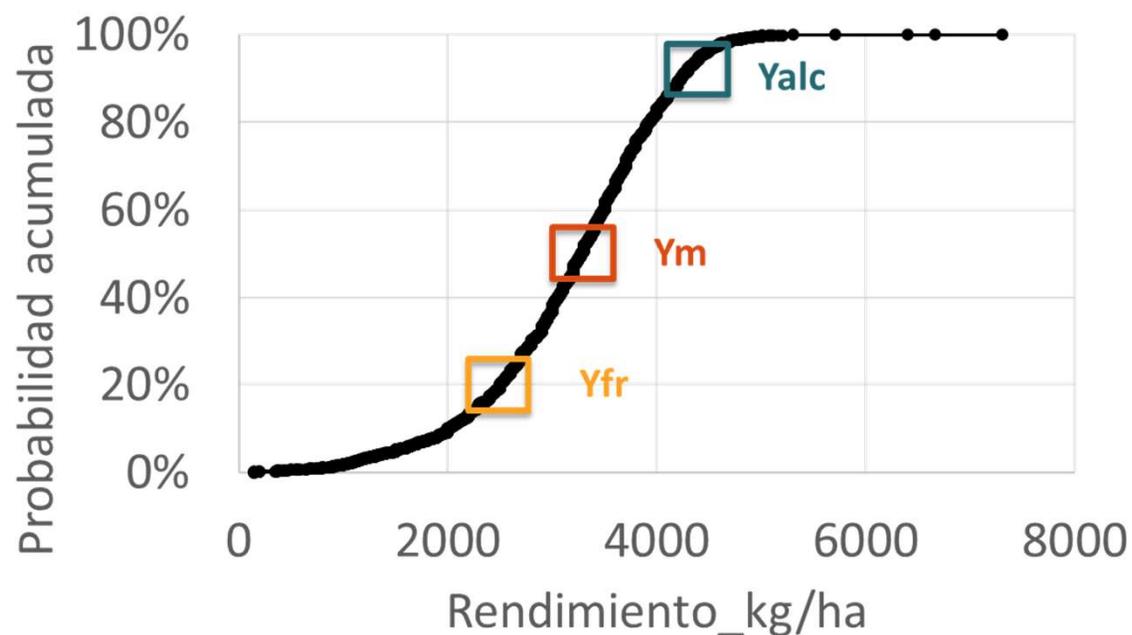
¿Cómo podemos reducir las brechas en cada región, tipo de cultivo y ambiente?



El otro problema a resolver...

¿CUÁLES SON LAS CAUSAS DE LAS BRECHAS?

- ¿En qué se diferencian los lotes en los que se logran rendimientos cercanos a Y_{alc} , de los lotes que obtienen rendimientos cercanos a Y_m ?
- ¿Y los “fracasos” (Y_{fr})?
- ¿Se pueden reducir con manejo?

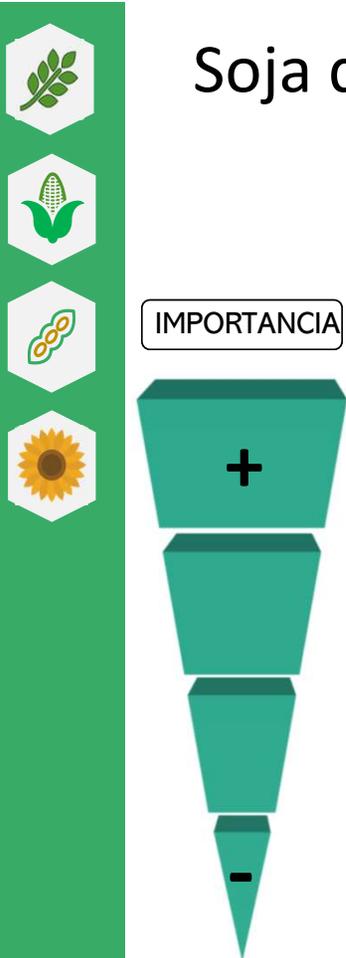




Soja de primera. Ambientes con Napa.

IMPORTANCIA	Norte	Centro Oeste	Núcleo	Centro Sur
	Grupo de Madurez (Grupos Cortos)	Fecha de siembra (anterior al 10 de Noviembre)	Fecha de siembra (anterior al 21 de Noviembre)	Fecha de siembra (anterior al 9 de Noviembre)
	Fósforo aplicado (>dosis)	Fungicidas (>=1 aplicación)	Grupo de Madurez (Grupos Cortos)	Fungicidas (>=1 aplicación)
	Herbicidas en Barbecho (<2 Aplicaciones)	Azufre aplicado (>dosis)	Densidad de siembra (<29 sem/m ²)	Grupo de Madurez (Grupos Cortos)
	Fecha de siembra (anterior al 6 de Enero)	Antecesor (Maíz)	Fósforo aplicado (>dosis)	Azufre aplicado (>dosis)

Soja de primera. Ambientes de potencial alto

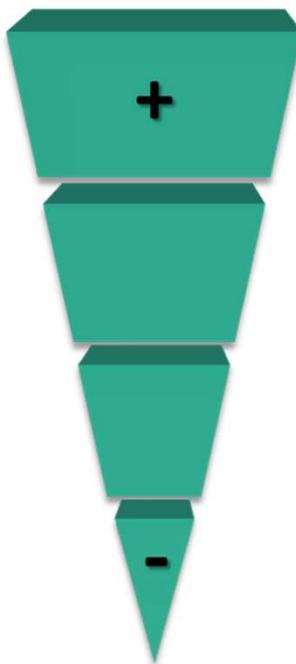


	Norte	Centro Norte	Centro Oeste	Núcleo	Centro Sur	Sur
Fecha de siembra (anterior al 1 de Enero)	Fecha de siembra (anterior al 9 de Noviembre)	Fecha de siembra (anterior al 10 de Noviembre)	Fecha de siembra (anterior al 21 de Noviembre)	Fecha de siembra (anterior al 7 de Diciembre)	Azufre aplicado (>dosis)	
Grupo de Madurez (Grupos Largos)	Grupo de Madurez (Grupos Largos)	Grupo de Madurez (Grupos Cortos)	Grupo de Madurez (Grupos Cortos)	Densidad de siembra (<47 sem/m ²)	Densidad de siembra (>27 sem/m ²)	
Fósforo aplicado (>dosis)	Densidad de siembra (<40 sem/m ²)	Fósforo aplicado (>dosis)	Fungicidas (>=1 aplicación)	Fungicidas (>=1 aplicación)	Antecesor (Maíz)	
Herbicidas postemergencia (>=1 Aplicación)		Antecesor (Maíz)	Herbicidas postemergencia (>=1 Aplicación)	Azufre aplicado (>dosis)	Fósforo Aplicado (>dosis)	



Soja de primera. Ambientes de potencial bajo

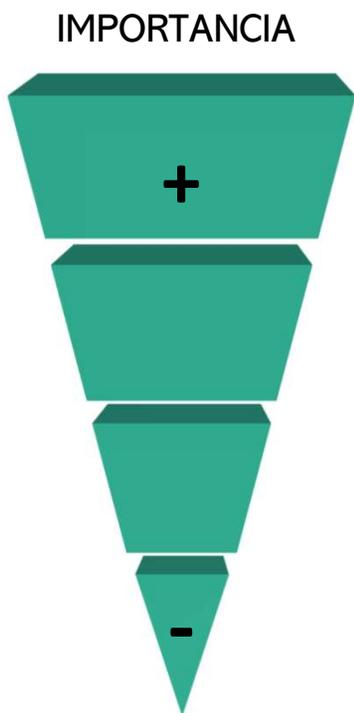
IMPORTANCIA



	Norte	Centro Norte	Centro Oeste	Núcleo	Centro Sur	Sur
Fungicidas (≥ 1 aplicación)	Fungicidas (≥ 1 aplicación)	Fungicidas (≥ 1 aplicación)	Fecha de siembra (anterior al 26 de Noviembre)	Grupo de Madurez (Grupos cortos)	Fecha de siembra (anterior al 9 de Noviembre)	Azufre aplicado ($>$ dosis)
Fecha de siembra (anterior al 1ero de Enero)	Grupo de Madurez (Grupos Cortos)	Fósforo aplicado ($>$ dosis)	Fecha de siembra (anterior al 26 de Noviembre)	Fungicidas (≥ 1 aplicación)	Densidad de siembra (> 27 sem/m ²)	
Densidad de siembra (< 34 sem/m ²)	Azufre aplicado ($>$ dosis)	Fungicidas (≥ 1 aplicación)	Densidad de siembra (≥ 37 sem/m ² y < 48 sem/m ²)	Antecesor (Maíz)	Antecesor (Maíz)	
Fósforo aplicado ($>$ dosis)	Fósforo aplicado ($>$ dosis)	Antecesor (Maíz)	Fósforo aplicado ($>$ dosis)	Grupo de Madurez (Grupos Cortos)	Fósforo Aplicado ($>$ dosis)	



Maíz Tardío. Ambientes de potencial alto



	Norte	Centro Norte	Centro Oeste	Núcleo	Sur
Fecha de siembra (anterior al 1 de Enero)	Híbridos	Híbridos	Densidad de siembra (≥ 5 sem/m ²)	Híbridos	Fósforo aplicado (>dosis)
Híbridos	Fecha de siembra (anterior al 17 de Diciembre)	Híbridos	Densidad de siembra (≥ 7 sem/m ²)	Híbridos	Híbridos
Nitrógeno aplicado (>dosis)	Fósforo aplicado (>dosis)	Nitrógeno aplicado (>dosis)	Nitrógeno aplicado (>dosis)	Densidad de siembra (≥ 4 sem/m ²)	Híbridos
Densidad de siembra (>6 sem/m ²)	Nitrógeno aplicado (>dosis)	Fungicidas (≥ 1 Aplicación)	Herbicidas postemergencia (<2 Aplicaciones)	Nitrógeno aplicado (>dosis)	Nitrógeno aplicado (>dosis)

Maíz Tardío. Ambientes de potencial bajo.

IMPORTANCIA

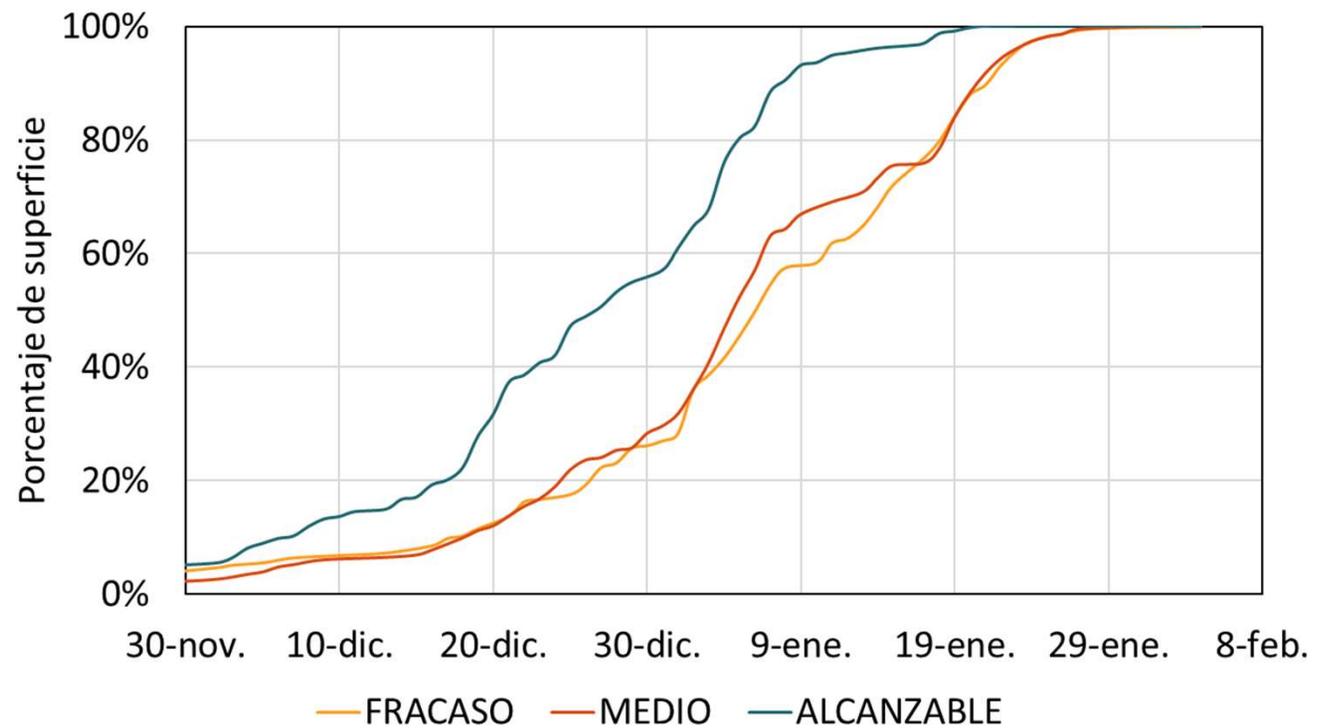


	Norte	Centro Norte	Centro Oeste	Núcleo	Centro Sur	Sur
Antecesor (Soja)	Híbridos	Densidad de siembra (>=7 sem/m ²)	Híbridos	Híbridos	Híbridos	Fósforo aplicado (>dosis)
Híbridos	Fecha de siembra (anterior al 17 de Diciembre)	Antecesor (Soja)	Densidad de siembra (>=7 sem/m ²)	Fósforo aplicado (>dosis)	Híbridos	Híbridos
Fecha de siembra (anterior al 25 de Diciembre)	Fósforo aplicado (>dosis)	Híbridos	Nitrógeno aplicado (>dosis)	Azufre aplicado (>dosis)	Densidad de siembra (>=4 sem/m ²)	Híbridos
Nitrógeno aplicado (>dosis)	Nitrógeno aplicado (>dosis)	Nitrógeno aplicado (>dosis)	Herbicidas postemergencia (<2 Aplicaciones)	Nitrógeno aplicado (>dosis)	Nitrógeno aplicado (>dosis)	Nitrógeno aplicado (>dosis)

Causas de brechas

NORTE-Maíz de primera. Alto potencial

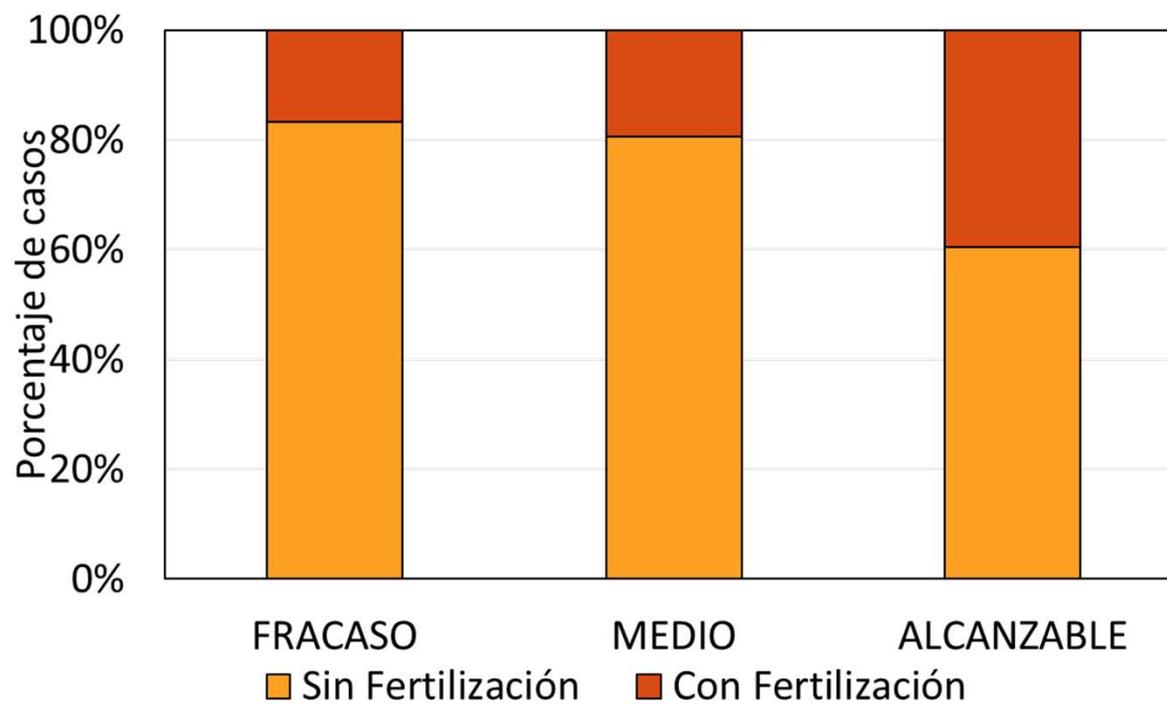
Fecha de siembra



Causas de brechas

NORTE-Maíz de primera. Alto potencial

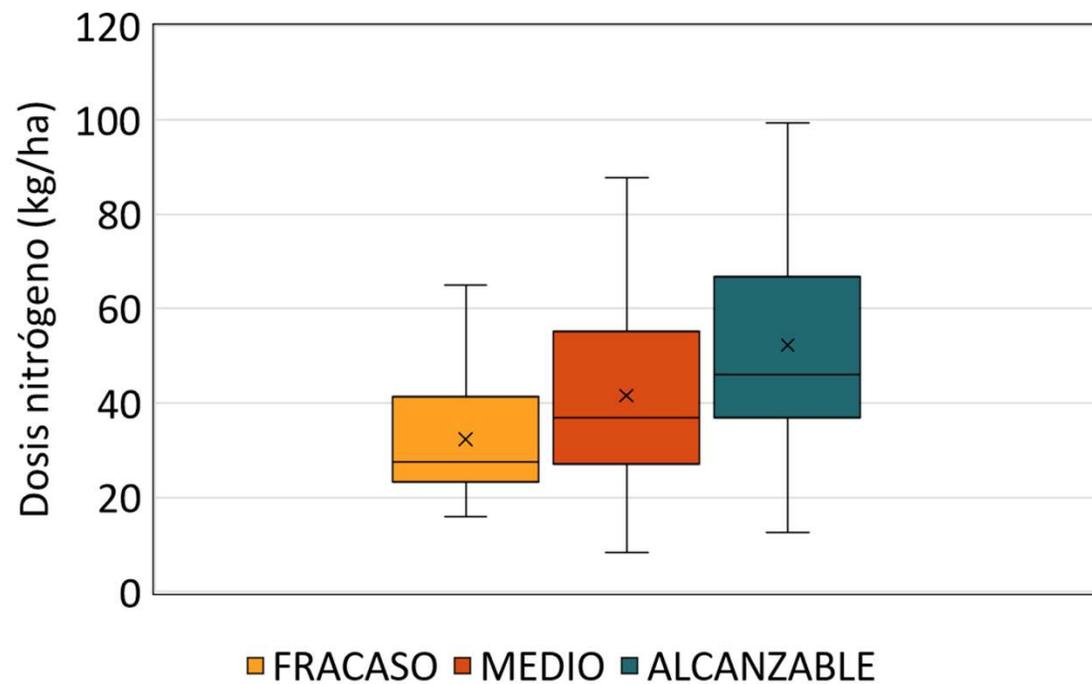
Fertilización



Causas de brechas

NORTE-Maíz de primera. Alto potencial

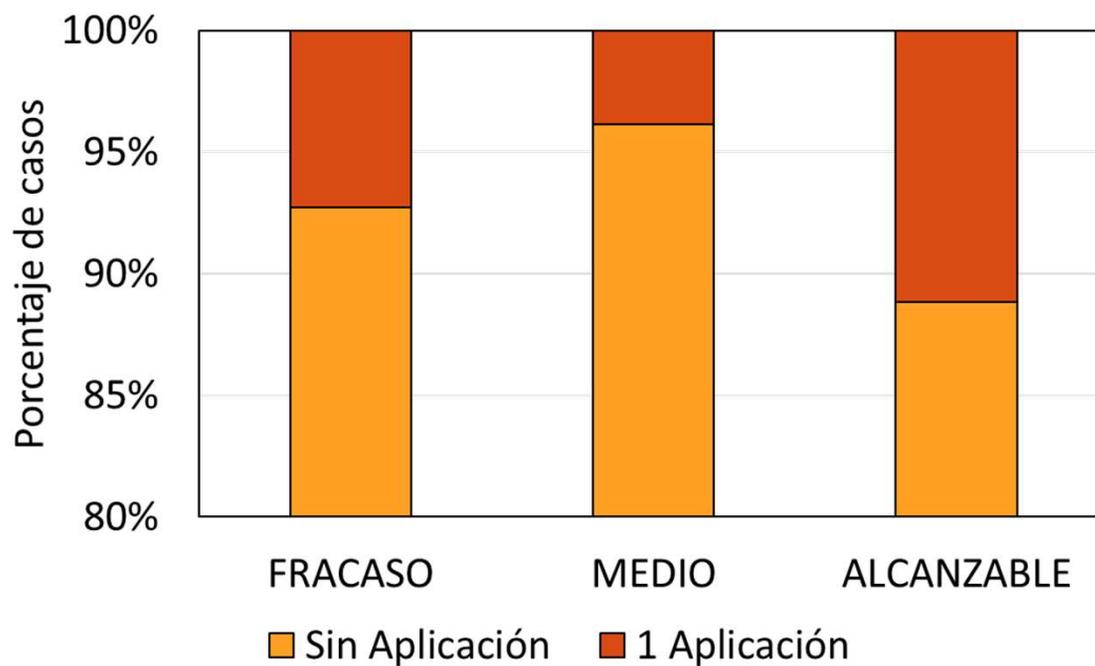
Nitrógeno



Causas de brechas

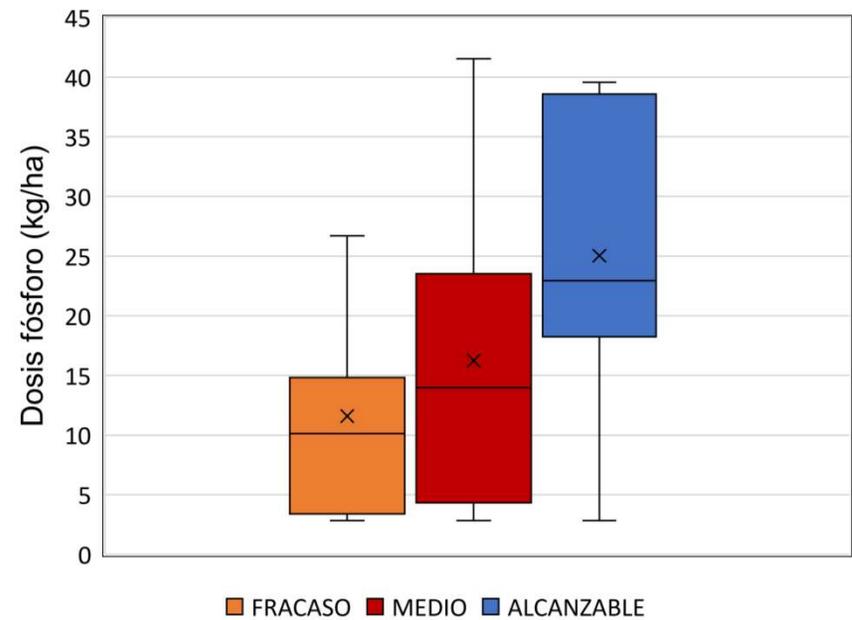
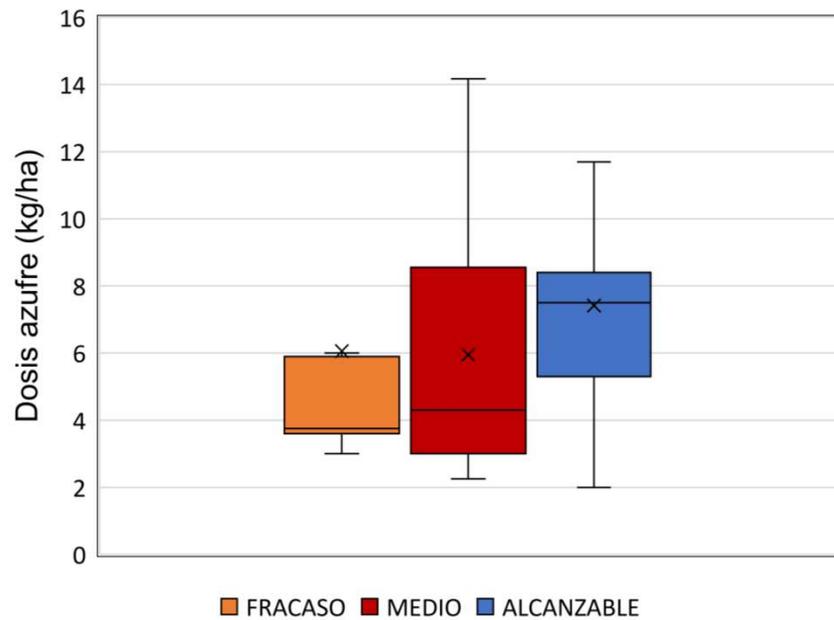
NORTE-Maíz de primera. Alto potencial

Fungicidas



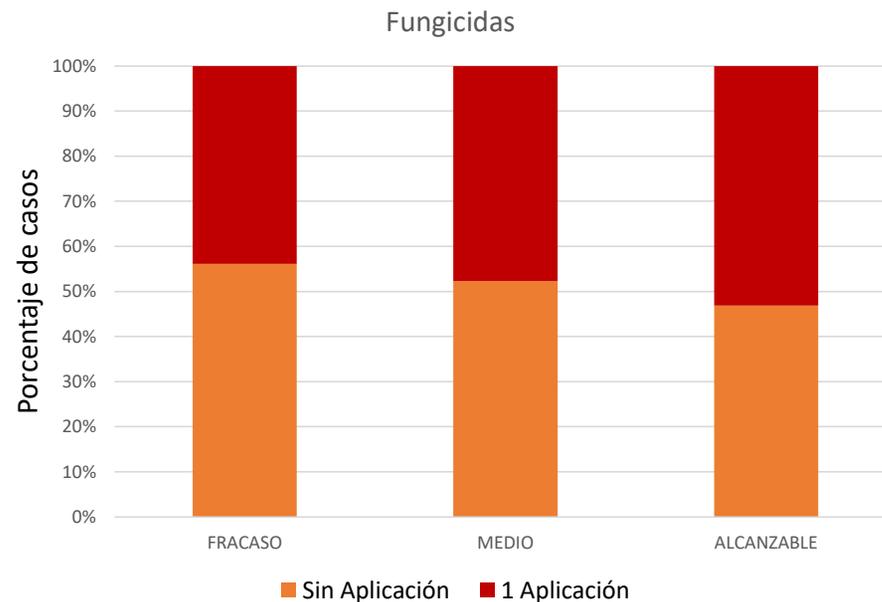
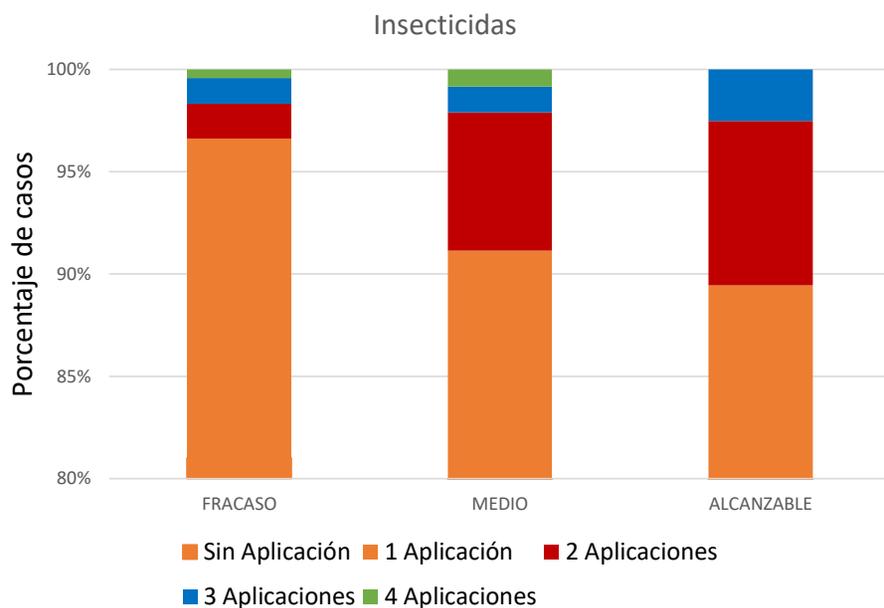
Causas de brechas

Soja de primera. Ambientes de Alto potencial.



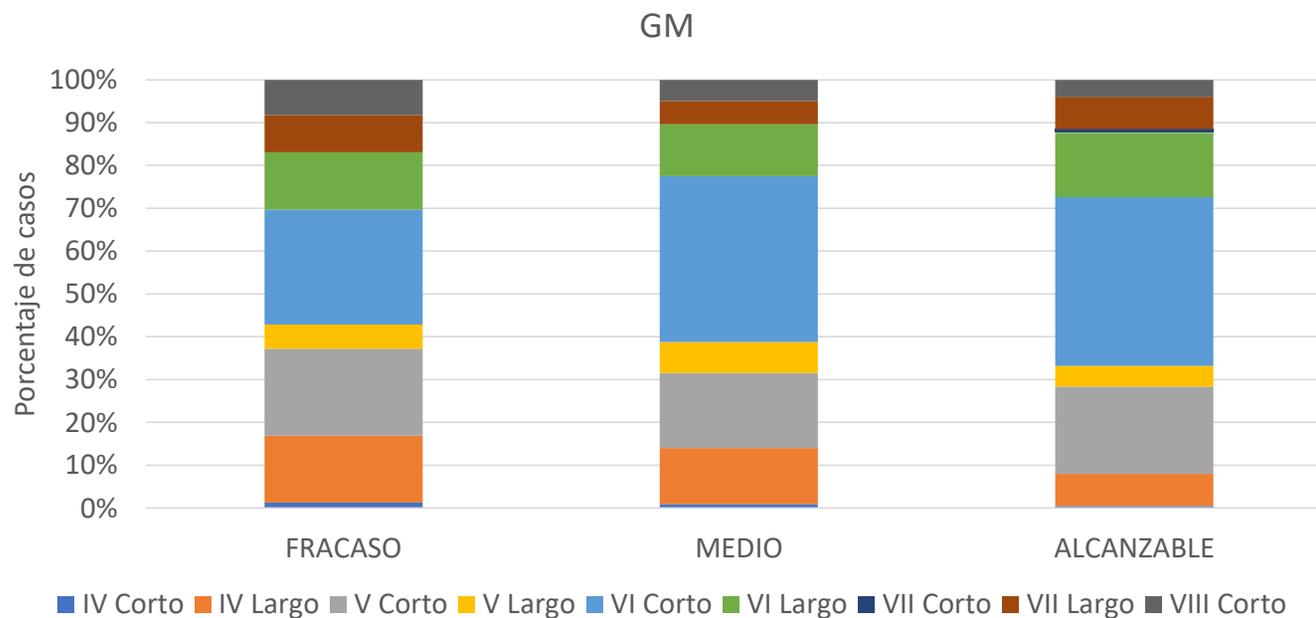
Causas de brechas

Soja de primera. Ambientes de Alto potencial.



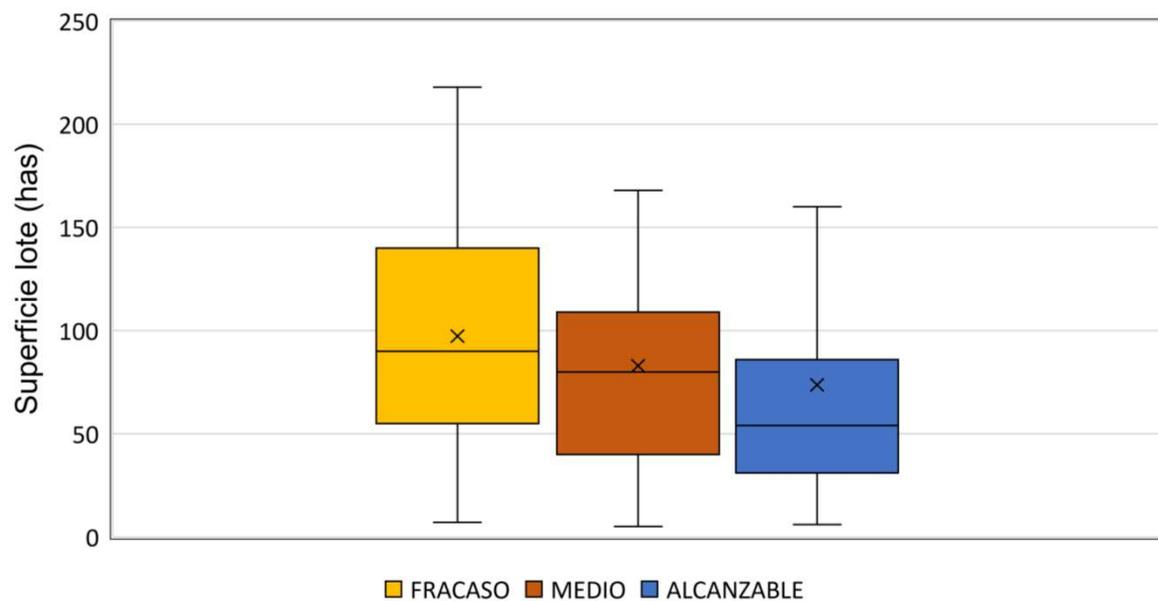
Causas de brechas

Soja de primera. Ambientes de Alto potencial.



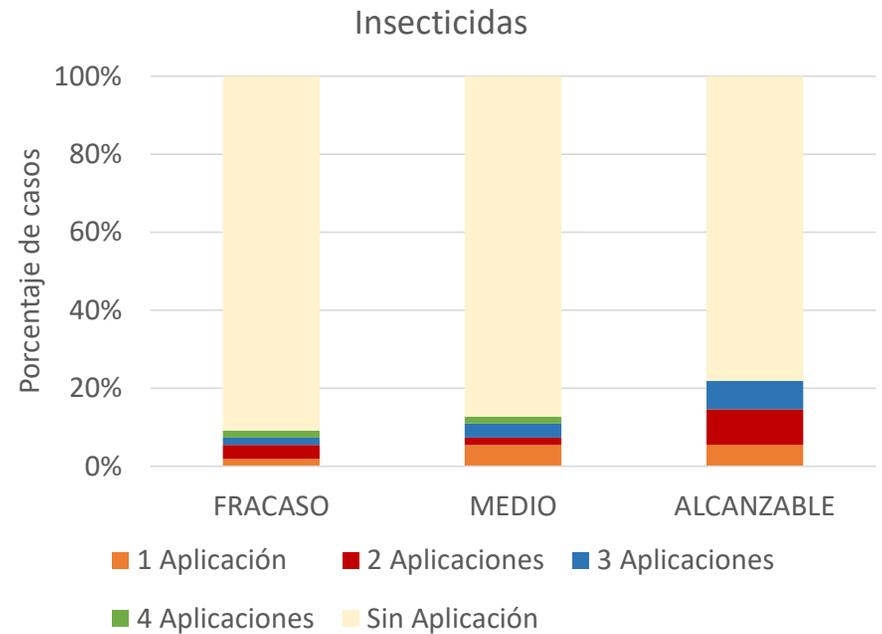
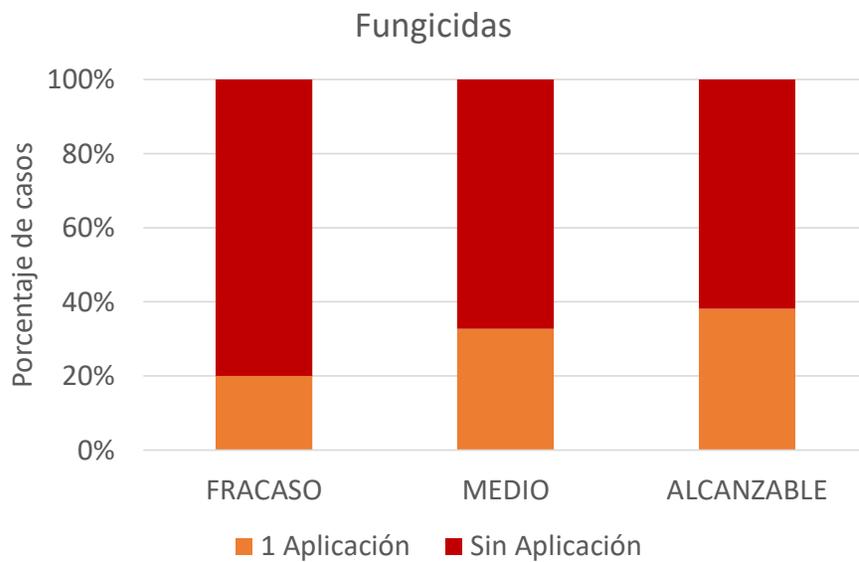
Causas de brechas

Soja de segunda. Ambientes de Alto potencial.



Causas de brechas

Soja de segunda. Ambientes de Alto potencial.

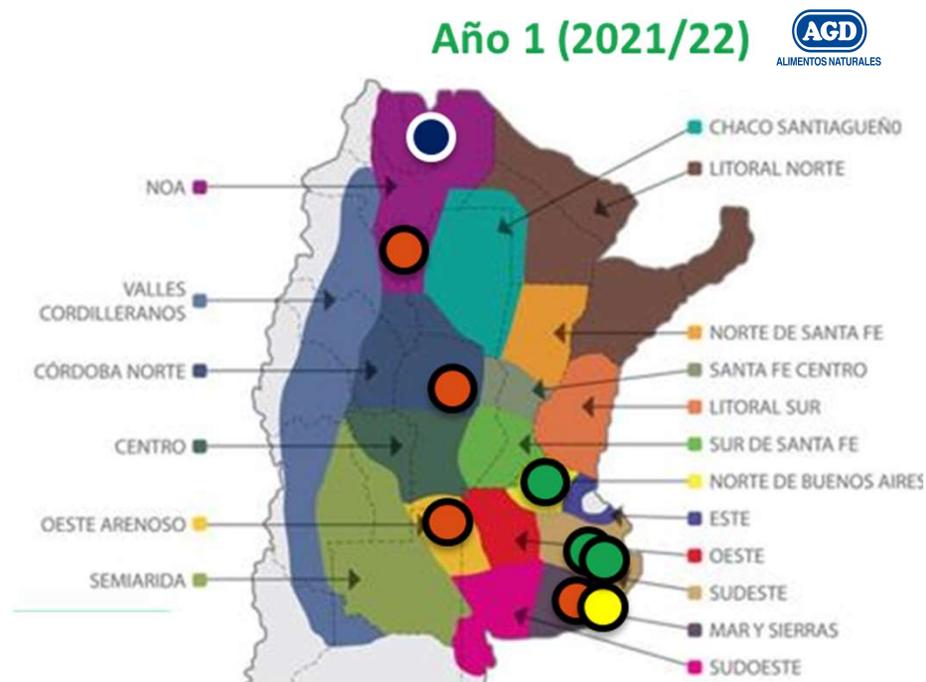


La adopción del manejo por ambientes, nos puede ayudar a reducir la brecha?

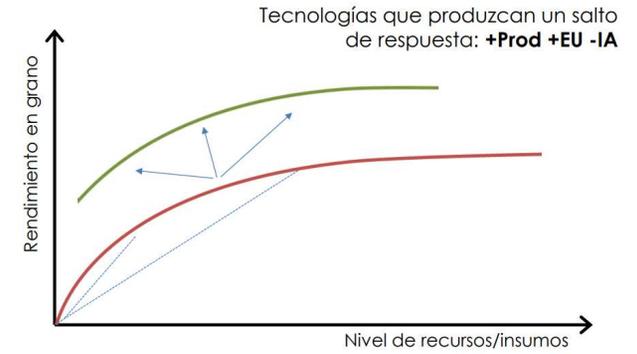
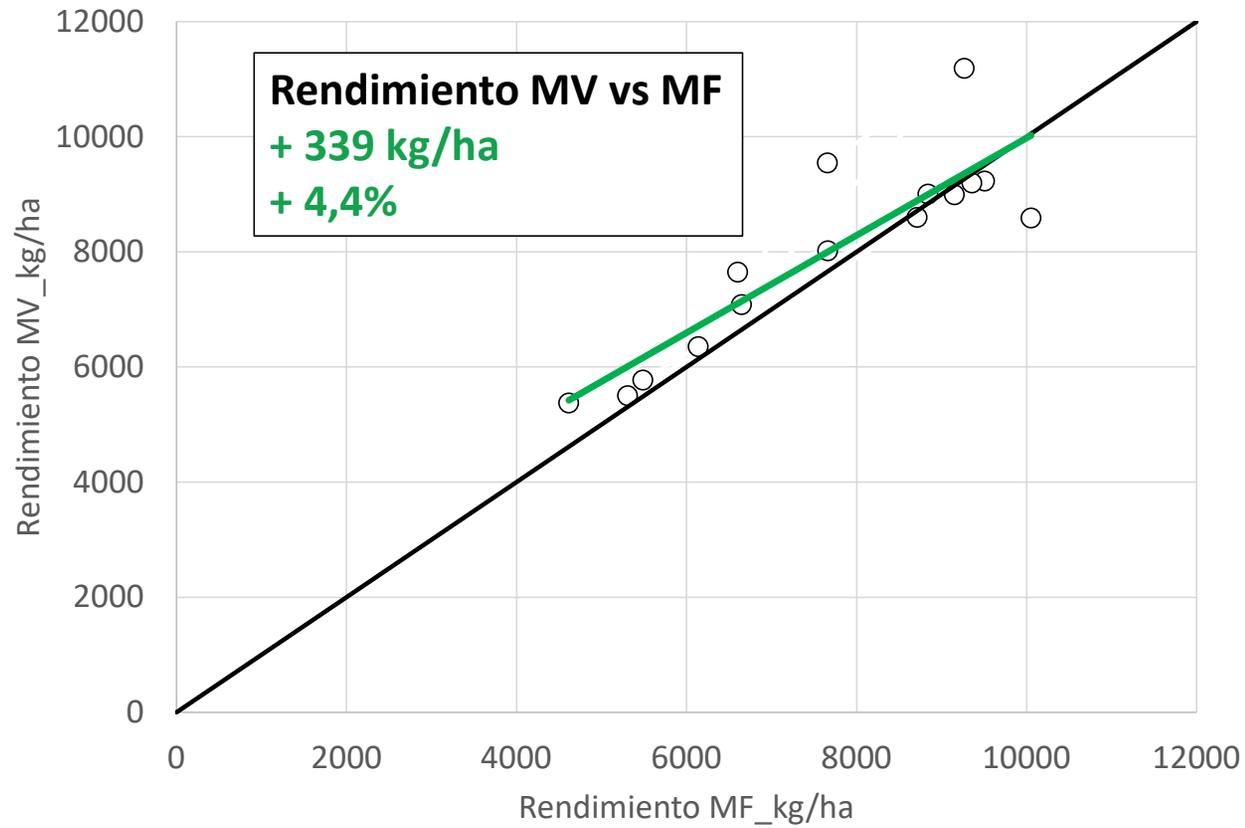
¿En que magnitud?



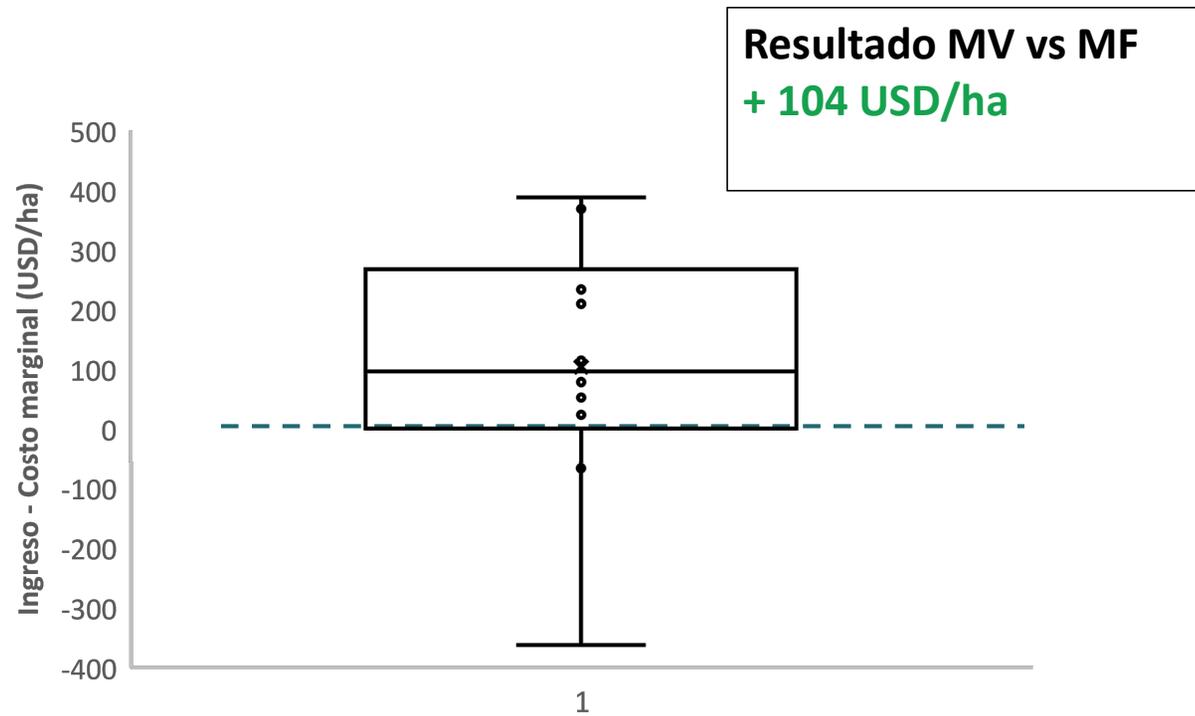
-  Maíz tardío
-  Maíz temprano
-  Girasol
-  Soja



Diferencial rendimiento



Resultado económico



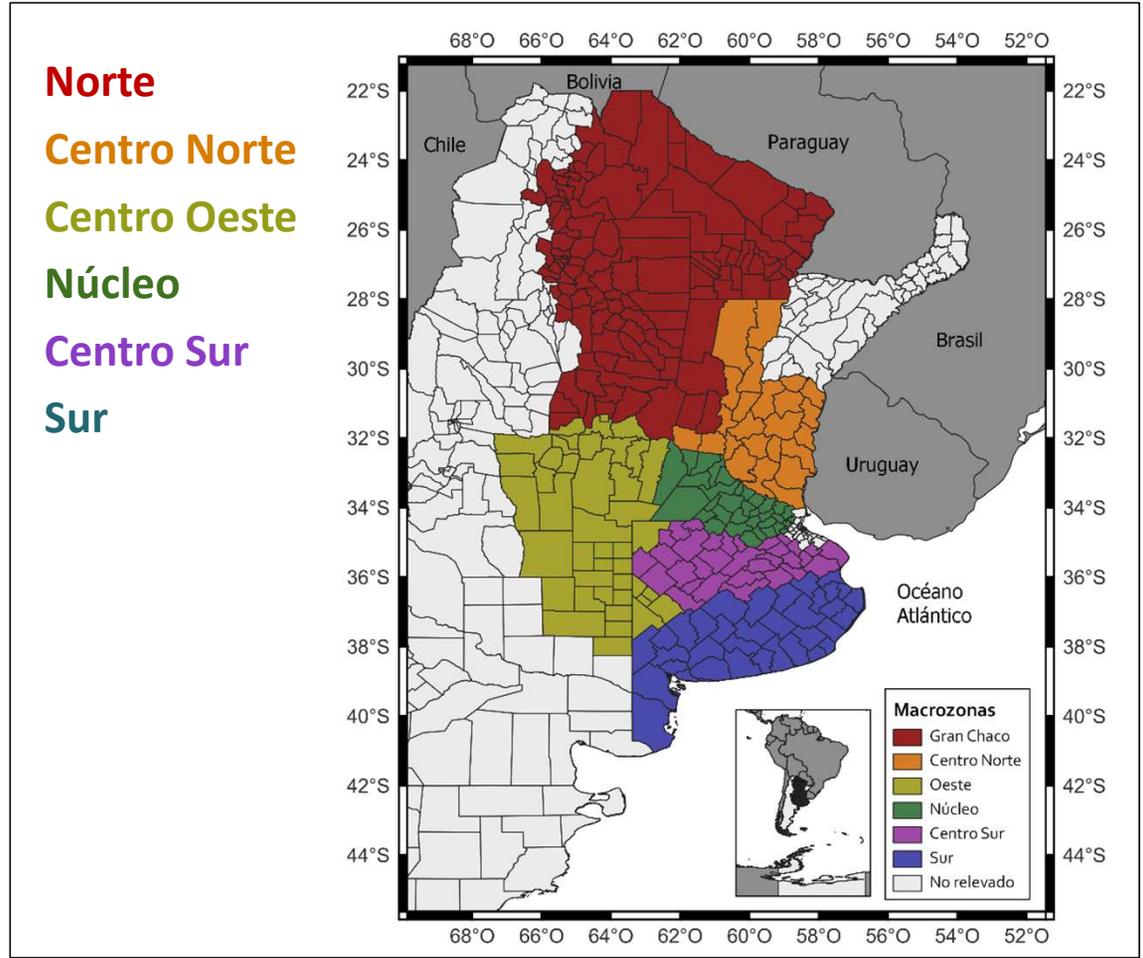
¿Pero dónde estamos parados?



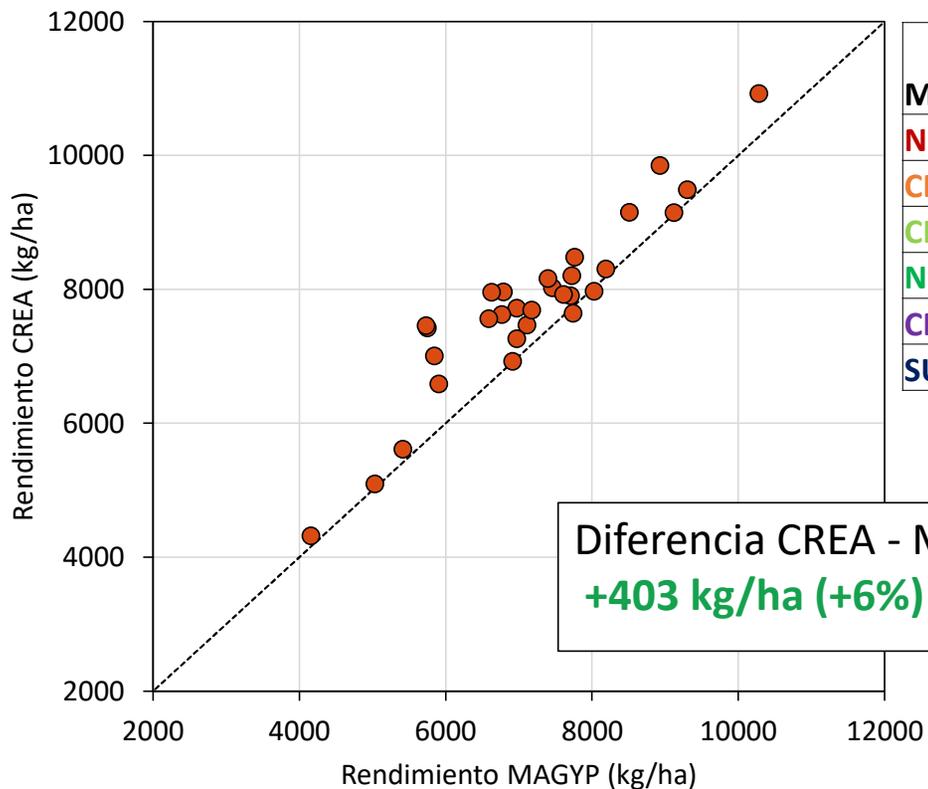
- Comparar el rendimiento de lotes CREA versus el rendimiento informado por el Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca (MAGYP)

Metodología

- Se analizaron 5 campañas (2017/2018 a 2021/2022).
- Los rendimientos informados por MAGYP a nivel de partido o departamento, se integraron en macroregiones.



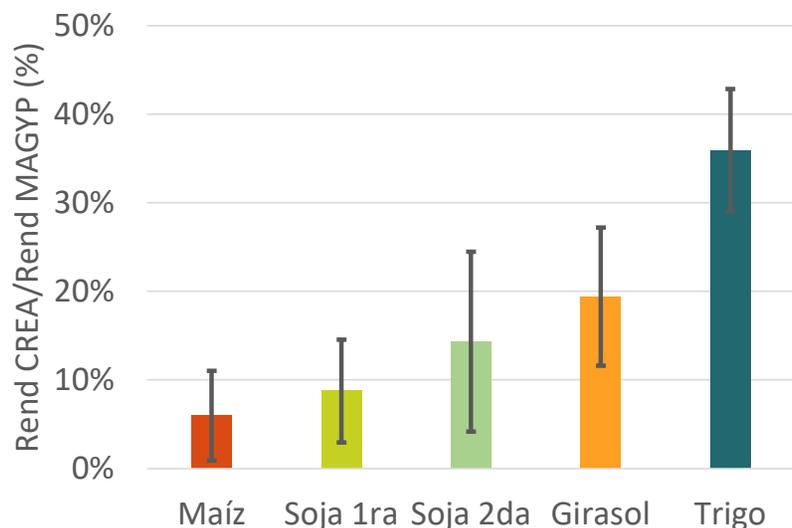
Maíz



Macroregión	Rendimientos (kg/ha)			
	CREA	Extra-CREA	Diferencia	
NORTE	7566	6992	574	8%
CENTRO NORTE	6091	5794	297	5%
CENTRO OESTE	7382	7018	364	5%
NUCLEO	9410	8891	518	6%
CENTRO SUR	8487	8001	485	6%
SUR	7638	6400	1237	19%

* La diferencia de rendimiento se ponderó por superficie del cultivo en cada zona.

Resumen



* Las barras de error indican la variabilidad interanual (desvío estándar)

A nivel país, las mayores diferencias de rendimiento se observan en los cultivos de trigo (**36%**) y Girasol (**19%**), y las menores en maíz (**6%**)

Sin embargo, la diferencia entre regiones es importante:

- Maíz: **5%** (**CENTRO NORTE** y **CENTRO OESTE**) a **19%** (**SUR**)
- Soja de 1ra: **0%** (**CENTRO NORTE**) a **19%** (**CENTRO OESTE**)
- Soja de 2da: **8%** (**CENTRO OESTE**) a **28%** (**SUR**)
- Girasol: **1%** (**CENTRO SUR**) a **24%** (**SUR**)
- Trigo: **12%** (**CENTRO NORTE**) a **39%** (**SUR**)

¿Porque logramos mayor rendimiento?



- Compartir
- Asesoramiento
- Intensificación tecnológica > Mayor eficiencia de uso de los recursos
- ¿Mejores lotes?

Comentarios finales...

- Existe una brecha entre los rendimientos logrados actualmente, y los rendimientos alcanzables.
- La magnitud de la brecha es variable dependiendo de la macroregión, tipo de cultivo, y potencial del ambiente.
- La brecha es reducible....a veces, con mayor uso de insumos, pero en otros casos, a través de tecnologías de procesos, de muy bajo costo.
- En la región, factores cómo el grupo de madurez y la utilización de fungicidas e insecticidas en soja de primera y segunda, la anticipación de la siembra de maíz y mayores dosis de fertilización con nitrógeno en maíz y fósforo y azufre en soja, contribuyen de manera importante a reducir la brecha de rendimientos.
- Por otro lado, la adecuada adopción de tecnologías de manejo variable también contribuye a mejorar los rendimientos actuales y acercarnos a los rendimientos alcanzables.

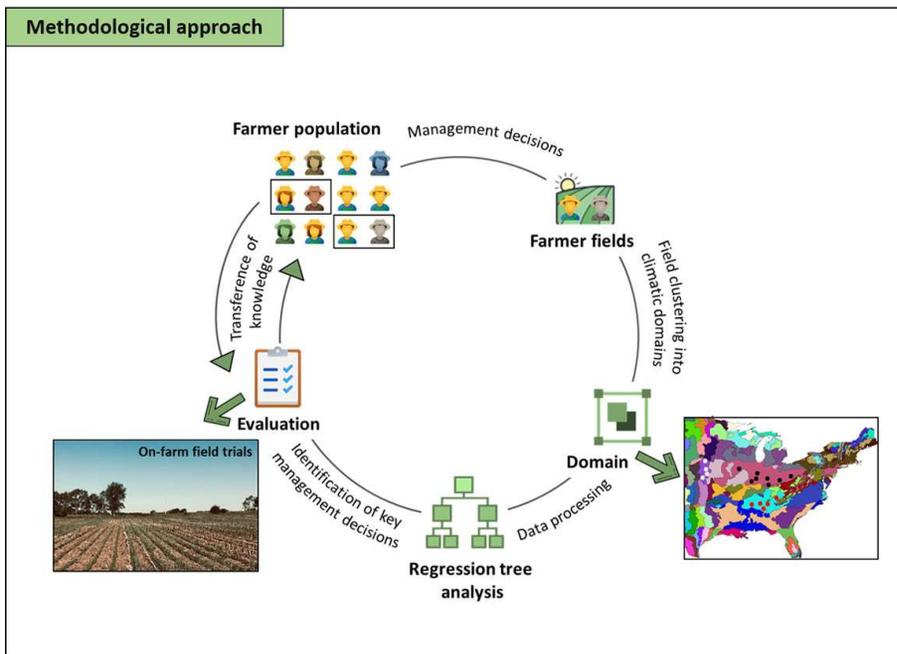


¿Cómo seguimos?

PROYECTO BRECHAS 2

Experimentos regionales para confirmar y medir magnitud de impacto de las variables de manejo principales en cada región.

Field validation of farmer supplied data to close yield gaps



Manejo Yalc	Manejo promedio	Manejo lote	AMB. A (¿N?)
Manejo promedio	Manejo lote	Manejo Yalc	
Manejo Yalc	Manejo promedio	Manejo lote	AMB. B (¿N?)
Manejo promedio	Manejo lote	Manejo Yalc	

Andrade et al. (2022)
Agricultural Systems



¡MUCHAS GRACIAS!



BETO MICHELOUD
JMICHELOUD@CREA.ORG.AR

www.crea.org.ar  [/crea.org](https://www.facebook.com/crea.org)  [/canalcrea](https://www.youtube.com/canalcrea)  [@crea_arg](https://www.instagram.com/crea_arg)  [@crea_arg](https://twitter.com/crea_arg)