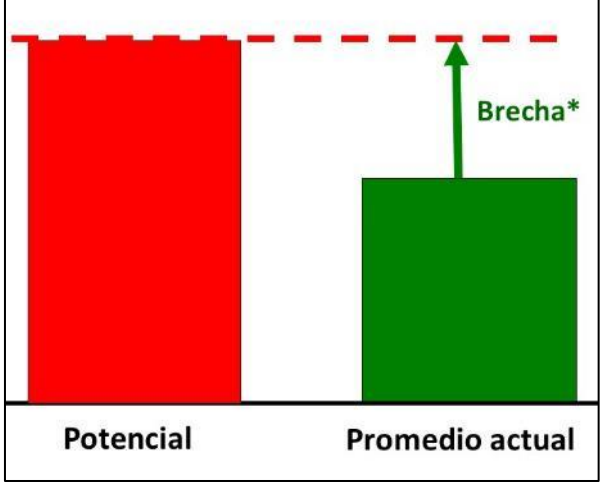
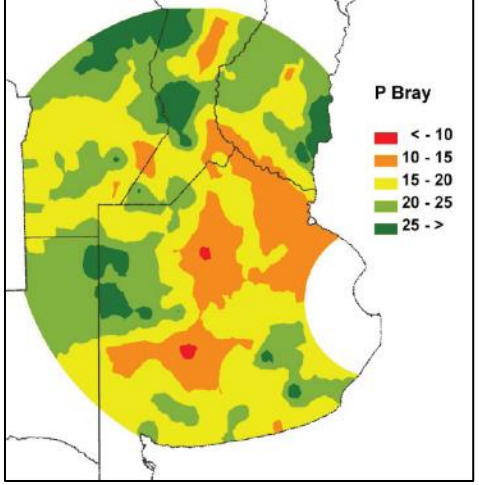
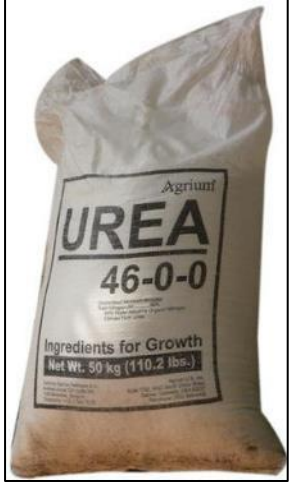






De brechas de rendimiento a brechas de nutrientes: diagnóstico para Argentina

Juan Pablo Monzon

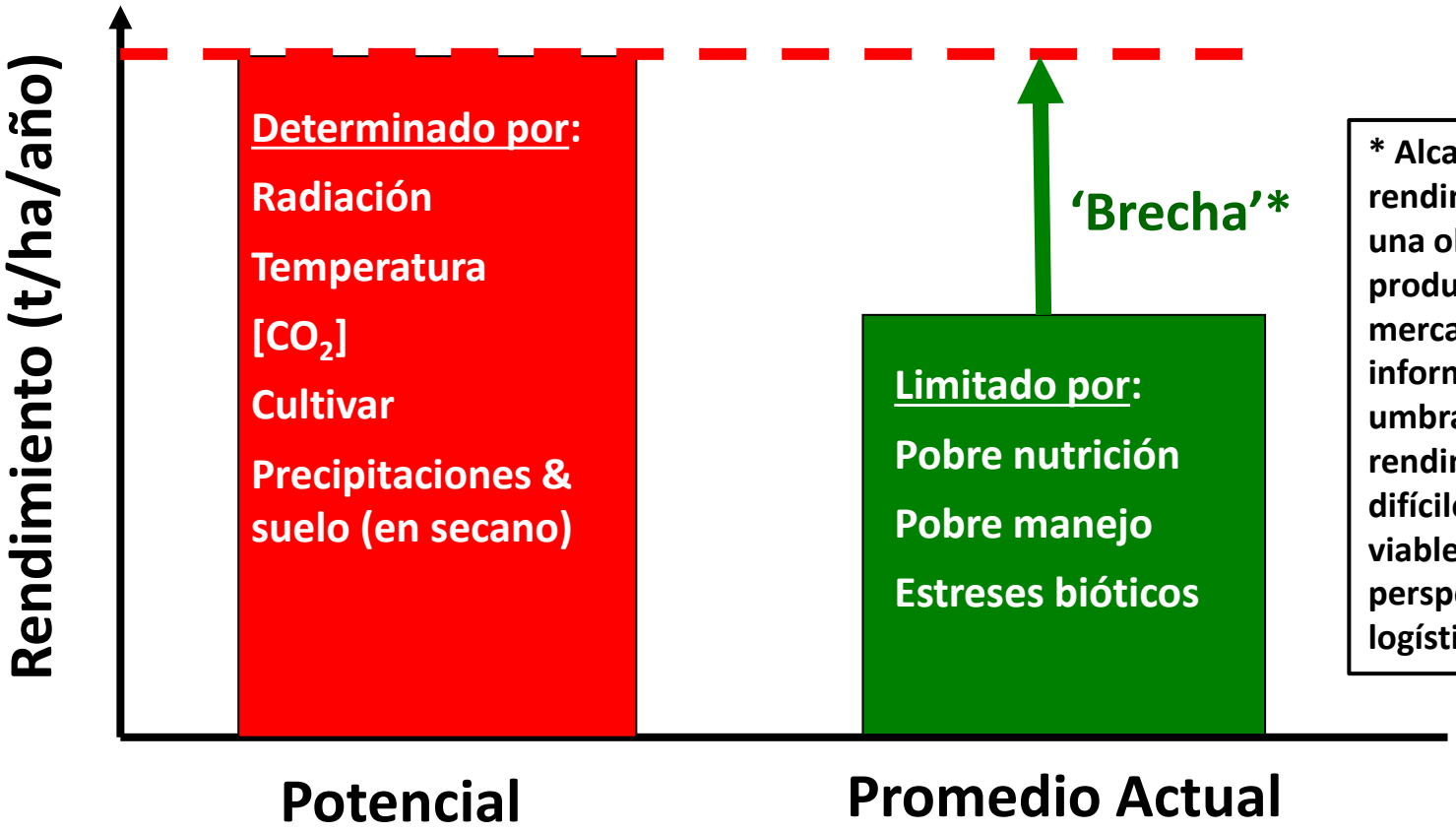
Facultad de Ciencias Agrarias – UNMdP – CONICET

Universidad de Nebraska-Lincoln (USA)

Satisfacer la demanda futura de alimentos sin expansión masiva del área cultivada va a requerir de una intensificación sustentable de los sistemas de producción de cultivos de tal manera que cada hectárea de tierra cultivada produzca cerca de su potencial, minimizando el impacto ambiental y preservado el recurso base (suelo, agua)**

** Intensificación es necesaria, pero no suficiente por si sola, para alcanzar el nivel de seguridad alimentaria y protección ambiental deseable, lo cual requiere también de apropiadas políticas e instituciones.

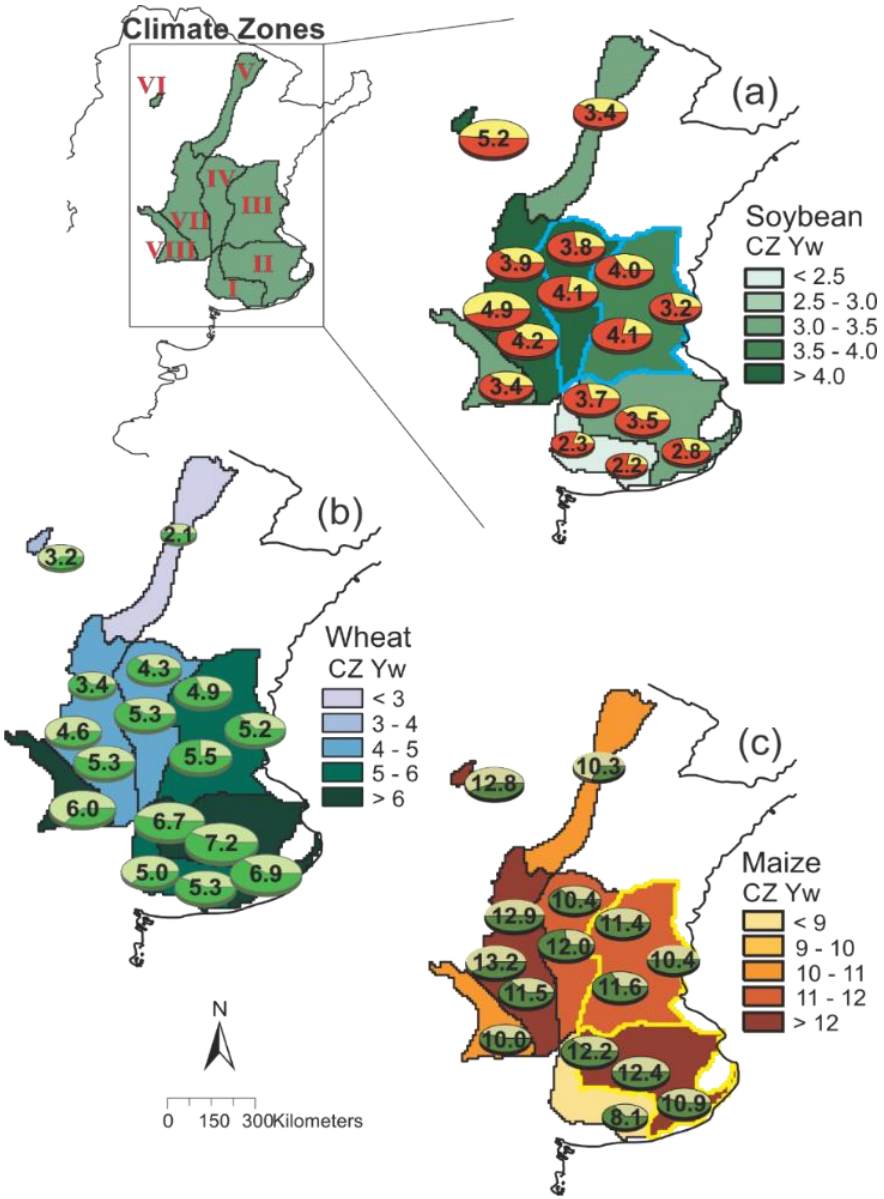
Rendimiento potencial y brechas



* Alcanzar 70-80% del rendimiento potencial es una objetivo razonable para productores con acceso a mercados, tecnología e información. Arriba de ese umbral, incrementos de rendimiento son más difíciles y suelen ser no viables desde una perspectiva económica, logística y/a ambiental

Adaptado de van Ittersum *et al.* (*Field Crops Res.*, 2013)

Brechas de rendimiento en Argentina

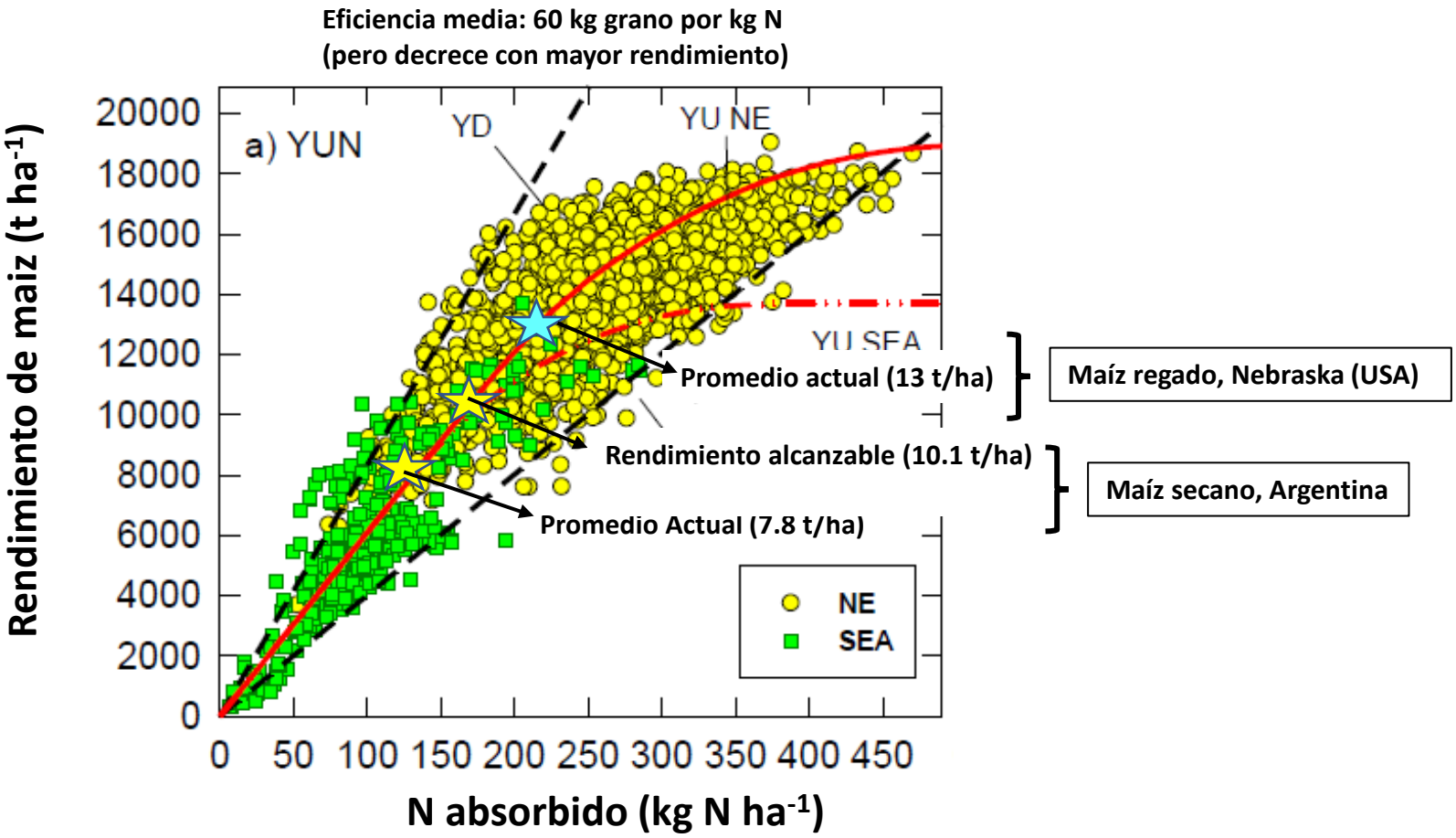


CULTIVO	Brecha (% del potencial en secano)
Maíz	41%
Trigo	41%
Soja	32%

Fuente: Aramburu-Merlos et al., Field Crops Research (2015). Disponible en: www.yieldgap.org

Requerimiento de nutrientes

El requerimiento de nutrientes incrementa con el nivel de rendimiento.



Fuente: Setiyono et al., Field Crops Research (2011)

De brechas de rendimiento a brechas de nutrientes: el caso de Argentina

¿Es posible para Argentina cerrar la brecha de rendimiento explotable, de una manera sostenible, con el uso actual de fertilizantes?

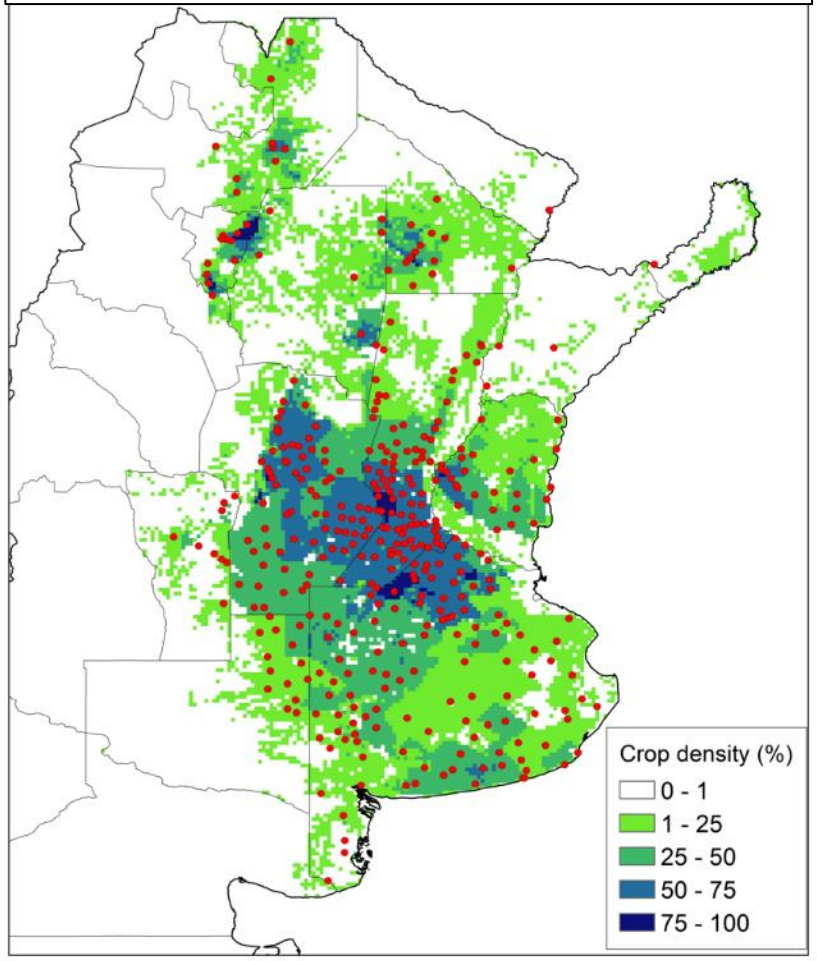
Participantes

Fatima Amor Tenorio	University of Nebraska	ftenorio@huskers.unl.edu
Laila Puntel	University of Nebraska	lpuntel2@unl.edu
Juan I. Rattalino Edreira	University of Nebraska	rattalino@unl.edu
Patricio Grassini	University of Nebraska	pgrassini2@unl.edu
Juan Pablo Monzon	University of Nebraska	monzon.jp@gmail.com
Jose Andrade	Universidad de Buenos Aires	jandrade@unl.edu
Ignacio Ciampitti	Kansas State University	ciampitti@ksu.edu
Juan Brihet	Bolsa Cereales Buenos Aires	jbrihet@bc.org.ar
Sofia Gayo	Bolsa Cereales Buenos Aires	sgayo@bc.org.ar
Daniela Regeiro	Bolsa Cereales Buenos Aires	dregeiro@bc.org.ar
Nahuel Reussi Calvo	CONICET	reussicalvo.nahuel@inta.gob.ar
Fernando García	FCA Balcarce	fgarcia1957@gmail.com
Guillermo Studdert	FCA Balcarce	gastudde@gmail.com
Hernán Sainz Rozas	INTA	sainzrozas.hernan@inta.gob.ar
Fernando Andrade	INTA	andrade.fernando@inta.gob.ar
Miguel Taboada	INTA	taboada.miguel@inta.gob.ar
Fernando Salvagiotti	INTA	salvagiotti.fernando@inta.gob.ar
Fernando Aramburu Merlos	INTA	aramburumerlos.f@inta.gob.ar
Jorge Mercau	INTA	jorgemercau@gmail.com
Ernesto Viglizzo	Asesor privado	eviglizzo@gmail.com
María Fernanda Gonzalez San Juan	Fertilizar	mfgonzalez@fertilizar.org.ar
Andres Grasso	Fertilizar	grasso@fertilizar.org.ar
Federico Bert	CREA	fbert@agro.uba.ar
Pablo Calviño	Asesor privado	calvinopabloa@gmail.com

Métodos

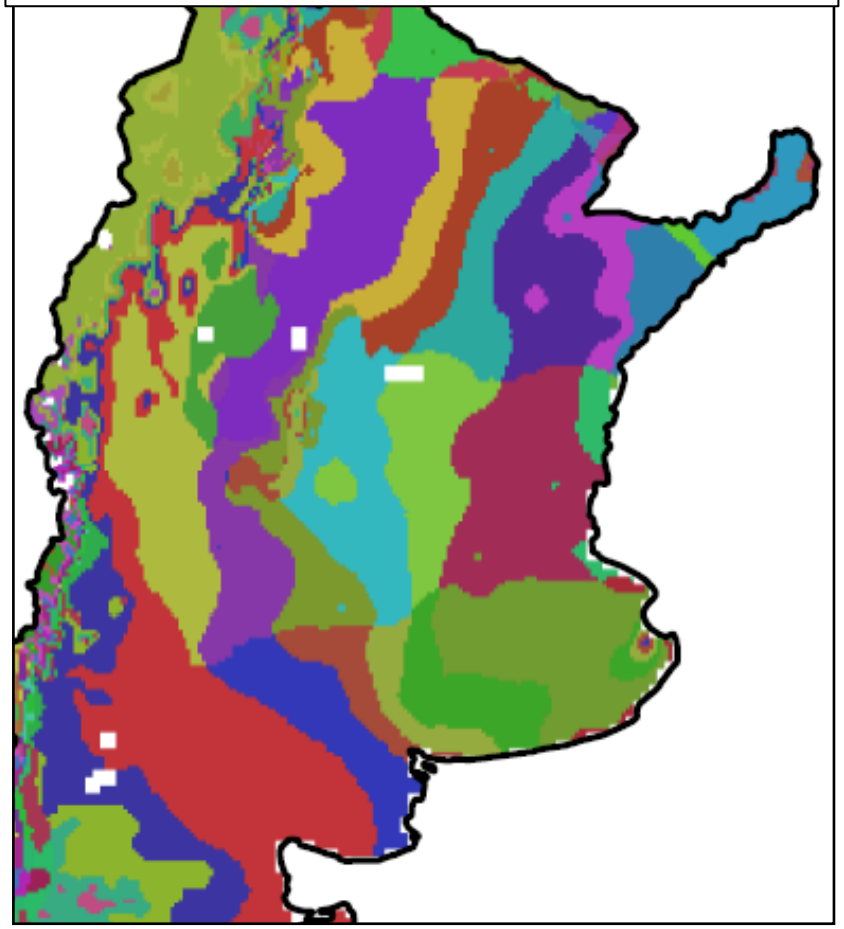
Datos de fertilizante y rendimiento en tres campañas: 2016-17, 2017/18, 2018/19. Fuente: ReTAA

Cada punto representa un colaborador reportando datos de fertilizante y rendimiento. Promedio: 250+ enumeradores por año



Zonas climáticas y brechas de rendimiento
Fuente: www.yieldgap.org

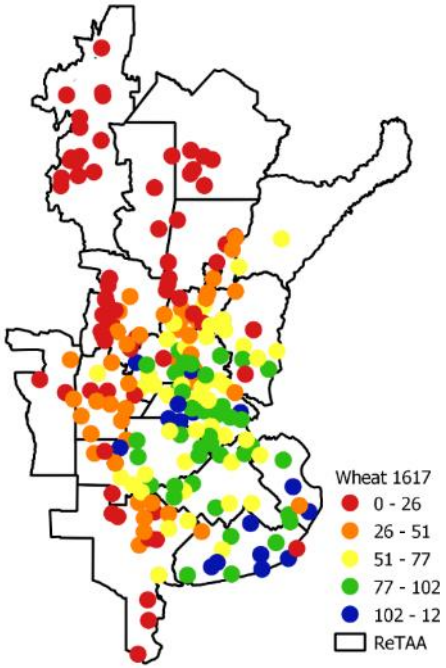
Cada color representa una zona agro-climática; esta zonificación fue usada para agrupar datos de fertilizante y rendimiento reportados a escala local y hacer estimaciones a escala regional y nacional



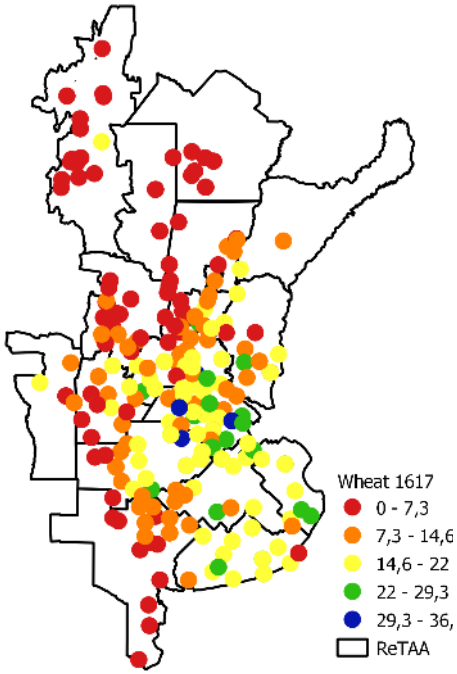
Monzon, Grassini, et al., (en preparación)

Ejemplo: TRIGO campaña 2016/17

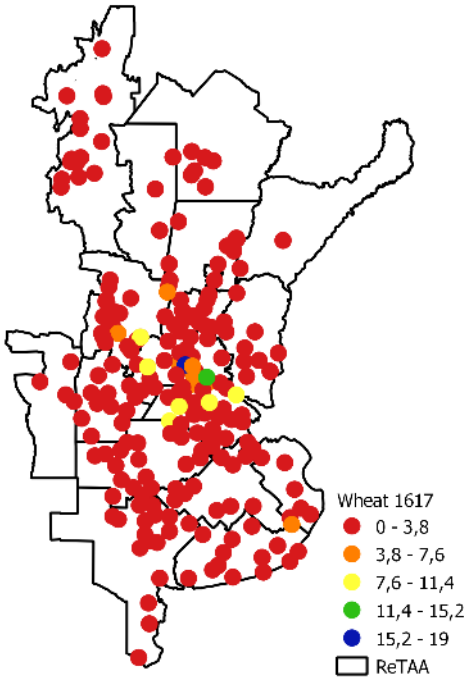
dosis N (kg ha^{-1})



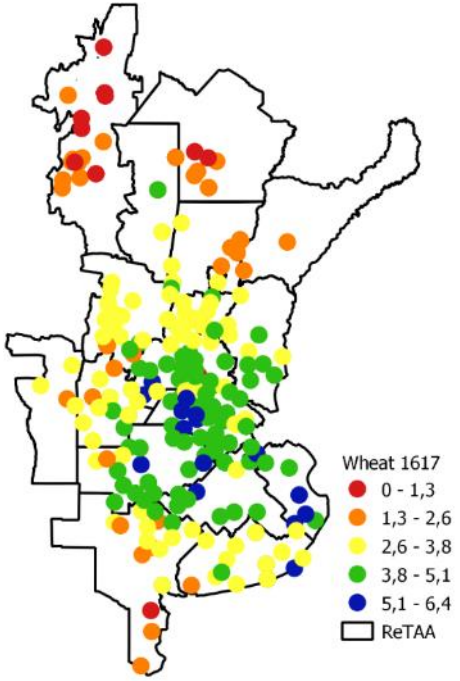
dosis P (kg ha^{-1})



dosis S (kg ha^{-1})



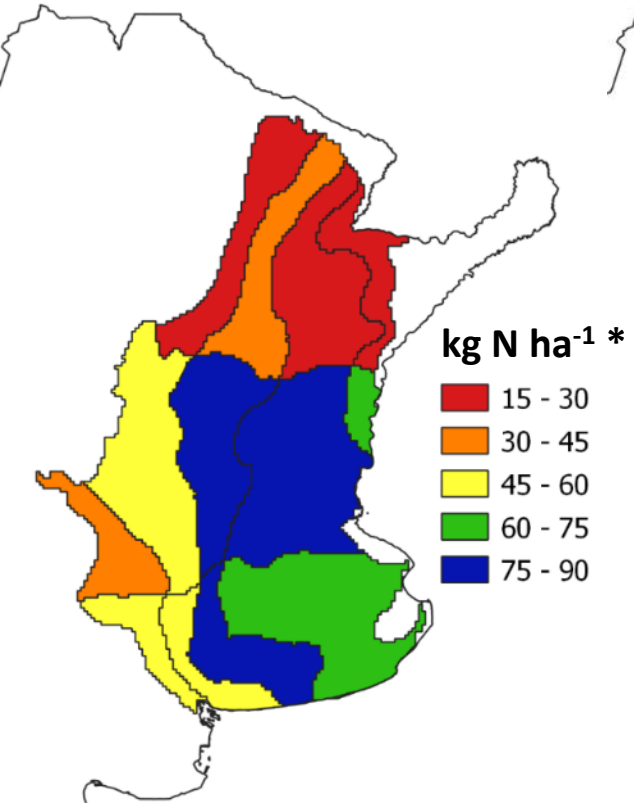
Rendimiento actual (t ha^{-1})



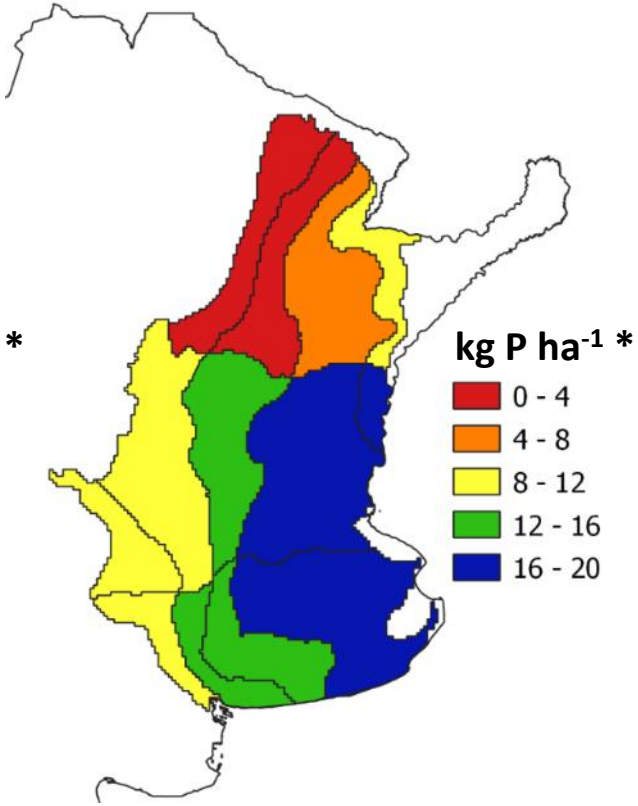
Monzon, Grassini, et al., (en preparación)

MAIZ: dosis de fertilizante (elemento)

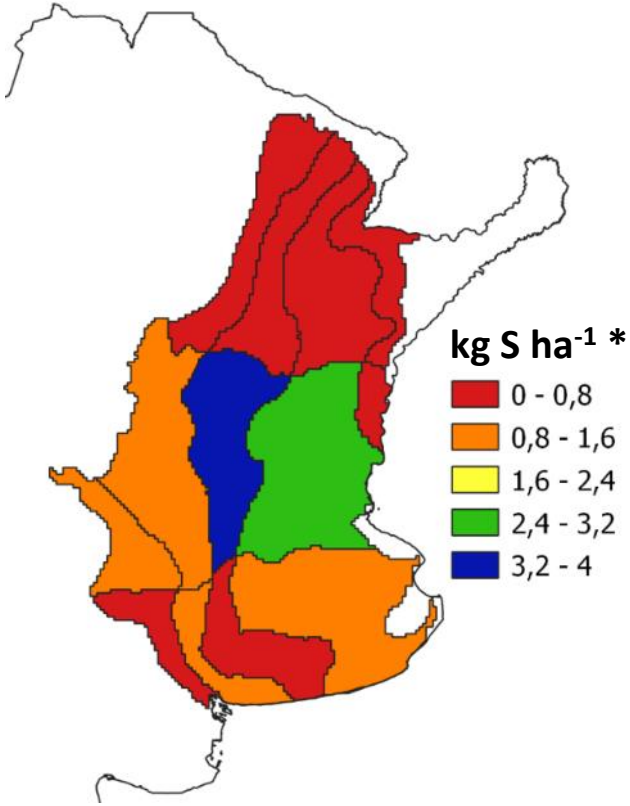
Nitrógeno (promedio: 59 kg N ha^{-1})*



Fósforo (promedio: 12 kg P ha^{-1})*



Azufre (promedio: 2 kg S ha^{-1})*

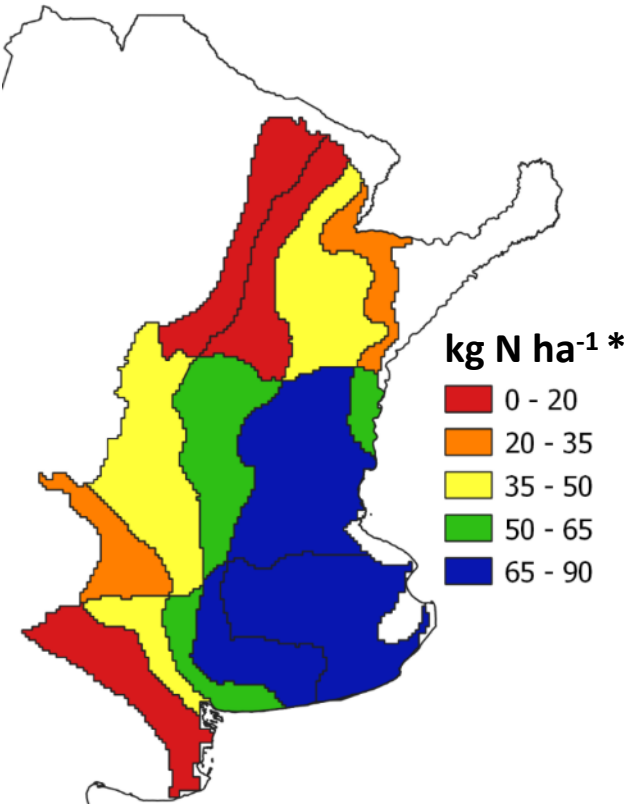


*** Promedio para 3 campañas (2016/17, 2017/18, 2018/19), incluye maíz temprano y tardío.**

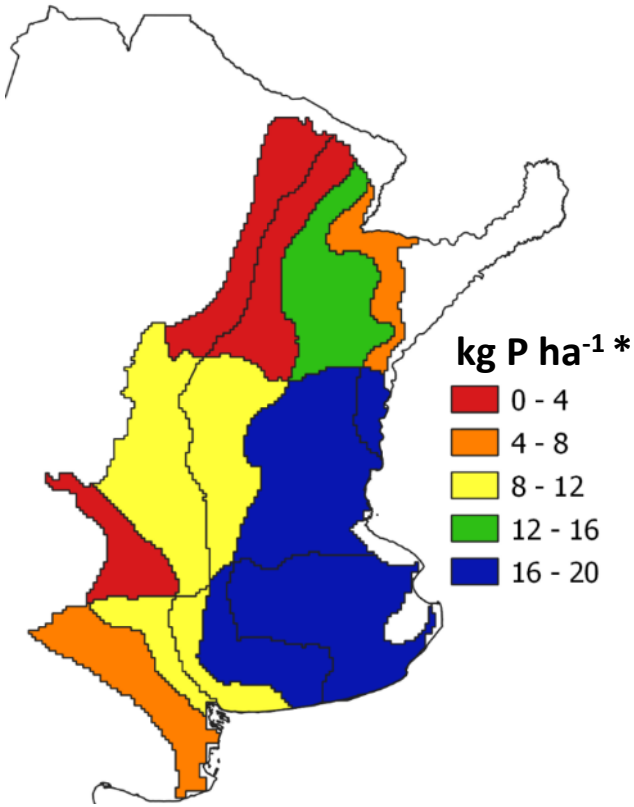
Monzon, Grassini, et al., (en preparación)

TRIGO: dosis de fertilizante (elemento)

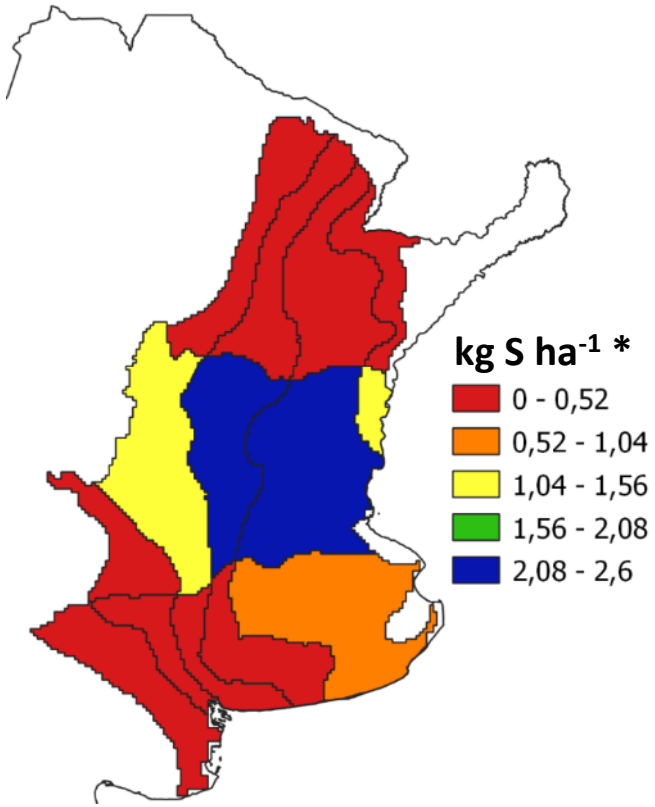
Nitrógeno
(promedio: 55 kg N ha^{-1})*



Fósforo
(promedio: 11 kg P ha^{-1})*



Azufre
(promedio: 1 kg S ha^{-1}) *

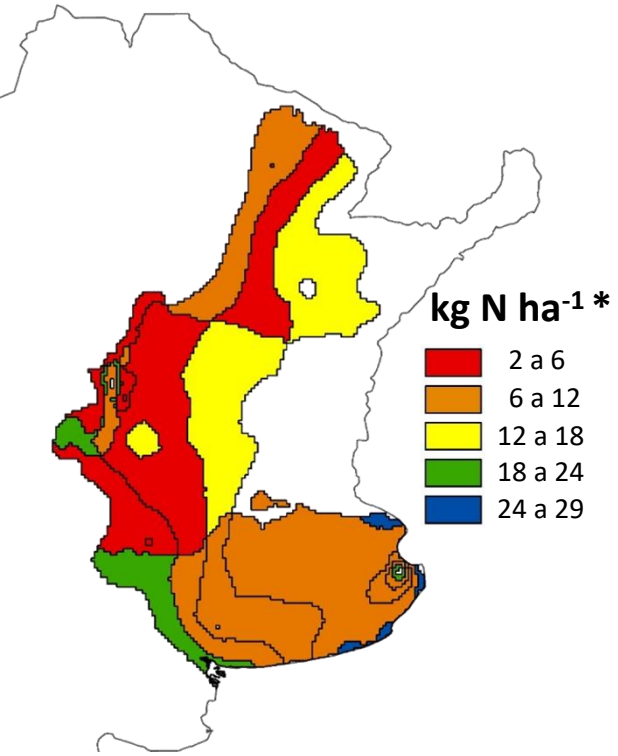


*** Promedio para 3 campañas (2016/17, 2017/18, 2018/19)**

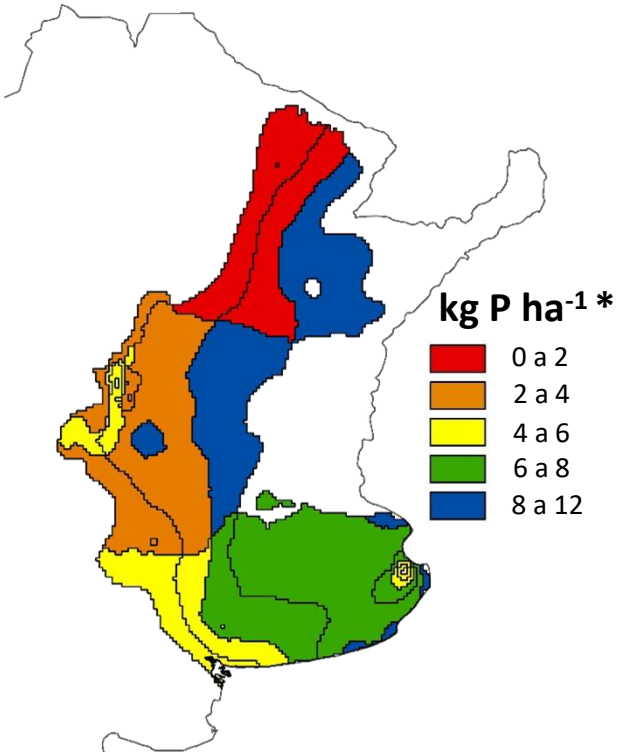
Monzon, Grassini, et al., (en preparación)

GIRASOL: dosis de fertilizante (elemento)

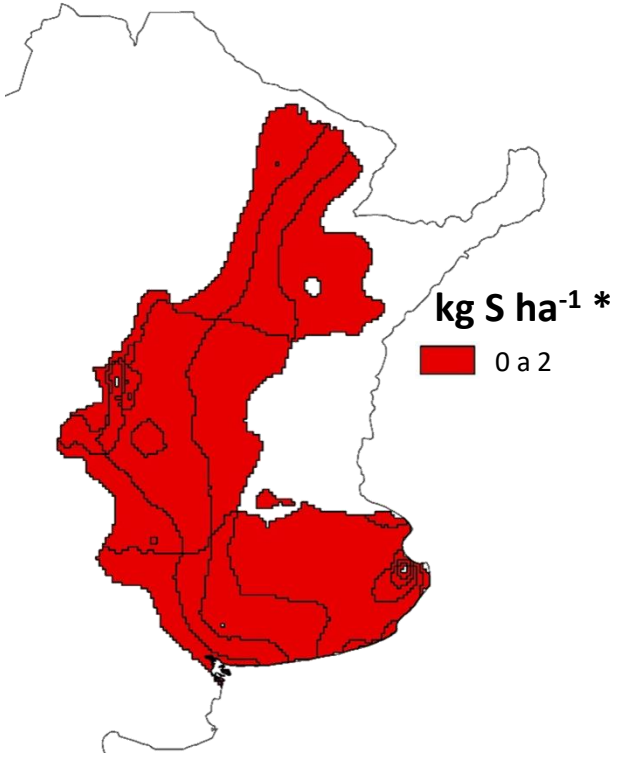
Nitrógeno (promedio: 11 kg N ha^{-1})*



Fósforo (promedio: 6 kg P ha^{-1})*



Azufre (promedio: 0.1 kg S ha^{-1}) *

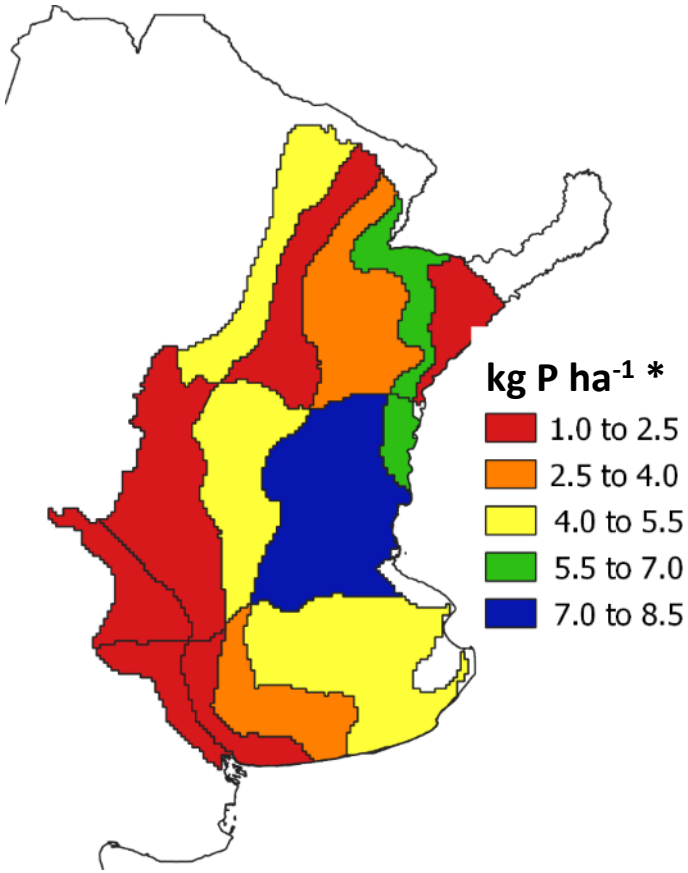


*** Promedio para 3 campañas (2016/17, 2017/18, 2018/19)**

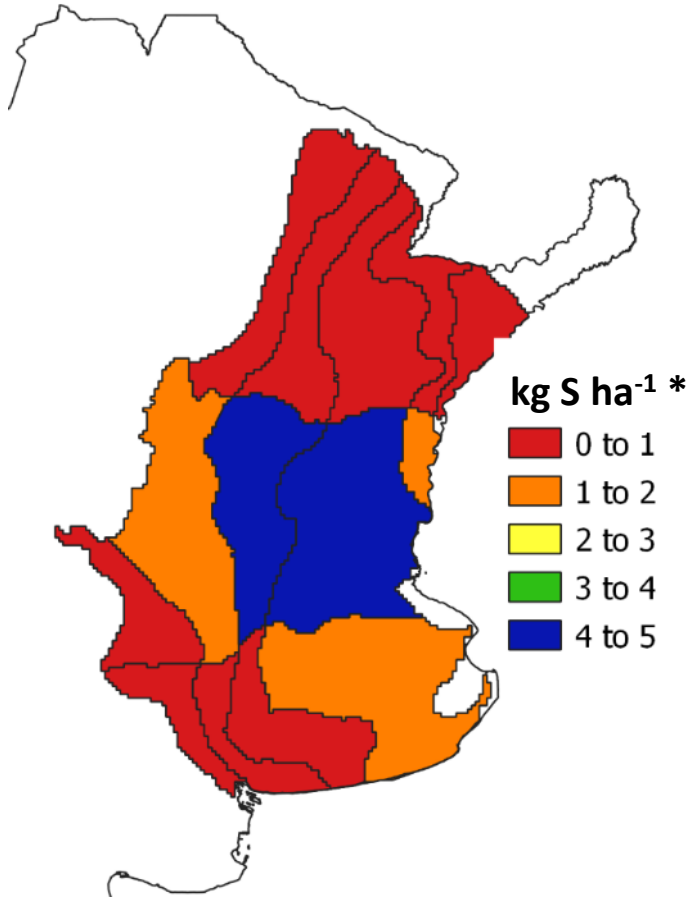
Monzon, Grassini, et al., (en preparation)

SOJA: dosis de fertilizante (elemento)

Fósforo (promedio: 5 kg P ha^{-1})*



Azufre (promedio: 2 kg S ha^{-1})*

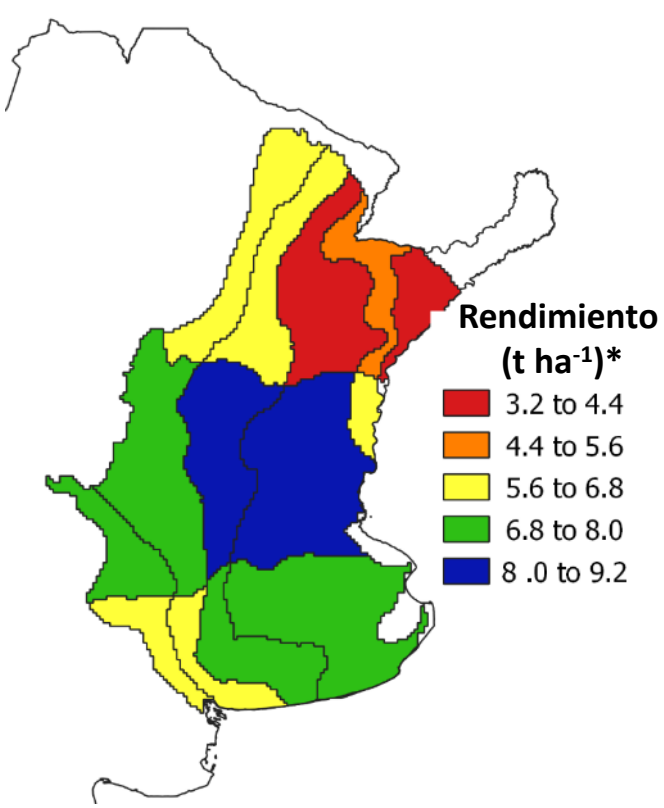


*** Promedio para 3 campañas (2016/17, 2017/18, 2018/19), incluye soja de primera y segunda**

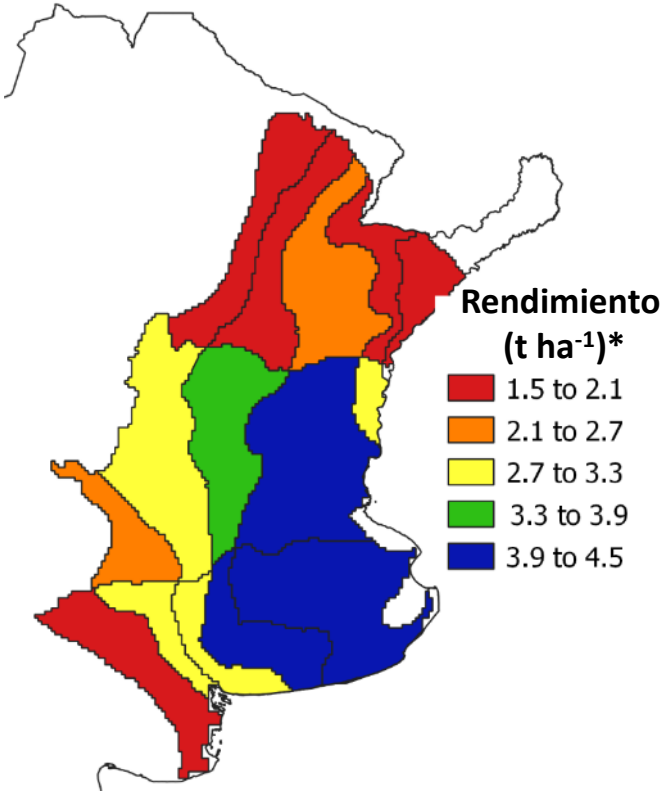
Monzon, Grassini, et al., (en preparación)

Rendimiento promedio*

MAIZ
(7.8 t ha^{-1})



TRIGO
(3.2 t ha^{-1})

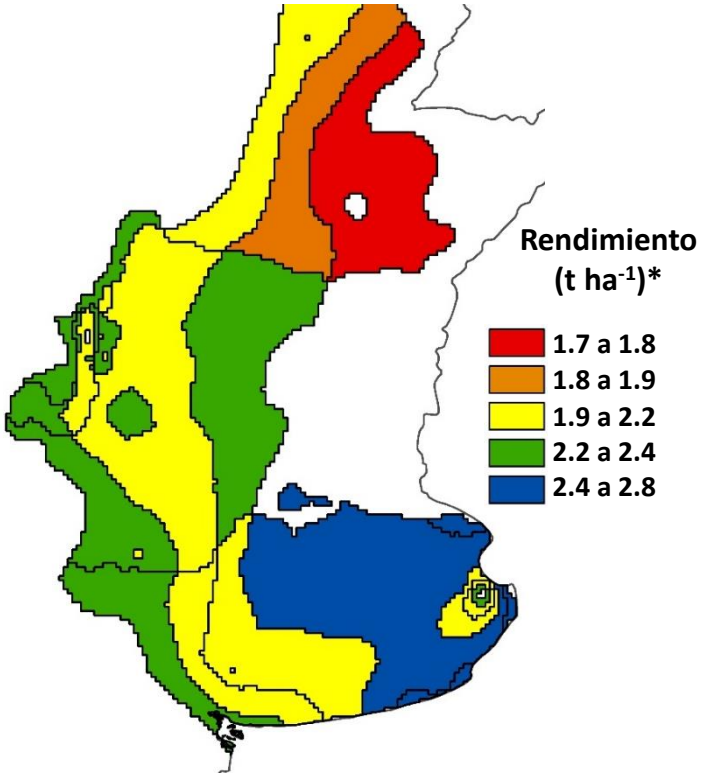


*** Promedio para 3 campañas (2016/17, 2017/18, 2018/19).**
Maíz incluye temprano y tardío

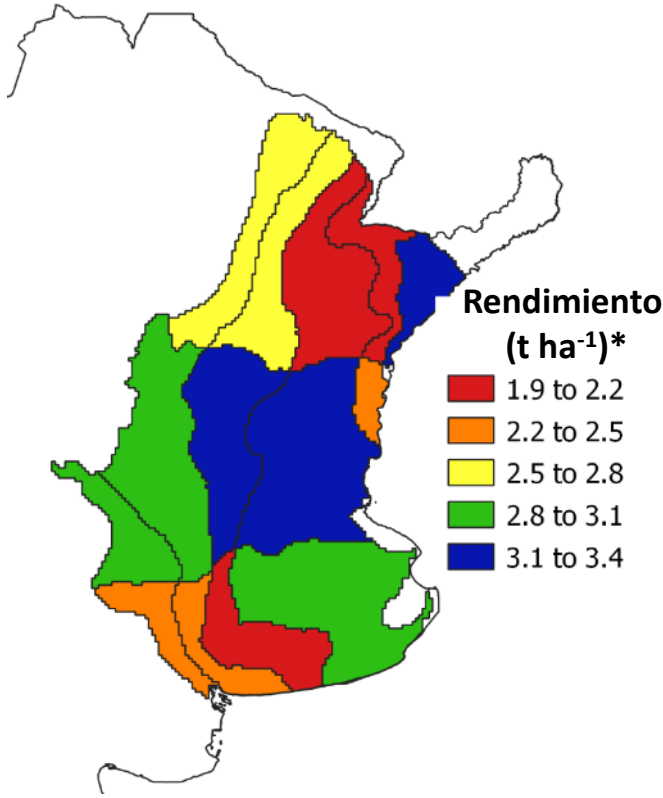
Monzon, Grassini, et al., (en preparation)

Rendimiento promedio*

GIRASOL
(2.2 t ha^{-1})



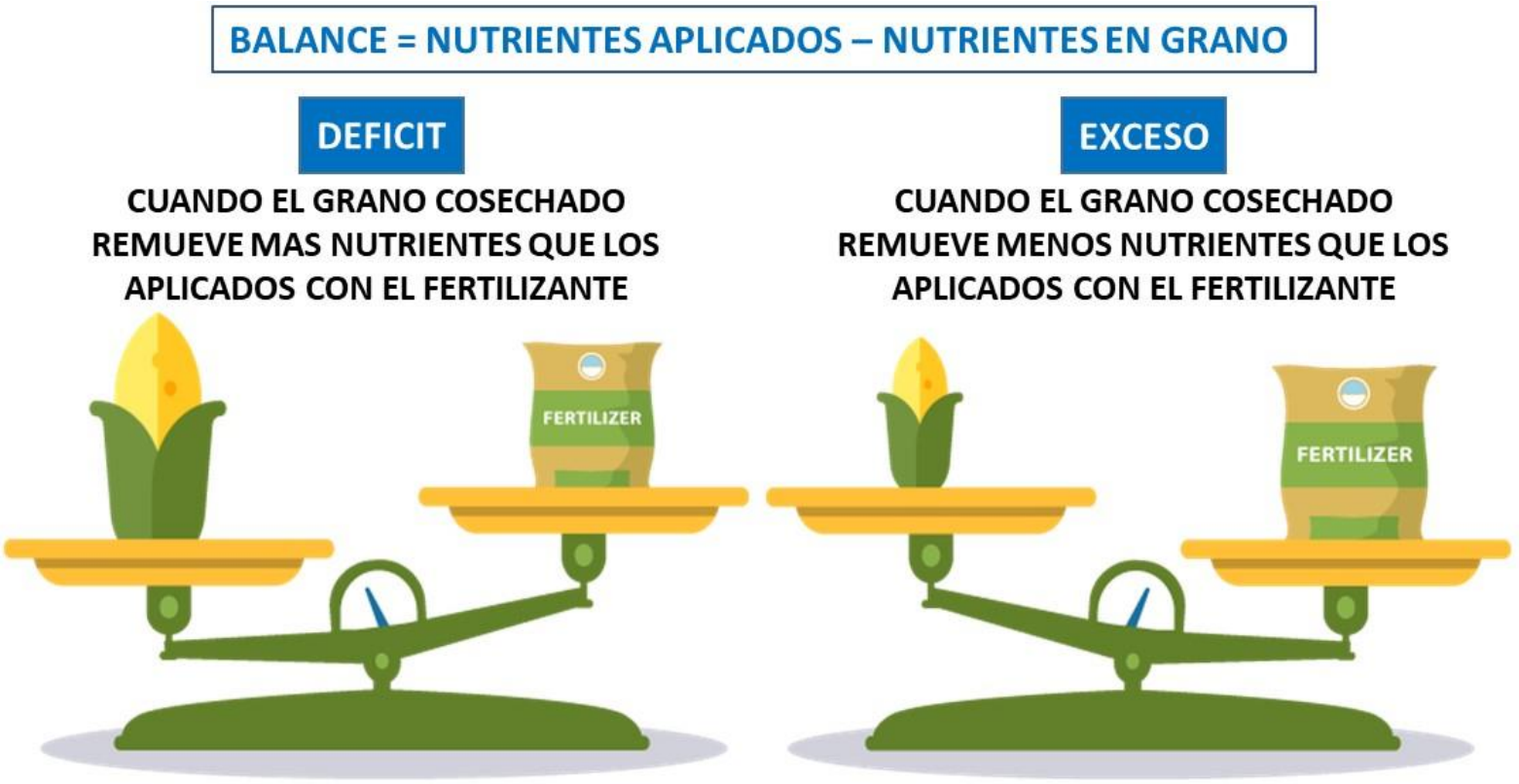
SOJA
(3.0 t ha^{-1})



*** Promedio para 3 campañas (2016/17, 2017/18, 2018/19).**
Soja incluye de primera y segunda.

Monzon, Grassini, et al., (en preparación)

El balance de nutrientes: nitrógeno



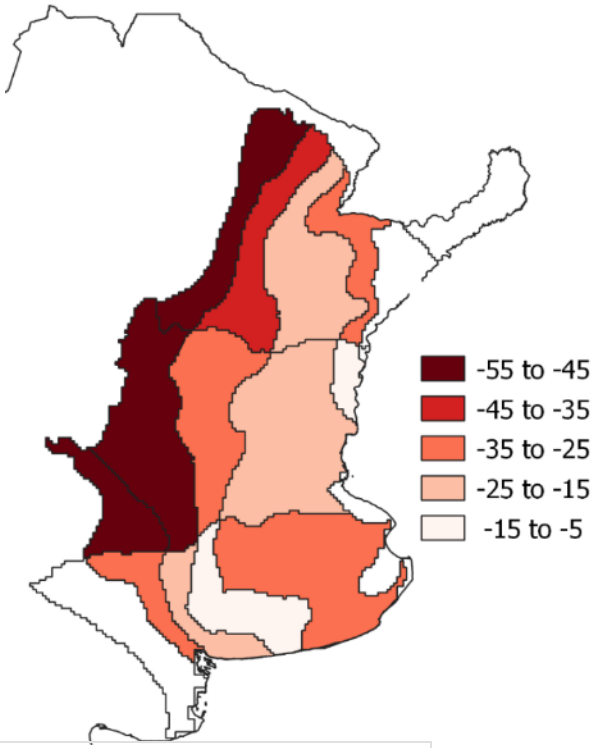
Source: https://nebraskacorn.gov/nitrogen-benchmarking/

El mismo concepto aplica a otros nutrientes

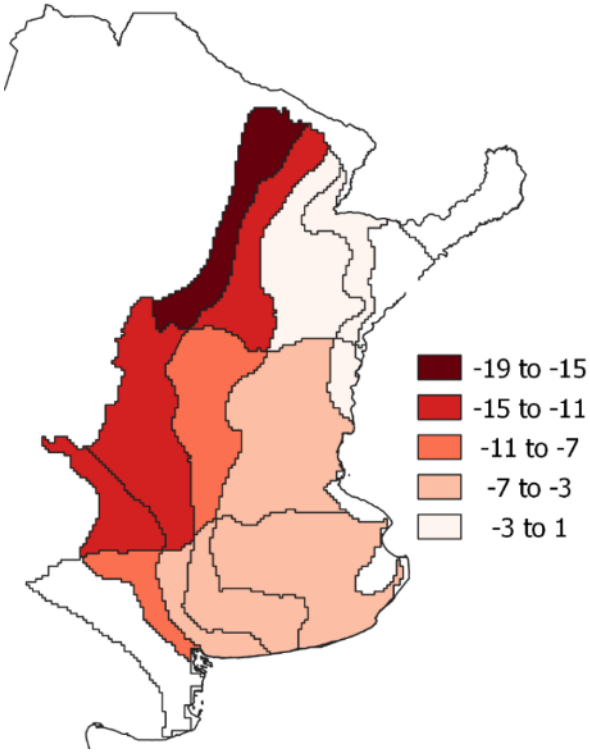
MAIZ: balance parcial de nutrientes

Balance nutrientes = promedio de dosis fertilizante – remoción de nutrientes grano

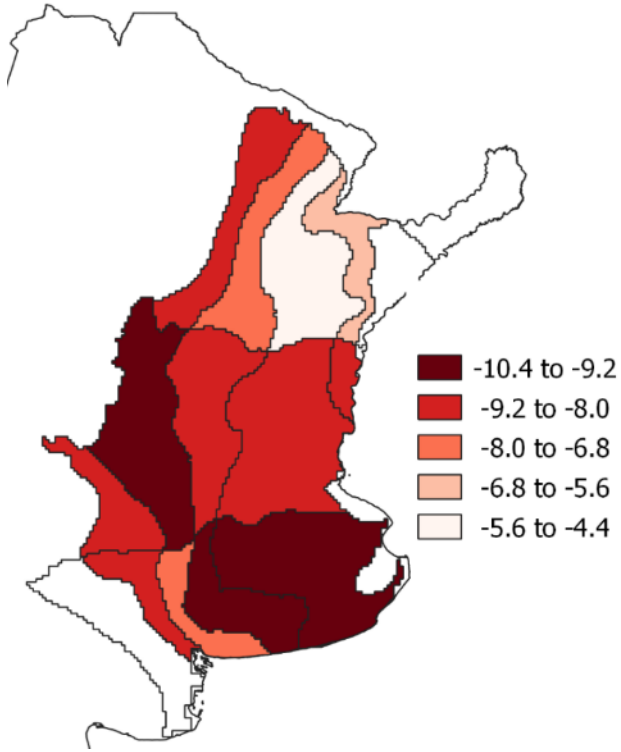
Nitrógeno *
(promedio: -35 kg N ha^{-1})



Fósforo *
(promedio : -9 kg P ha^{-1})



Azufre *
(promedio : -9 kg S ha^{-1})



Extraccion nutriente tabla IPNI (kg t^{-1})
http://www.ipni.net/article/IPNI-3296

Nutriente	MAIZ
N	12.0
P	2.8
S	1.4

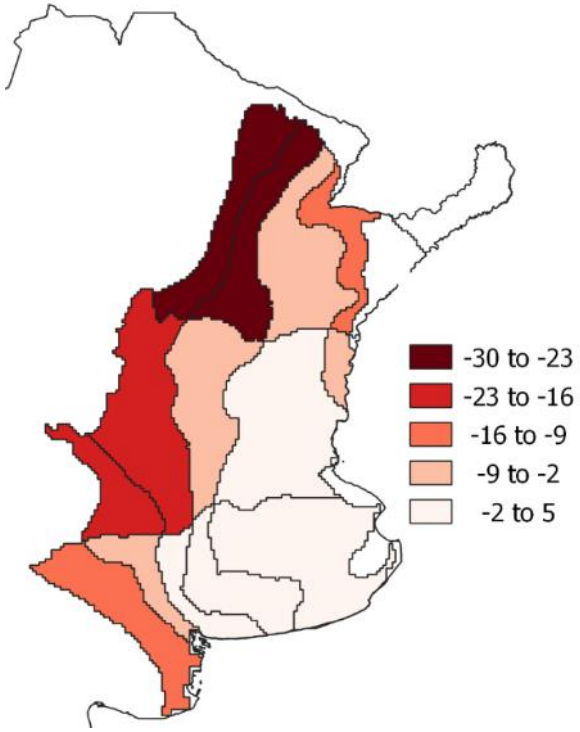
*** Promedio para 3 campañas (2016/17, 2017/18, 2018/19), incluye maíz temprano y tardío.**

Monzon, Grassini, et al., (en preparación)

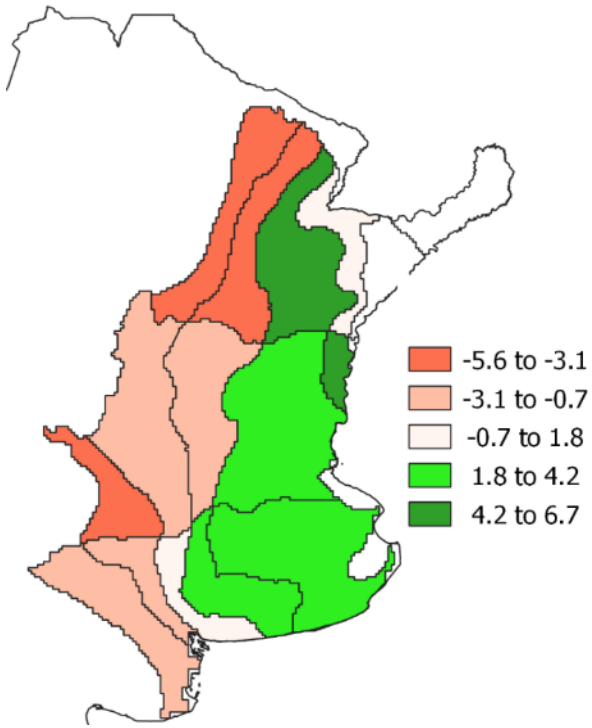
TRIGO: balance parcial de nutrientes

Balance nutrientes = promedio de dosis fertilizante – remoción de nutrientes grano

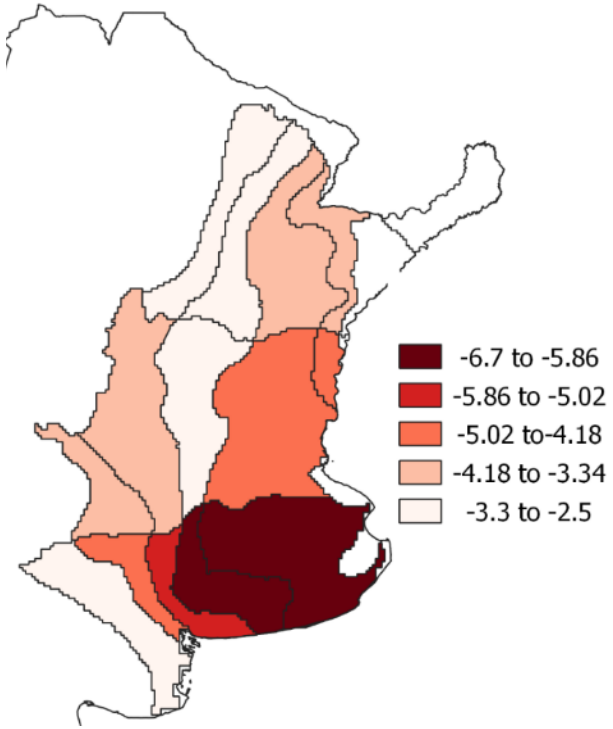
Nitrógeno *
(promedio: -7 kg N ha^{-1})



Fósforo *
(promedio: 0 kg P ha^{-1})



Azufre *
(promedio: -5 kg S ha^{-1})



Extraccion nutriente tabla IPNI (kg t^{-1})

http://www.ipni.net/article/IPNI-3296

Nutriente	TRIGO
N	19.0
P	3.5
S	1.7

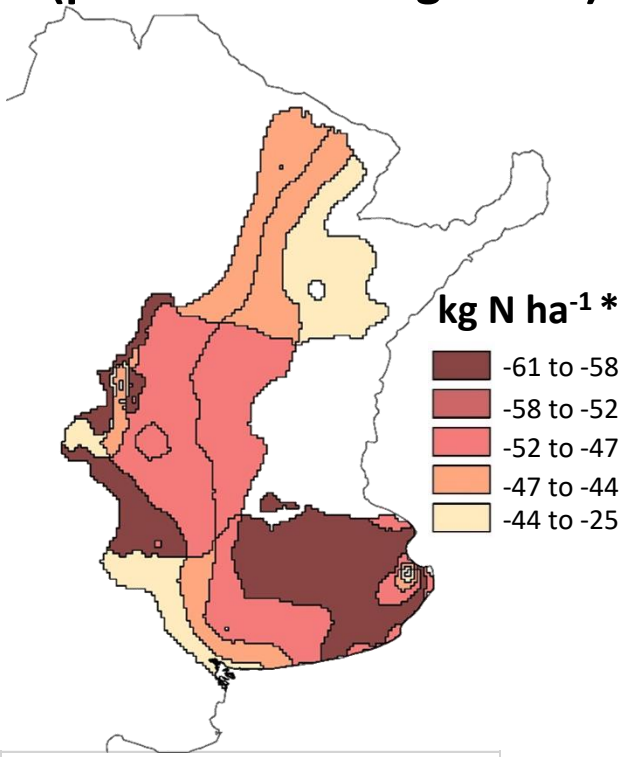
*** Promedio para 3 campañas (2016/17, 2017/18, 2018/19)**

Monzon, Grassini, et al., (en preparación)

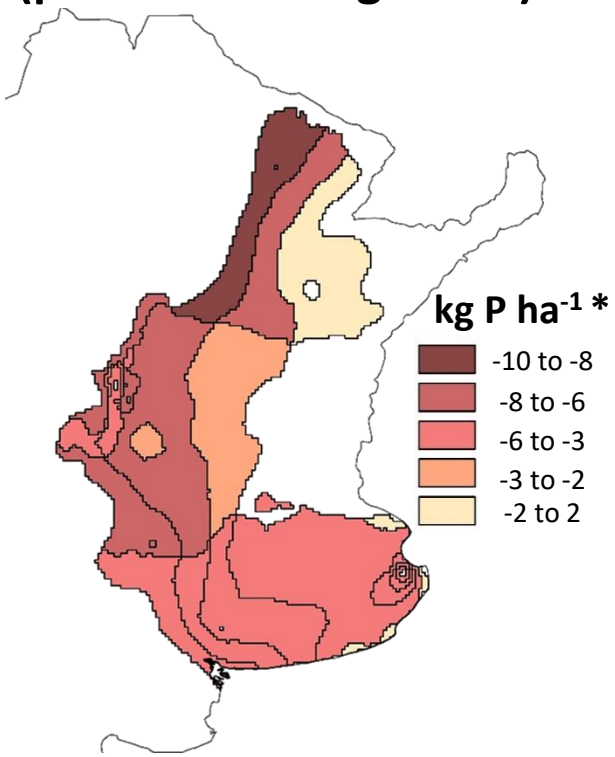
GIRASOL: balance parcial de nutrientes

Balance nutrientes = promedio de dosis fertilizante – remoción de nutrientes grano

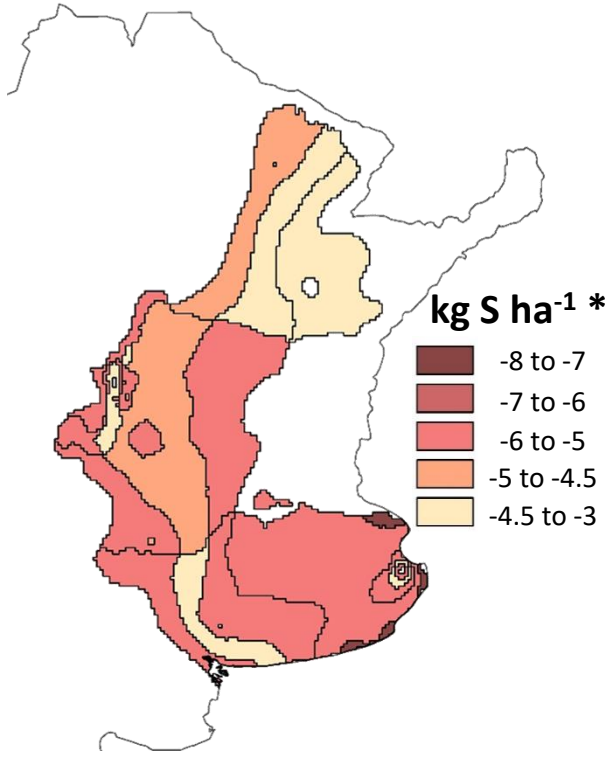
Nitrógeno * (promedio: -48 kg N ha^{-1})



Fósforo * (promedio: -4 kg P ha^{-1})



Azufre * (promedio: -5 kg S ha^{-1})



Extraccion nutriente tabla IPNI (kg t^{-1})

http://www.ipni.net/article/IPNI-3296

Nutriente	GIRASOL
N	27.0
P	4.2
S	2.5

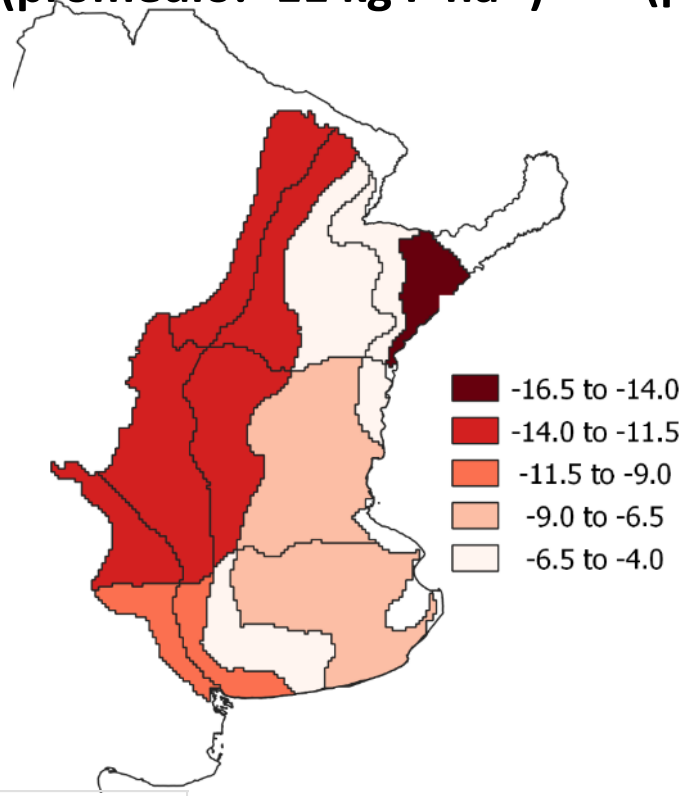
*** Promedio para 3 campañas (2016/17, 2017/18, 2018/19)**

Monzon, Grassini, et al., (en preparación)

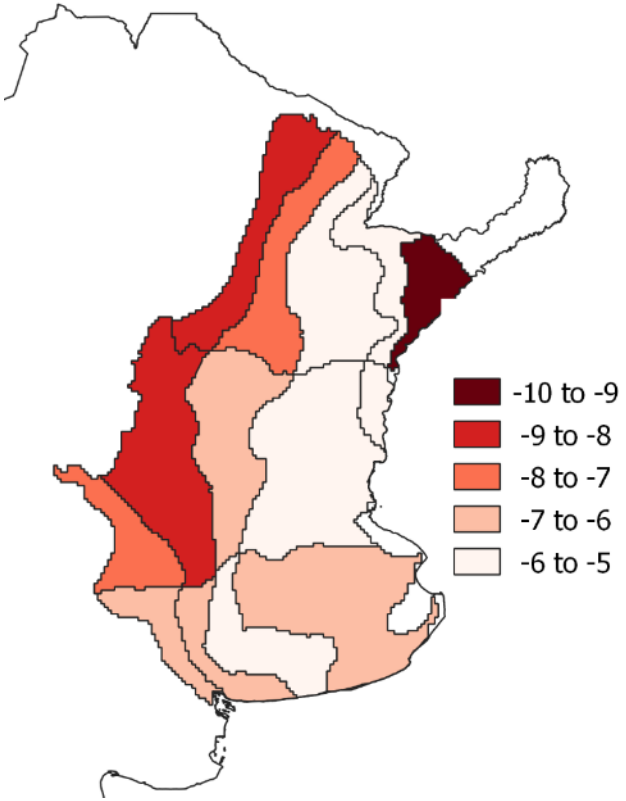
SOJA: balance parcial de nutrientes

Balance nutrientes = promedio de dosis fertilizante – remoción de nutrientes grano

Fósforo *
(promedio: -11 kg P ha^{-1})



Azufre *
(promedio: -7 kg S ha^{-1})



Extraccion nutriente tabla IPNI (kg t^{-1})
http://www.ipni.net/article/IPNI-3296

Nutriente	SOJA
N	55.0
P	5.2
S	3.0

*** Promedio para 3 campañas (2016/17, 2017/18, 2018/19), incluye soja de primera y segunda**

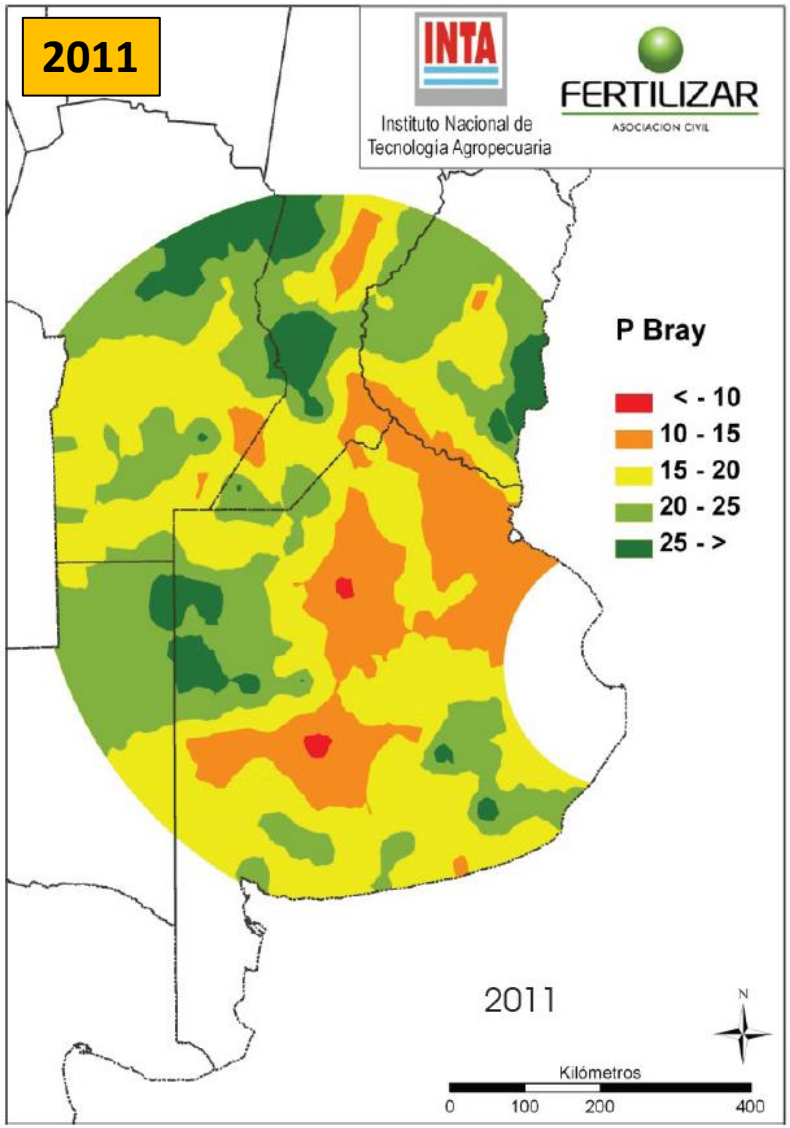
Monzon, Grassini, et al., (en preparación)

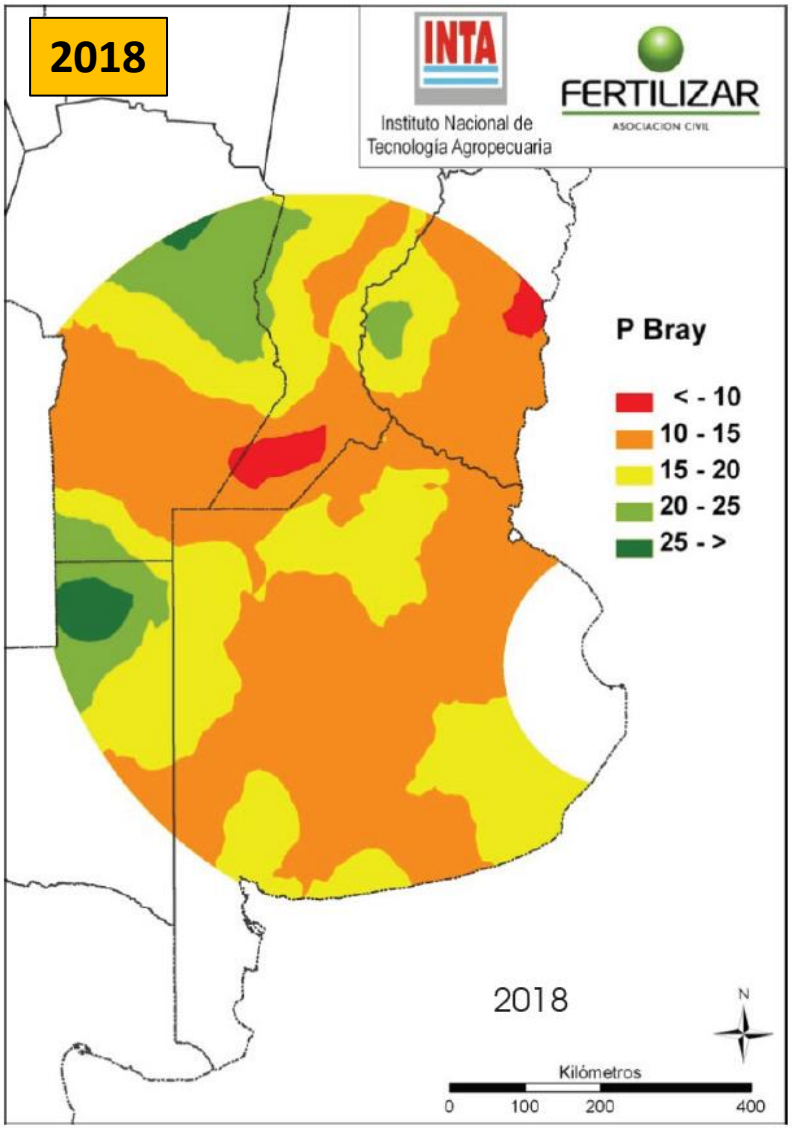
Argentina en contexto global: N maíz

Los balances de nutrientes en Argentina son más negativos que en regiones que aplican muy bajas dosis de nutrientes como África

	Rend (t ha^{-1})	Dosis N (kg ha^{-1})	Extracción N (kg ha^{-1})	Balance (kg ha^{-1})
Argentina	**7.8**	**59**	**94**	**- 35**
Africa	**2.0**	**8**	**24**	**- 16**
USA	**10.3**	**175**	**124**	**+ 51**

Cambio en el nivel de fósforo en el suelo





Sainz Rozas, 2018. Fertilizar

De brechas de rendimiento a brechas de nutrientes

Las dosis actuales de nutrientes no son suficientes para cerrar la brecha de rendimientos y los balances de nutrientes sugieren exportación neta en muchos casos. Cerrar la brecha de rendimiento, sin comprometer la calidad del suelo, va a requerir de un aumento substancial en el uso de fertilizante

Cultivo	Rend (t ha^{-1})	Rend alcanzable (t ha^{-1})*	Dosis actual nutrient (kg ha^{-1})*			Requerimiento extra de nutrientes (kg ha^{-1})**		
			N	P	S	N	P	S
Maíz	7.8	10.1	59	12	2	62	16	12
Trigo	3.2	4.8	55	11	1	36	6	7
Girasol	2.2	2.9	11	6	0.1	67	6	7
Soja	3.0	3.5	-	5	2	-	14	9

* Rendimiento alcanzable estimado como 80% del rendimiento potencial. Fuente: www.yieldgap.org & Aramburu-Merlos *et al.* (2015), Hall et al., 2013, Rodriguez et al., (unpublished)

** La cantidad de nutrientes adicional requerido para cerrar la brecha fue calculado teniendo en cuenta (i) el requerimiento de nutrientes necesario para lograr el rendimiento alcanzable, y (ii) la dosis de nutriente actual. El requerimiento de nutrientes necesario para lograr el rendimiento alcanzable fue calculado usando un criterio de reposición.

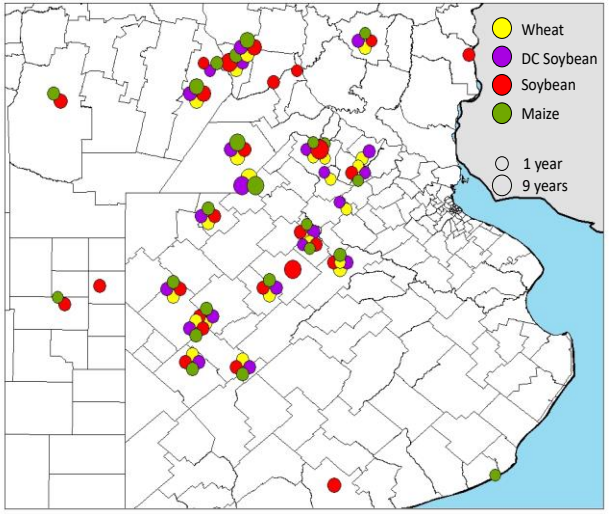
Validación a campo

Base de datos de ensayos en campos de productores (10 campañas, 2011-2020). Comparación lado a lado de dos tratamientos: dosis actual de nutrientes aplicada por el productor ("PROD") versus dosis más altas de nutrientes basadas en rendimientos objetivo ("NUT")

Crop	Base de datos		Promedio ReTAA*
	PROD	NUT	
MAIZ			
Rendimiento (t ha^{-1})	9.4	10.8	8.2
Dosis N (kg N ha^{-1})	61	131	78
Dosis P (kg P ha^{-1})	12	33	16
Dosis S (kg S ha^{-1})	2	18	2
TRIGO			
Rendimiento (t ha^{-1})	4.2	5.2	3.9
Dosis N (kg N ha^{-1})	64	136	74
Dosis P (kg P ha^{-1})	16	32	16
Dosis S (kg S ha^{-1})	1	17	2

* Promedio ponderado para las zonas climaticas donde se ubican la mayoria de los ensayos incluidos en la base de datos

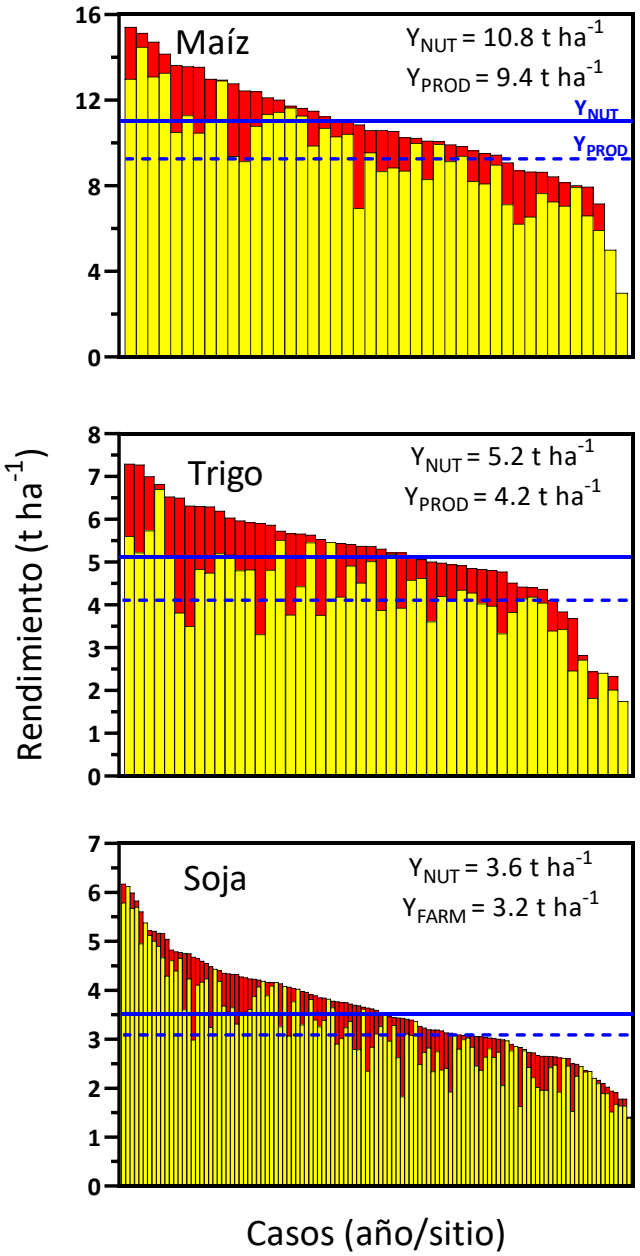
Experimentos para maíz (n=44), trigo (n=50) y soja (117)



Monzon, Grassini, *et al.* (en preparación)

Validación a campo

Un mayor uso de nutrientes, producto de mayores dosis de fertilizantes, permitió aumentar los rendimientos de maíz (15%), trigo (22%) y soja (13%), esos valores son equivalentes a cerrar la brecha de rendimiento explotable para esos cultivos en ARGENTINA

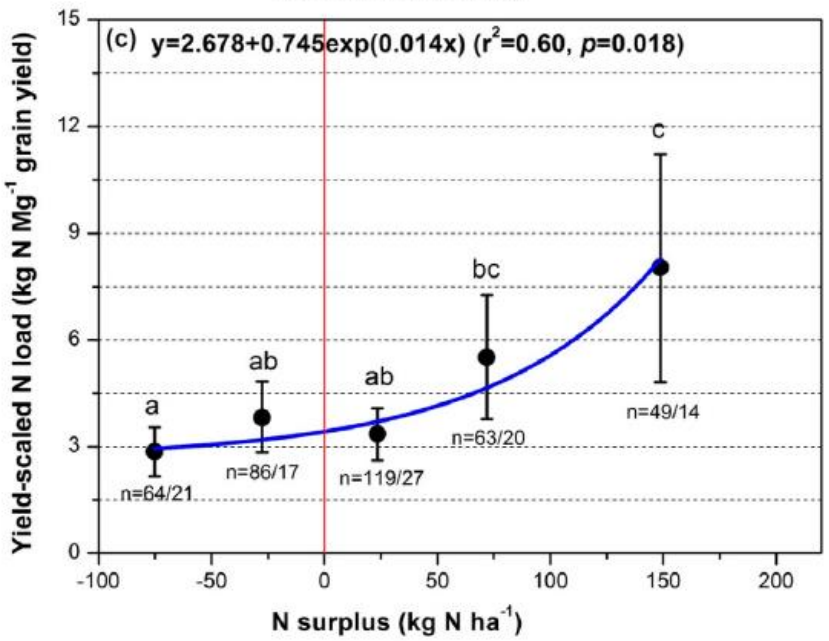


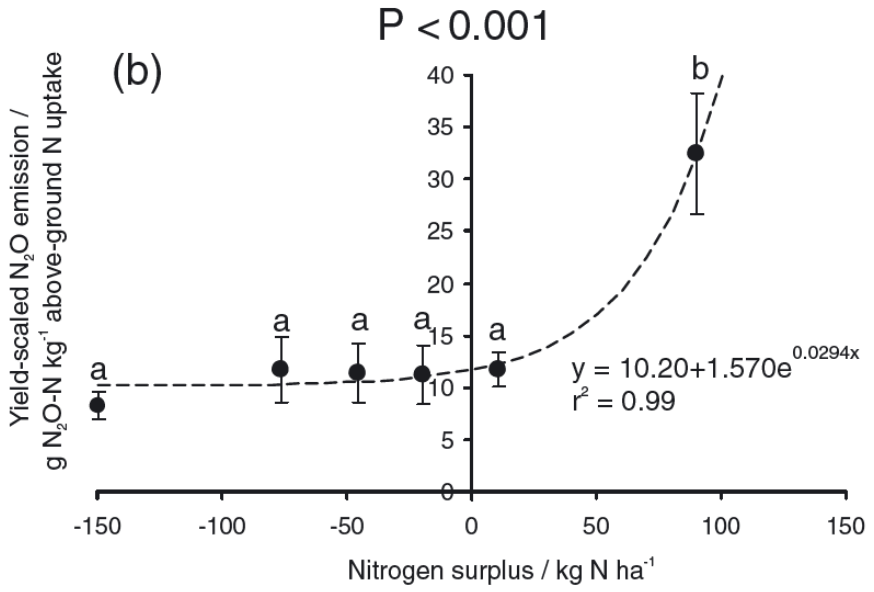
Las barras amarillas representan el rendimiento obtenido en el tratamiento con las dosis actuales de fertilización utilizadas por el productor (PROD). La respuesta de rendimiento generada con la aplicación de nutrientes adicionales (NUT) se muestra en rojo. Cada barra corresponde a un ensayo, las cuales están ordenadas de mayor (izquierda) a menor rendimiento (derecha). Las líneas horizontales indican los promedios para cada tratamiento.

Monzon, Grassini, *et al.* (en preparación)

Consideraciones ambientales: pérdidas y balance de nitrógeno

Las perdidas de nitrógeno se "disparan" cuando el balance de N es muy positivo





van Groenigen et al., 2010; Zhao et al., 2016

Mensajes para llevarse a casa

- Prognosis de aumento de la demanda global de alimentos, un sector agropecuario competitivo, y un nivel de brecha de rendimiento intermedia ponen a la Argentina en una posición envidiable para intensificar la producción de cultivos de cara a los próximos 30 años.

- Las aplicaciones actuales de nutrientes *NO son suficientes* para cerrar la brecha de rendimiento y, en muchos casos, los balances indican exportación de nutrientes sin reposición.

- Cualquier programa que tenga como objetivo aumentar la productividad actual, haciendo un uso sustentable del recurso suelo, va a requerir de un reconocimiento explicito de la necesidad de aumentar el uso de nutrientes en Argentina.

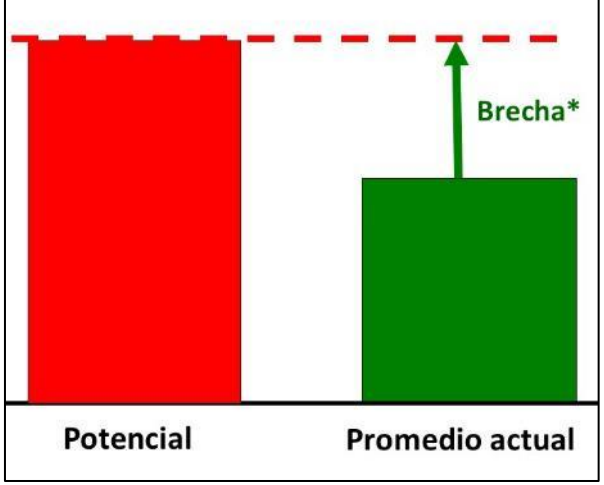
Pensando a futuro

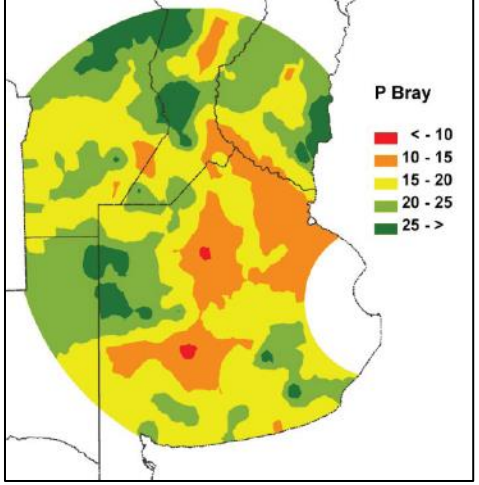
- Optimizar la nutrición de los cultivos teniendo en cuenta rendimiento potencial en secano.

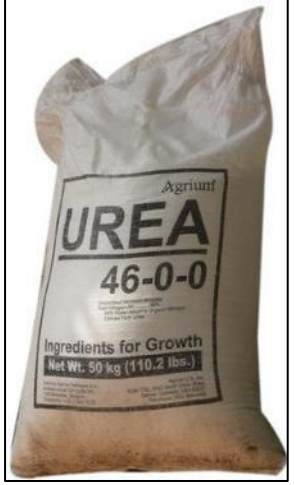
- Optimizar la aplicación de nutrientes en función del ambiente (clima y suelo).

- Desarrollar herramientas de fertilización a nivel de productor.

- Dialogo sector público-privado que permita articular políticas para el uso responsable de nutrientes.







Gracias!

University of Nebraska Lincoln

CONICET

Facultad de Ciencias Agrarias - UNMdP
Investigación - Extensión - Enseñanza
Balcarce

ReTAA

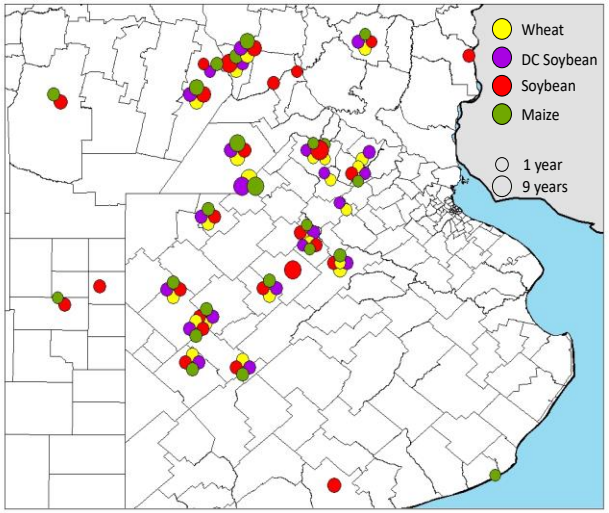
Validación a campo = BALANCE

Bases de datos para maíz (n=44) y trigo (n=50). Incluyendo 10 campañas durante 2011 a 2020. Dos tratamientos: (1) dosis de nutrientes actualmente aplicada por el productor ("PROD") y (2) con nutrientes adicionales vía fertilizante ("NUT")

Cultivo	BASE DE DATOS		PROMEDIO ReTAA**
	PROD	NUT	
MAIZ			
Rendimiento (t ha^{-1})	9.4	10.8	8.2
N fertilizante (kg N ha^{-1})	-52	-1	-20
P fertilizante (kg P ha^{-1})	-14	+5	-7
S fertilizante (kg S ha^{-1})	-11	+3	-10
TRIGO			
Rendimiento (t ha^{-1})	4.2	5.2	3.9
N fertilizante (kg N ha^{-1})	-16	+37	0
P fertilizante (kg P ha^{-1})	+1	+14	+2
S fertilizante (kg S ha^{-1})	-6	+8	-4

** Promedio ponderado para las zonas climaticas donde se ubican la mayoria de los ensayos incluidos en la base de datos

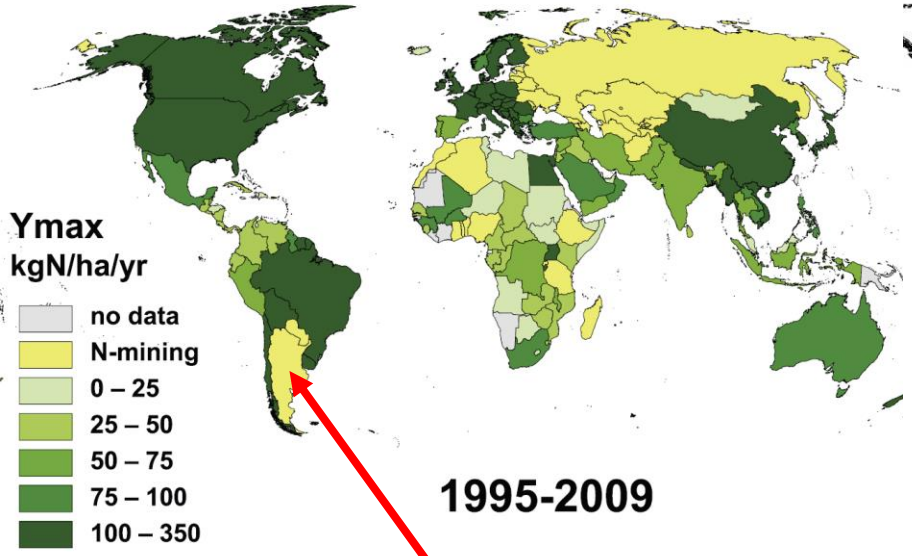
Ensayos validación

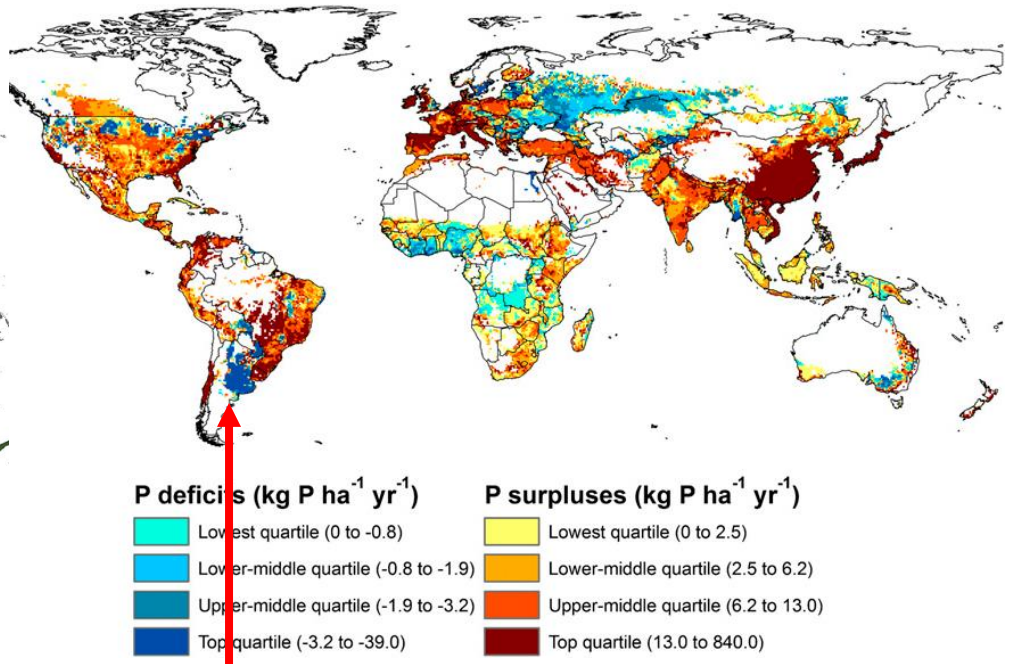


Monzon, Grassini, *et al.* (en preparación)

Balance de nutrientes en el mundo

Maximum protein yield of cropping systems (Ymax)





Extración neta N

Extracción neta P

-Datos gridados

-Country averages

Lassaletta et al., 2014. Environ. Res. Lett.

MacDonald., 2011. PNAS.