

Biodiversidad y malezas

Del control reactivo al diseño de paisajes agrícolas sostenibles

Lucas A. Garibaldi

IRNAD · Universidad Nacional de Río Negro · CONICET

Conferencia plenaria · Córdoba · 2 de septiembre de 2026



LUCAS_GARIBALDI_AGRO

Transiciones productivas sostenibles

- Eficiencia
- Reemplazo
- Rediseño

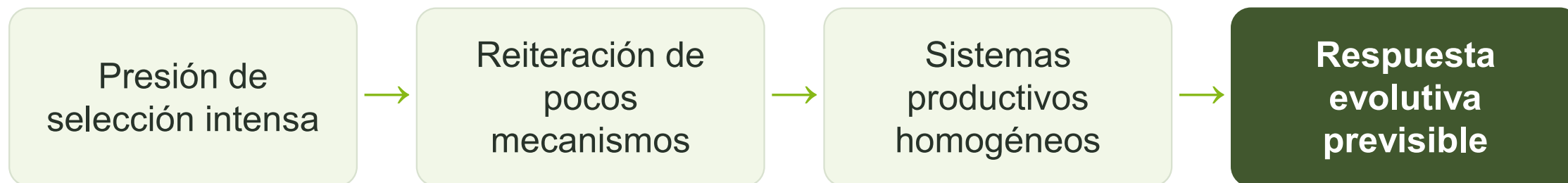
¿Podemos seguir haciendo más de lo mismo?

La resistencia obliga a cambiar también la pregunta

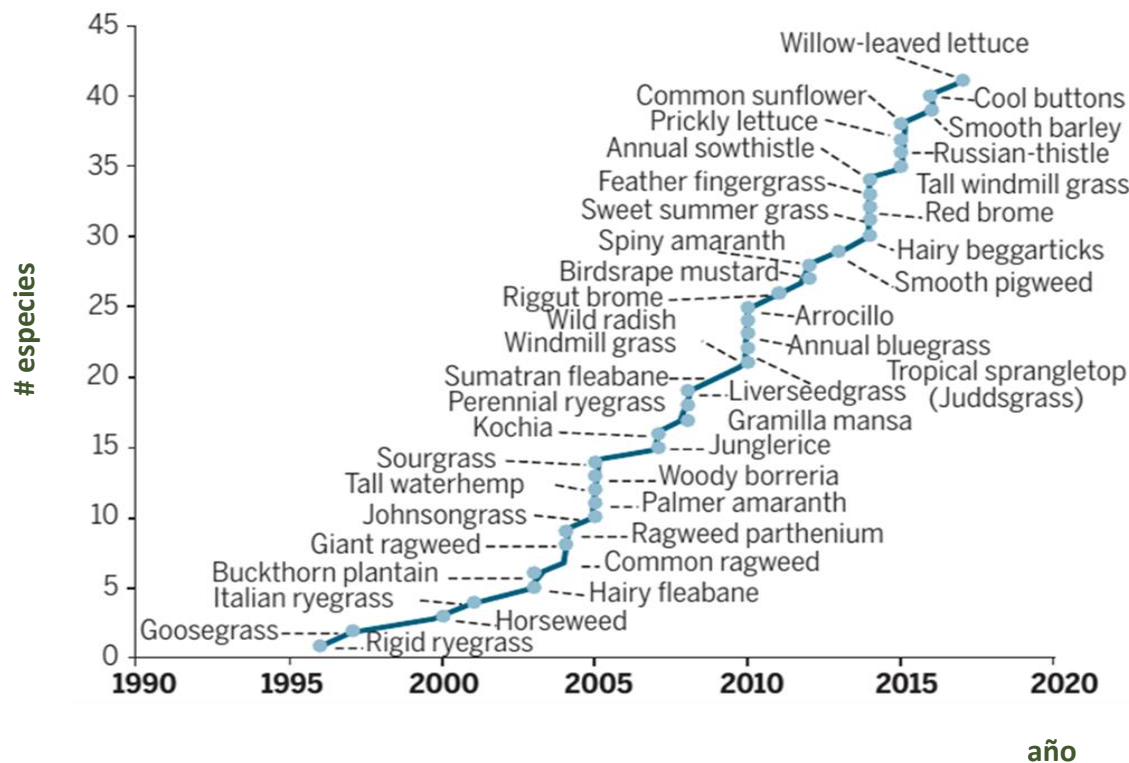
¿Cómo diseñamos sistemas que generen menos oportunidades para las malezas problemáticas?

La resistencia es una propiedad emergente del sistema

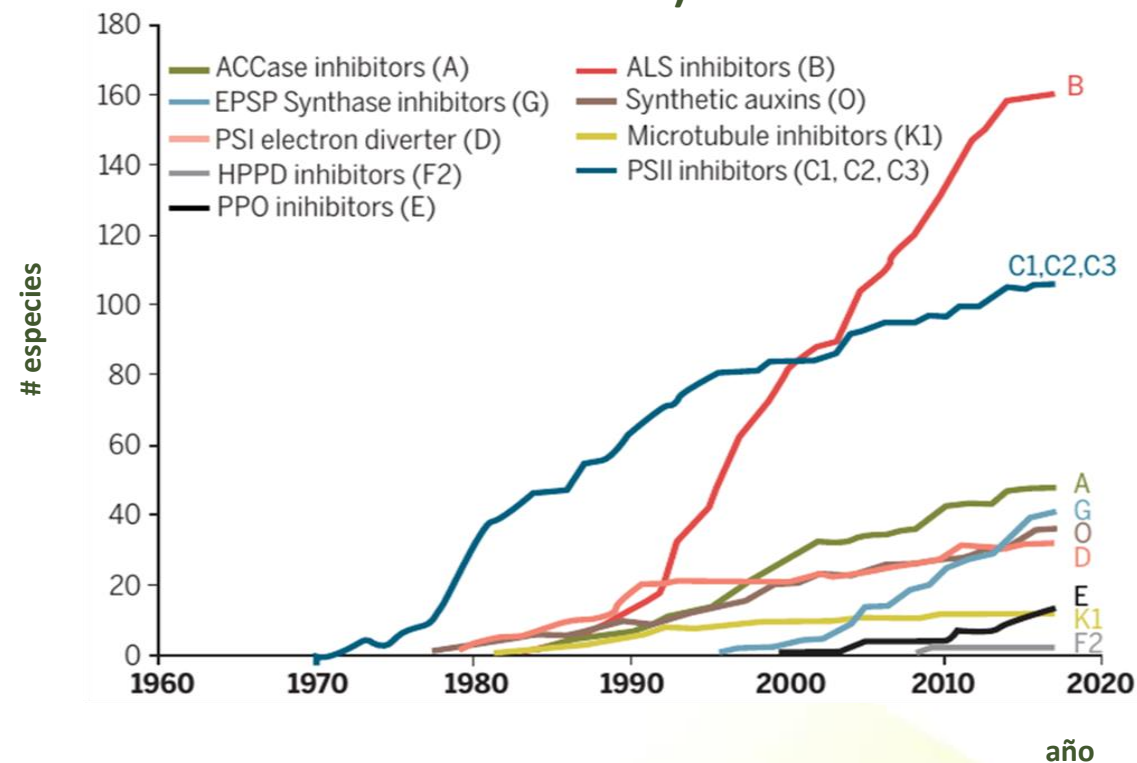
No es solamente una falla tecnológica



Aumento global de malezas resistentes a glifosato

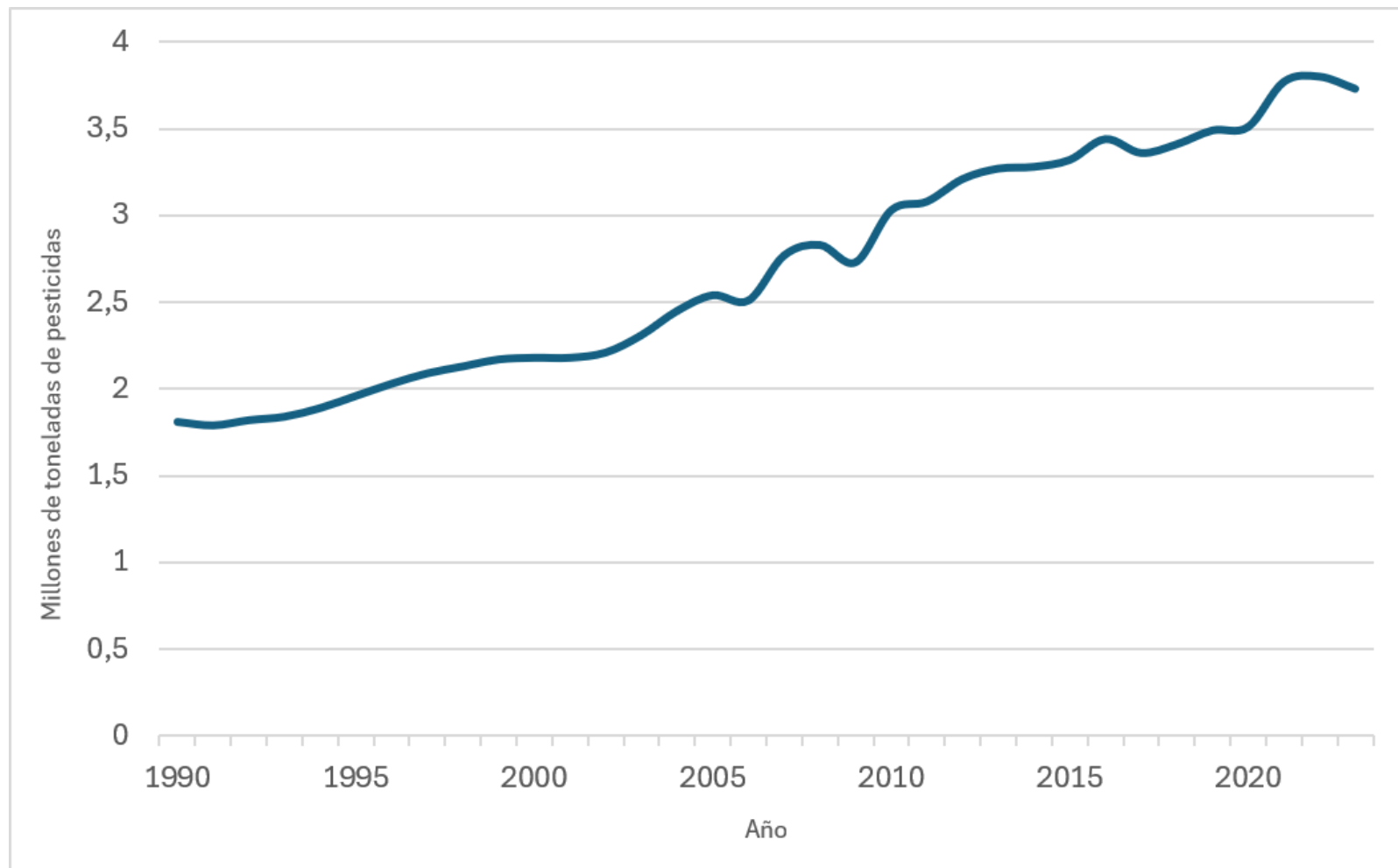


especies resistentes a herbicidas para varios mecanismos de acción (códigos HRAC)



Gould *et al.* (2018) *Science*

Uso de pesticidas por área de cultivo a nivel global



Intensificación ecológica: producir fortaleciendo procesos

Menos dependencia no significa menos manejo

PRODUCTIVIDAD DE LARGO PLAZO

**Biodiversidad
funcional**

**Servicios
ecosistémicos**

Conocimiento

↓ **dependencia de insumos externos**

Diversificar es intervenir en varias escalas

No solo qué producimos: también cuándo, dónde y cómo

Dentro del cultivo

Genotipos · arreglos · asociaciones

En el tiempo

Rotaciones · cultivos de servicio

En el establecimiento

Integración · lotes · interfaces

En el paisaje

Mosaicos · bordes · corredores

Rotaciones más diversas reducen la densidad de malezas

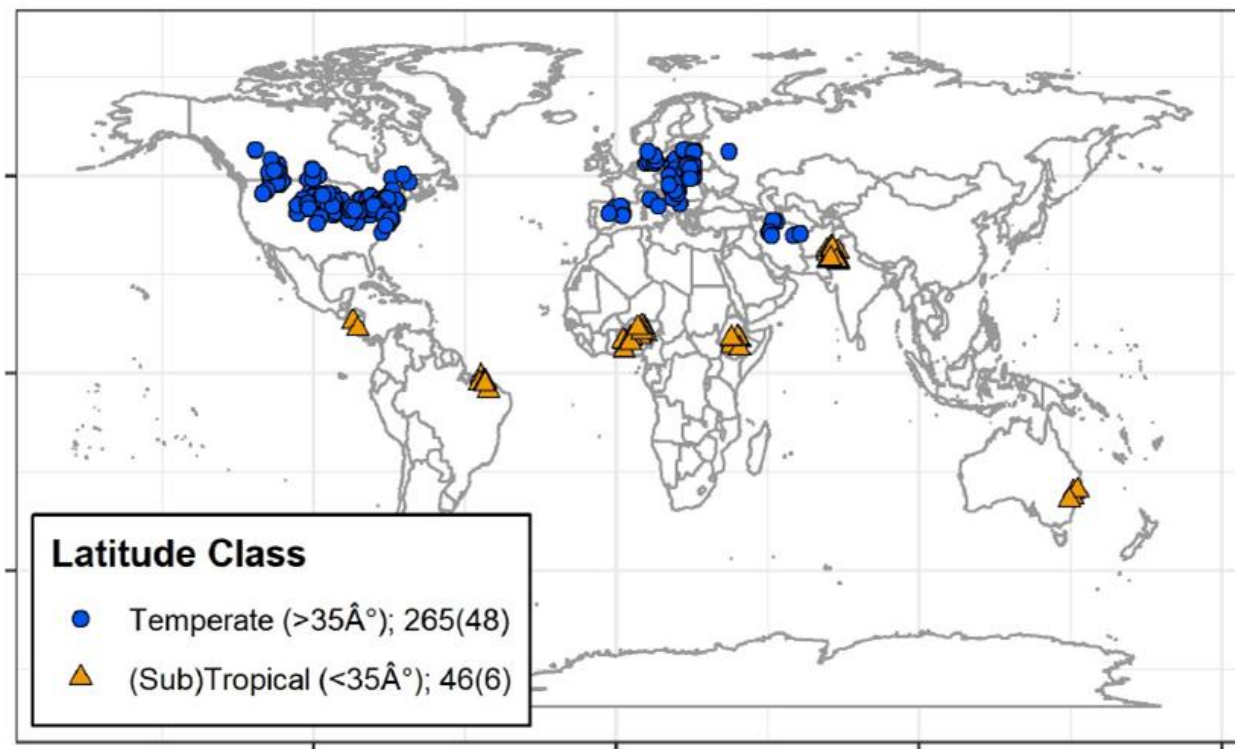


Fig 1. Map of meta-analysis study locations. Temperate (blue circles, $>35^{\circ}$ latitude) and sub-tropical/tropical (orange triangles, $<35^{\circ}$) study locations with number of data points and number of studies (in parentheses) for each latitude class.

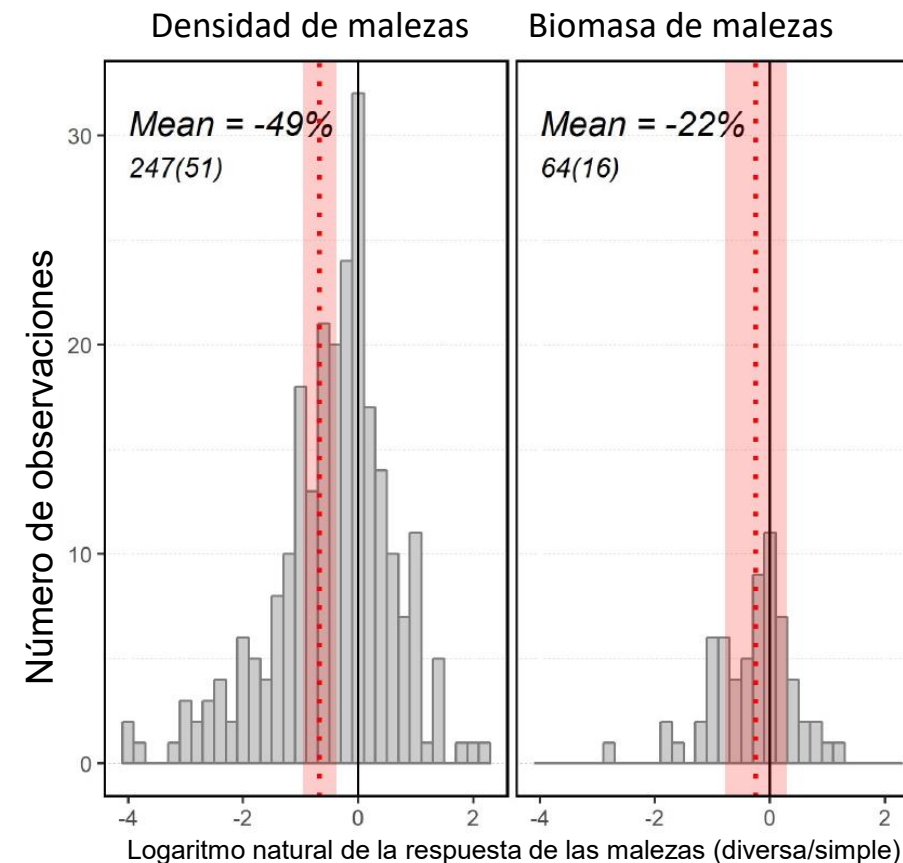


Fig 2. Histogram of weed response (weed density and biomass) to diversifying from a simple rotation. Means (dotted lines) and standard errors of the means (shaded areas) on a natural log scale, mean value on a percent change scale, total number of observations, and number of studies (parentheses).

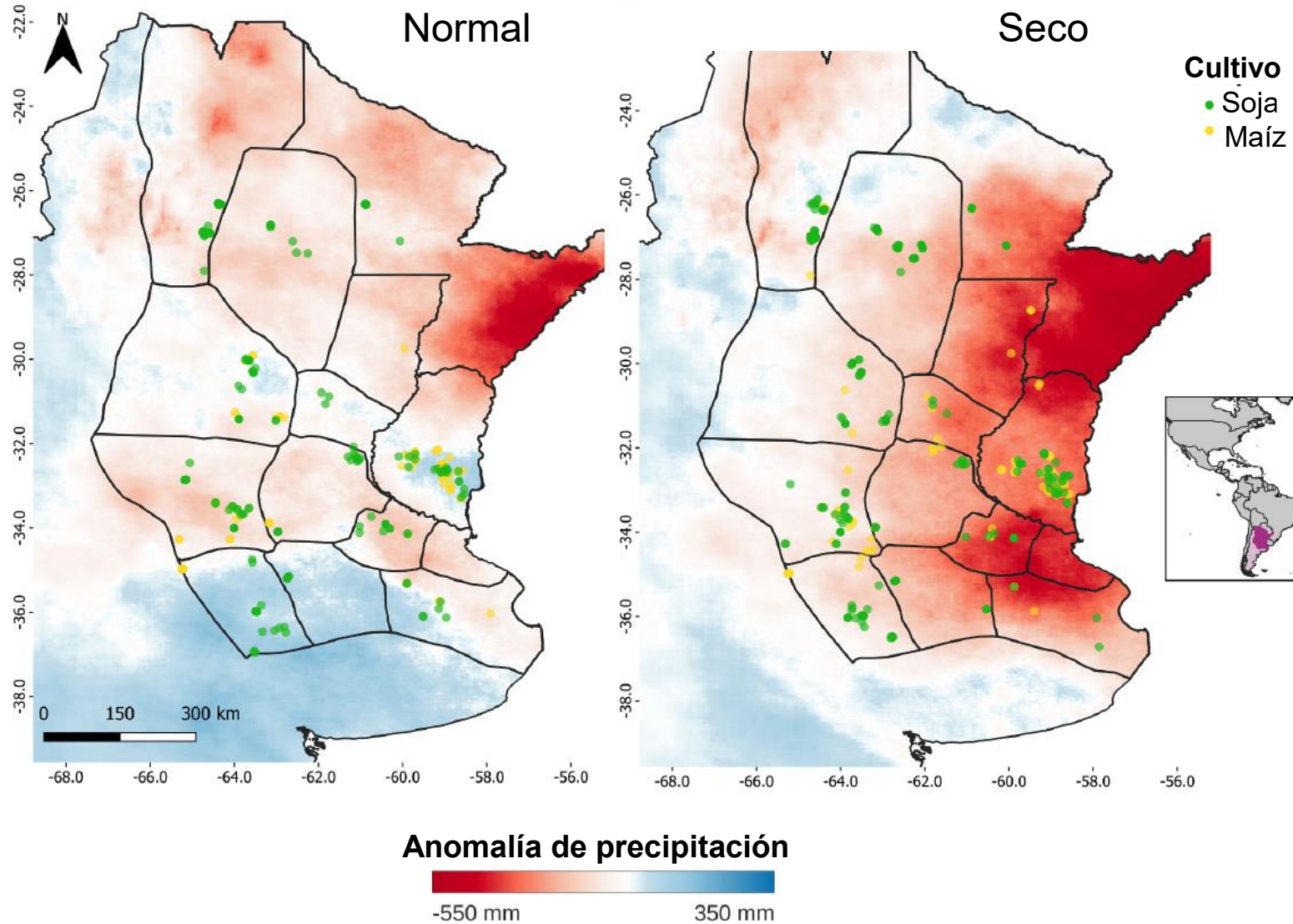
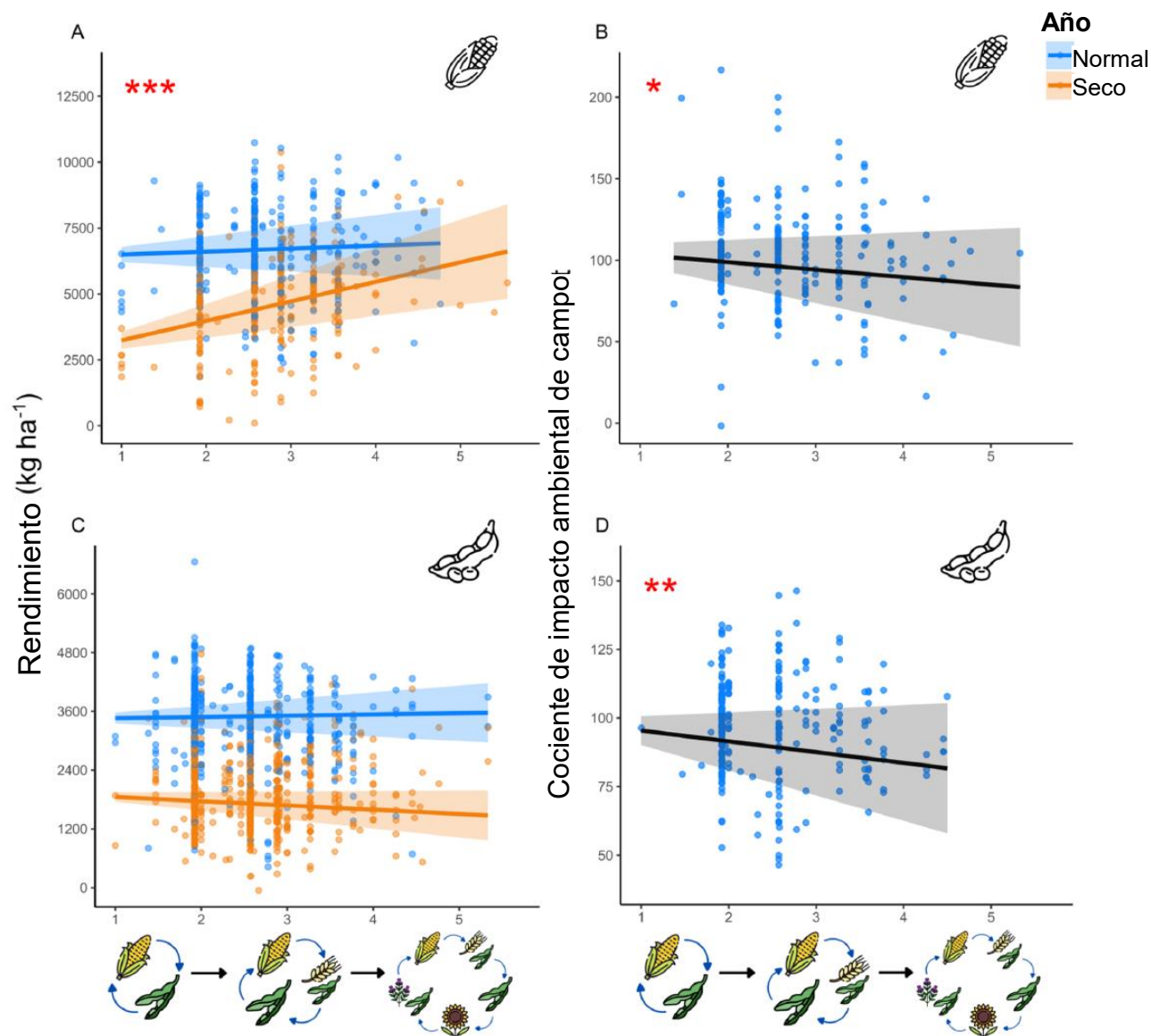


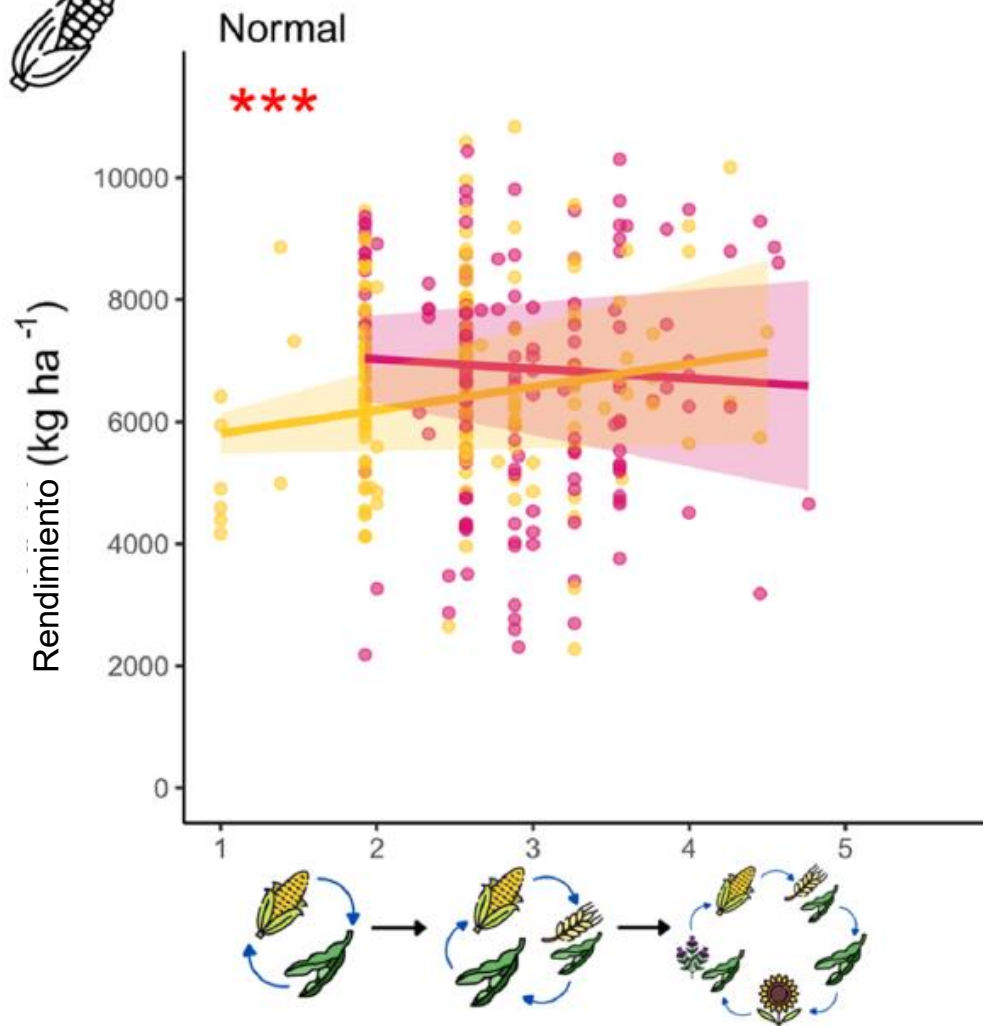
Fig. 1. Absolute precipitation anomalies for the normal (2021–22; left) and dry (2022–23; right) years at the study site. The absolute anomaly is defined as the difference between the cumulative precipitation of the growing season (September to March) and the average precipitation for the same period over the previous ten years. Precipitation deficits are represented with red, precipitation surpluses with blue, and areas of no anomaly with white. The circles indicate the location of some of the study fields, which were cropped with soybean (green) and maize (yellow). The black lines delineate the boundaries of CREA regions.



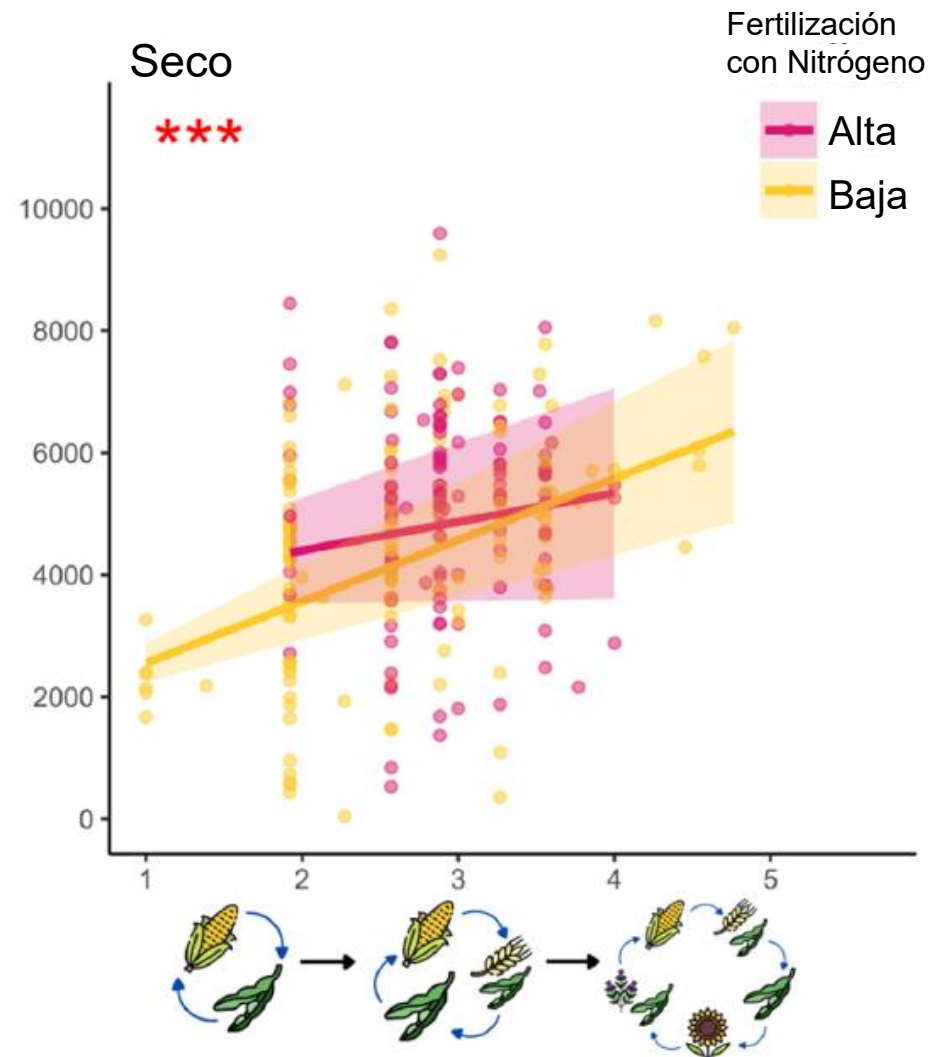
Diversidad en la rotación de cultivos

Fig. 2. La diversidad en la rotación de cultivos mejora el rendimiento del maíz durante un año seco y reduce el impacto ambiental. Gráficos de dispersión con líneas de regresión e intervalos de confianza del 95% del rendimiento (kg ha⁻¹) de maíz (A) y soja (C) en relación con la diversidad de rotación de cultivos (inverso del índice de diversidad de Simpson), y el cociente de impacto ambiental (EIQ) del maíz (B) y soja (D) en relación con la diversidad de rotación de cultivos para el año normal (en azul) y el año seco (en naranja). El asterisco rojo indica el nivel de evidencia de las relaciones: *** evidencia alta (Importancia relativa (IR) > 0,85), ** evidencia moderada (0,84 > IR > 0,65), * evidencia baja (0,64 > IR > 0,50) y las celdas vacías indican una falta de evidencia (IR < 0,49).

En Argentina, diversificar también mejora la resiliencia



Diversidad en la rotación de cultivos



Diversidad en la rotación de cultivos

Fig. 3. La diversidad en la rotación de cultivos aumenta el rendimiento del maíz en condiciones de baja fertilización con nitrógeno. Gráficos de dispersión con líneas de regresión e intervalos de confianza del 95% del rendimiento de maíz (kg ha⁻¹) en relación con la diversidad de rotación de cultivos (inverso del índice de diversidad de Simpson), para el año normal (recuadro izquierdo) y el año seco (recuadro derecho). Para fines ilustrativos se categorizó la fertilización con N. Los campos con baja fertilización con N (amarillo) se aplicaron con 75 kg ha⁻¹ o menos, y los campos con alta fertilización con N (rosa) se aplicaron con más de 75 kg ha⁻¹. El asterisco rojo indica el nivel de evidencia de las relaciones: *** evidencia alta (Importancia relativa (IR) > 0,85), ** evidencia moderada (0,84 > IR > 0,65), * evidencia baja (0,64 > IR > 0,50) y las celdas vacías indican una falta de evidencia (IR < 0,49).

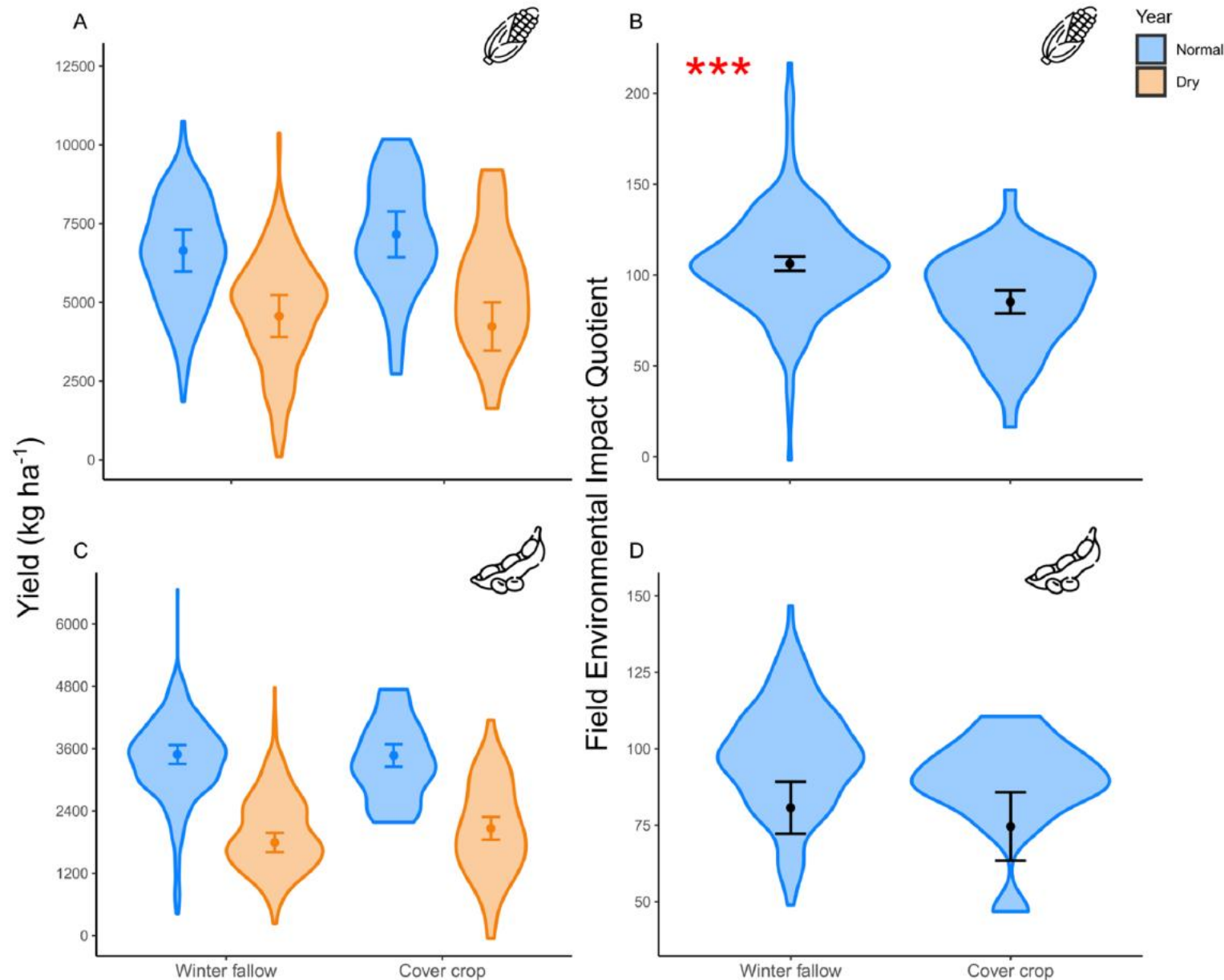
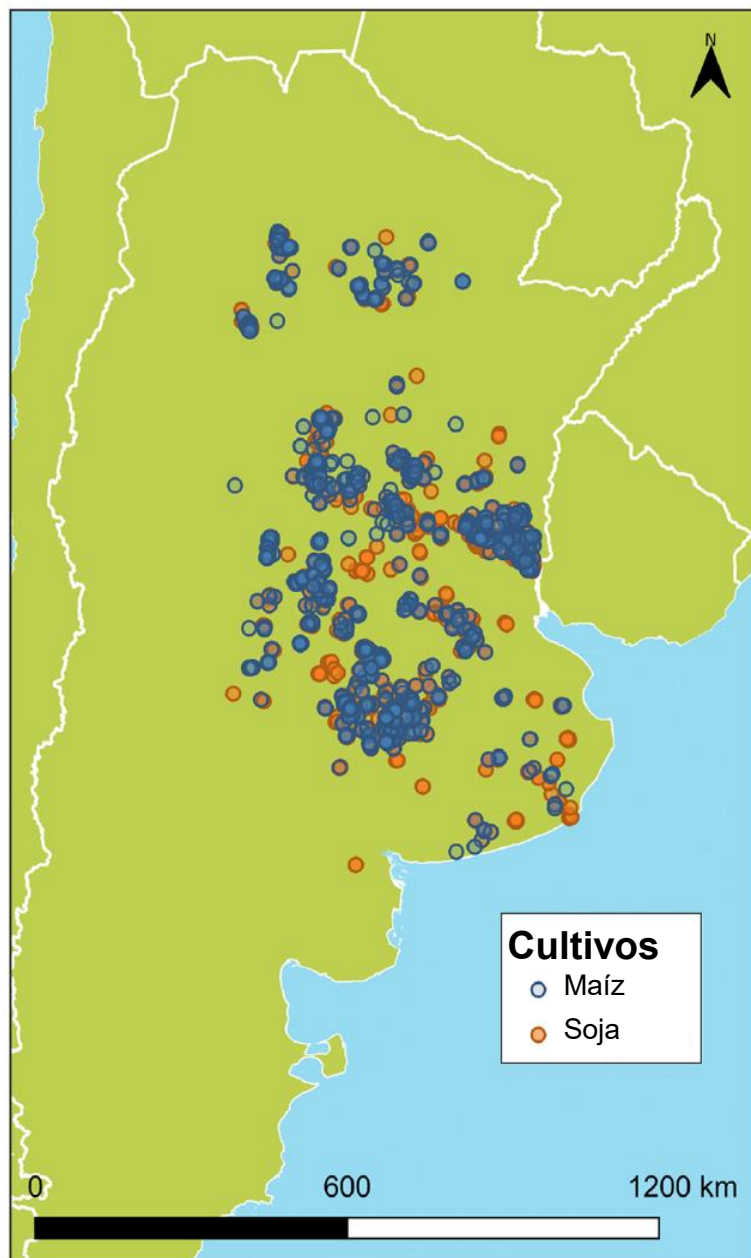


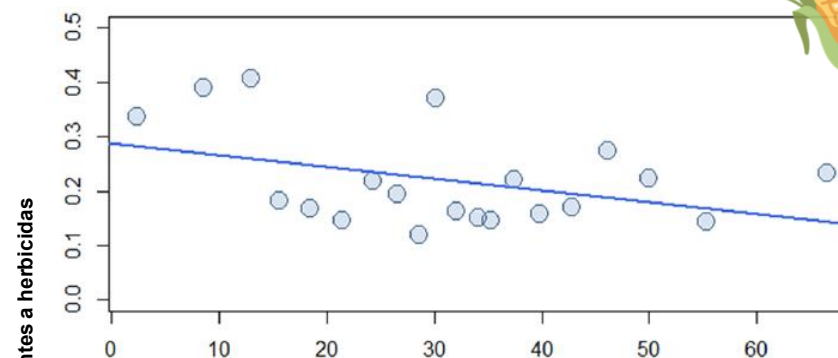
Fig. 4. The use of cover crops reduces the environmental impact of maize. Violin plots with the mean $\pm$ SE estimated by the model of the yield (kg ha⁻¹) of maize (A) and soybean (C) in relation to winter management (winter fallow or cover crop), and the environmental impact quotient (EIQ) of maize (B) and soybean (D) in relation to winter management for the normal (in blue) and the dry year (in orange). The red asterisk indicates the level of evidence for the relations: *** high evidence (Relative importance (RI) > 0.85), ** moderate evidence (0.84 > RI > 0.65), * low evidence (0.64 > RI > 0.50), and empty cells indicate a lack of evidence (RI < 0.49).

La diversidad dentro del lote no alcanza

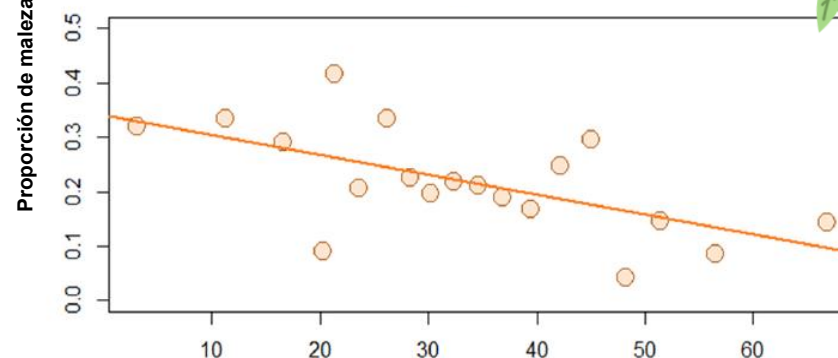
La configuración espacial también modifica los procesos



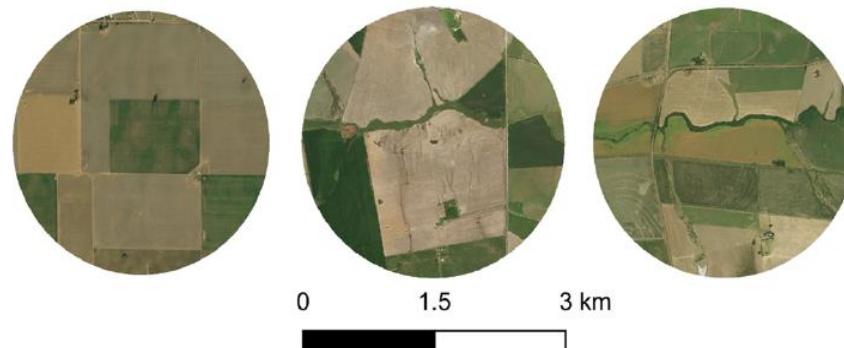
Maíz



Soja



Densidad de borde



3 veces menos
malezas resistentes

Más bordes no significa bordes abandonados

Un borde puede aportar funciones o convertirse en una fuente de riesgo

BENEFICIOS

- Hábitat y conectividad
- Protección de suelo y agua
- Enemigos naturales

RIESGOS

- Refugio de especies problemáticas
- Producción y dispersión de semillas
- Flujo génico

Metodología

Área de estudio

Región Pampeana

- 6 campos
- 18 bordes vegetados

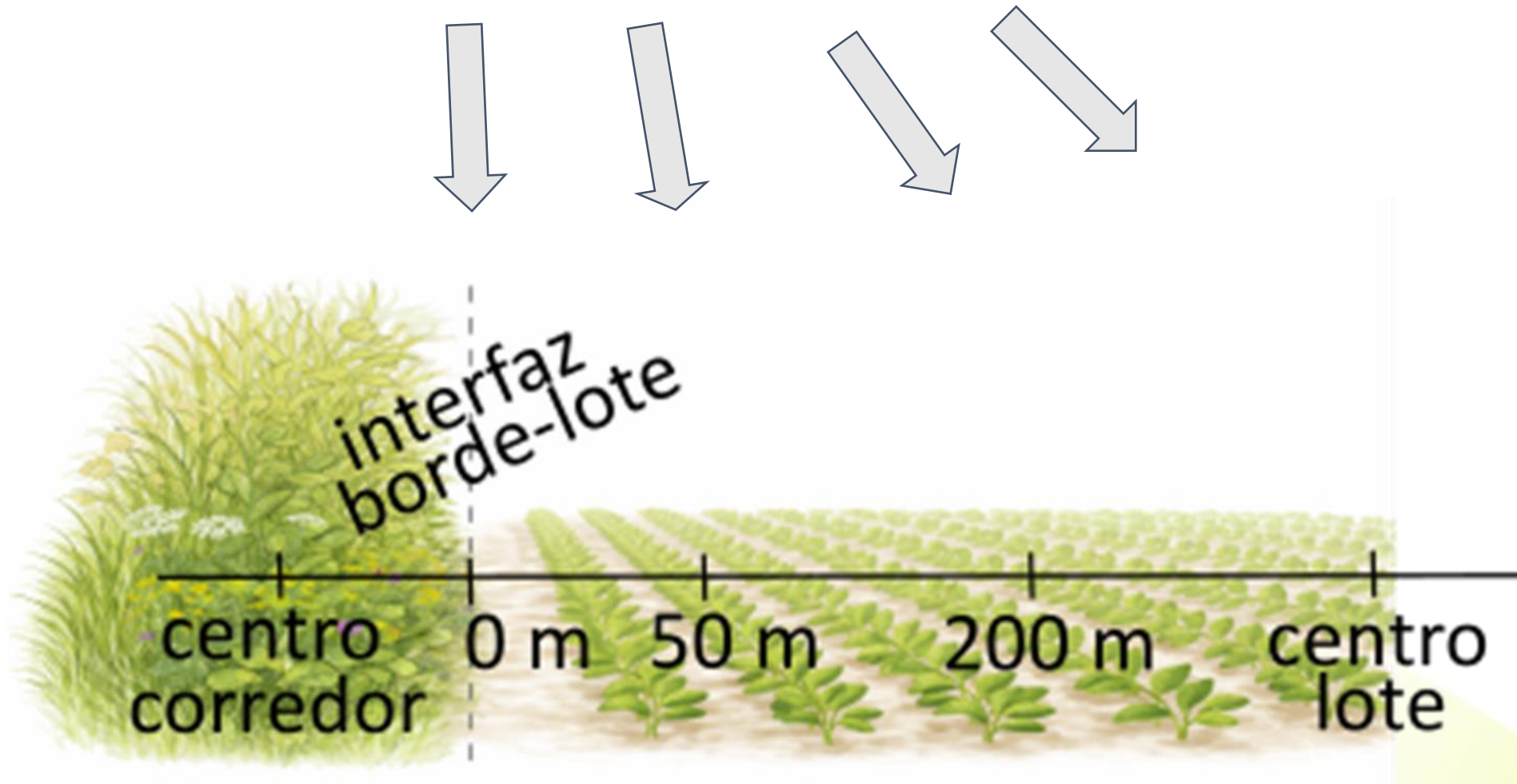


Metodología

5 (ó 9)

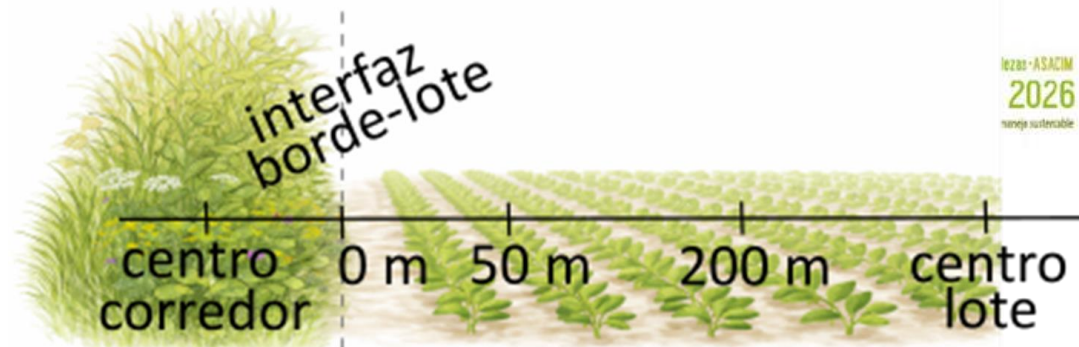
Metodología

puntos de muestreo/borde



Metodología

En cada punto de muestreo
3 mediciones



Vegetación en pie



Braun-Blanquet
(3 mediciones/punto)
3 veces al año: septiembre,
enero y marzo

Banco de semillas



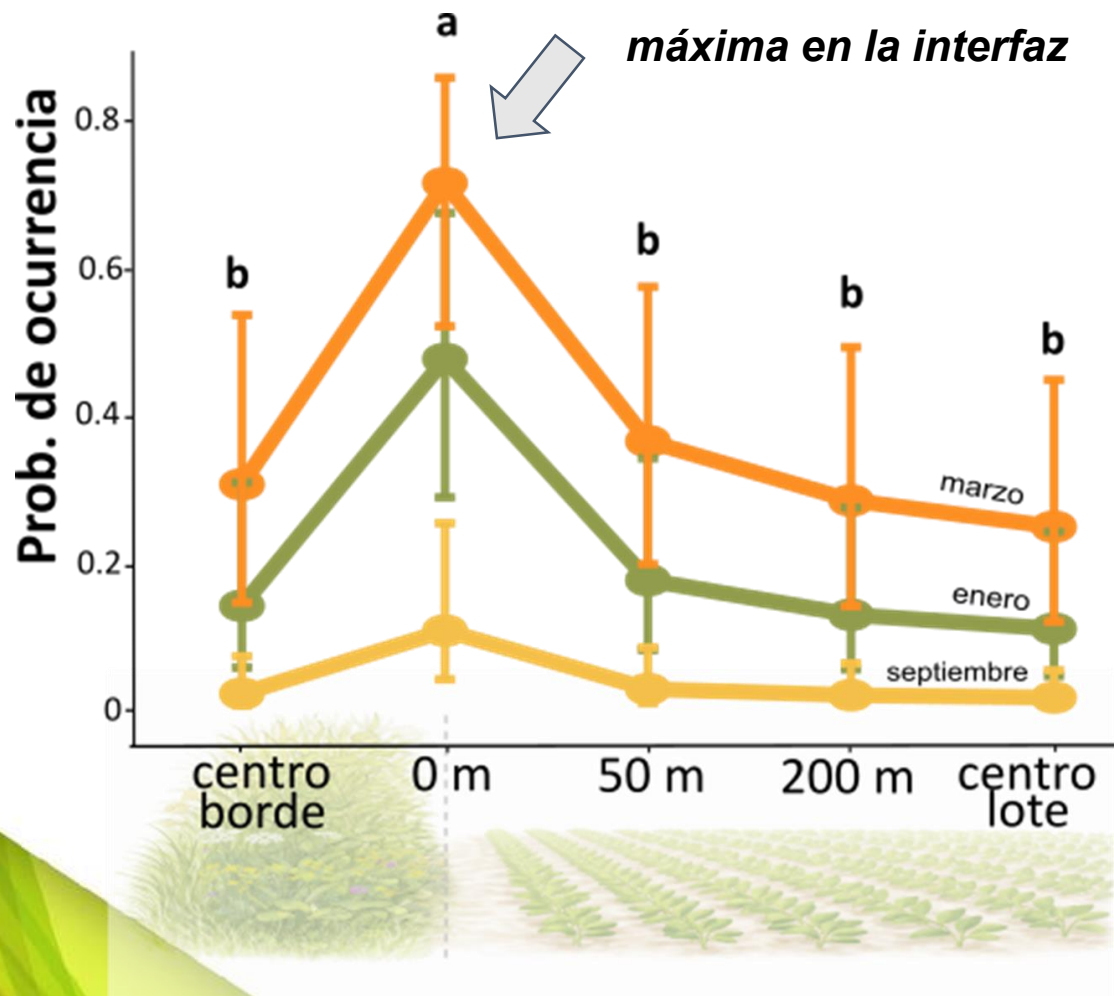
Banco de semillas
4 muestras/punto tomadas en septiembre
Ensayo desde octubre-octubre

Dispersión de semillas

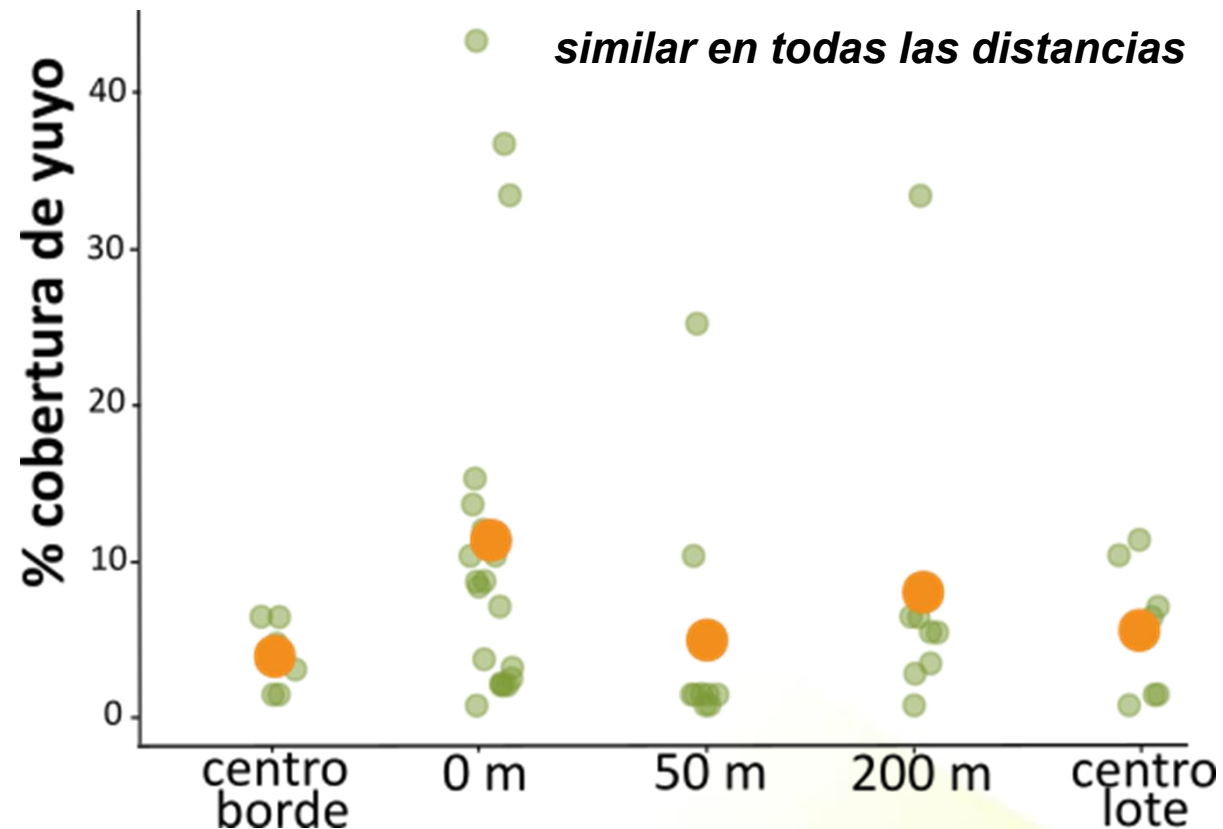


Trampas de semillas
6 trampas/punto
Instaladas de septiembre a
enero y de enero a marzo

Yuyo colorado (*Amaranthus* spp.)

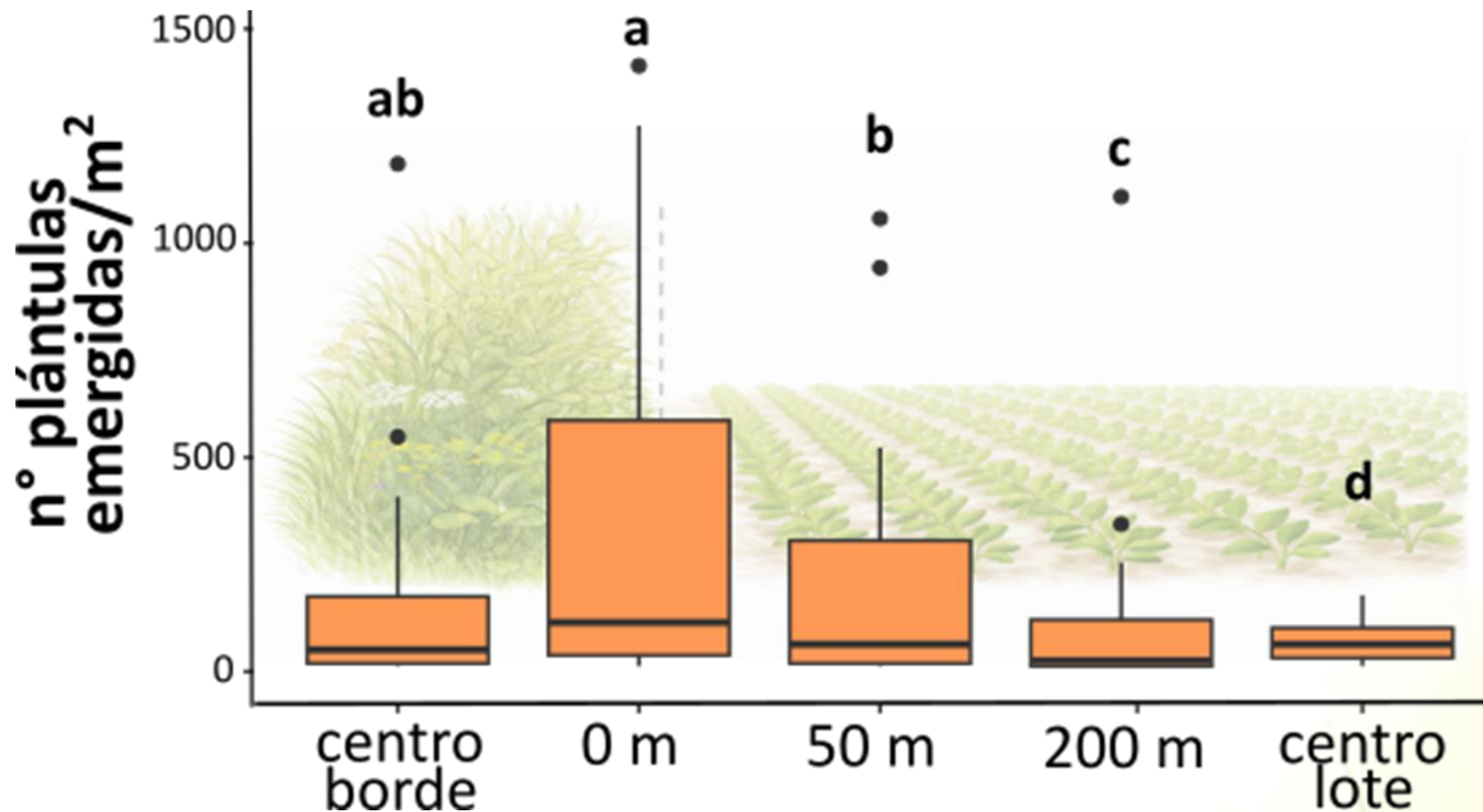


Ortiz et al. en preparación

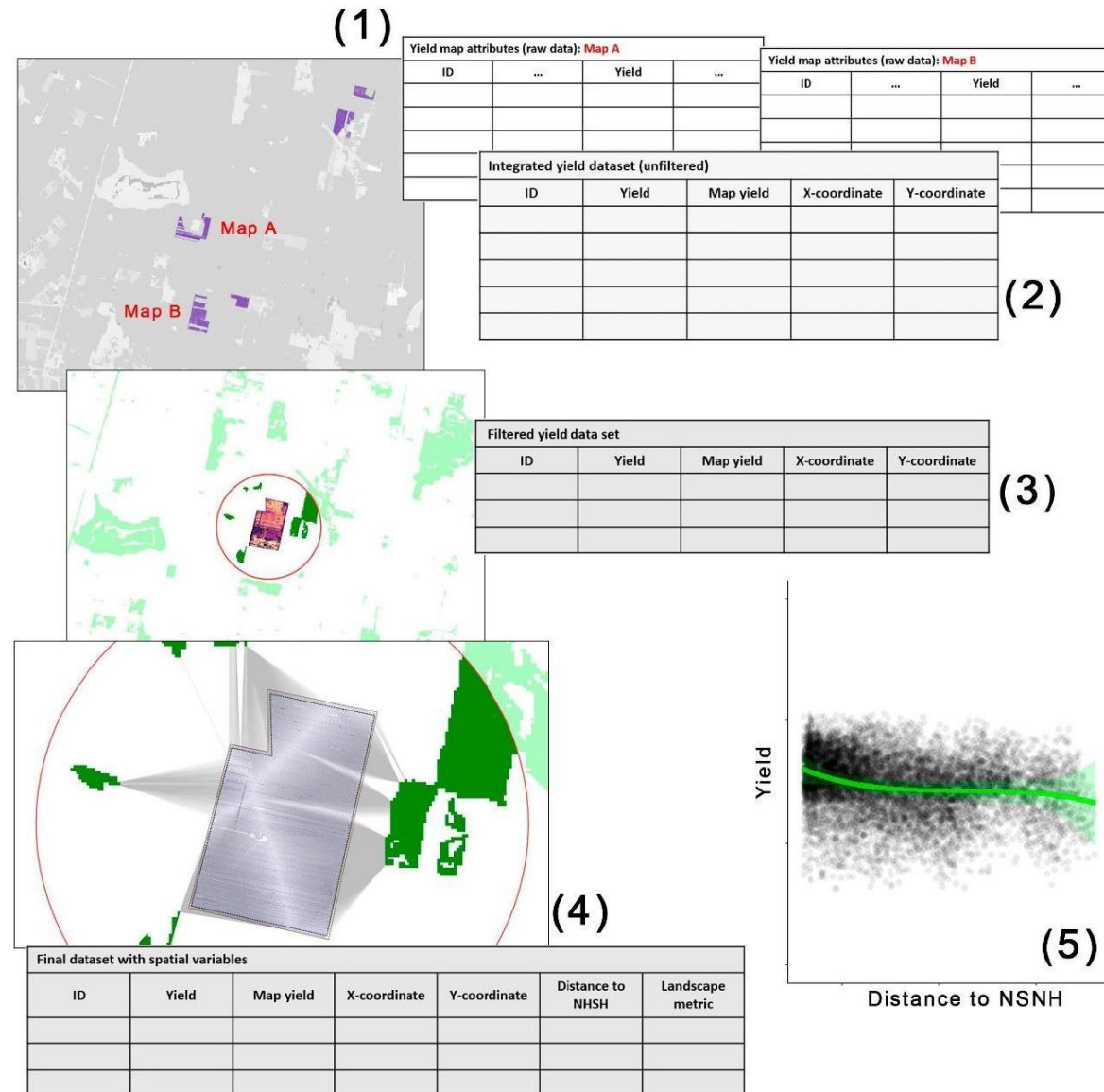


Plántulas germinadas/m²

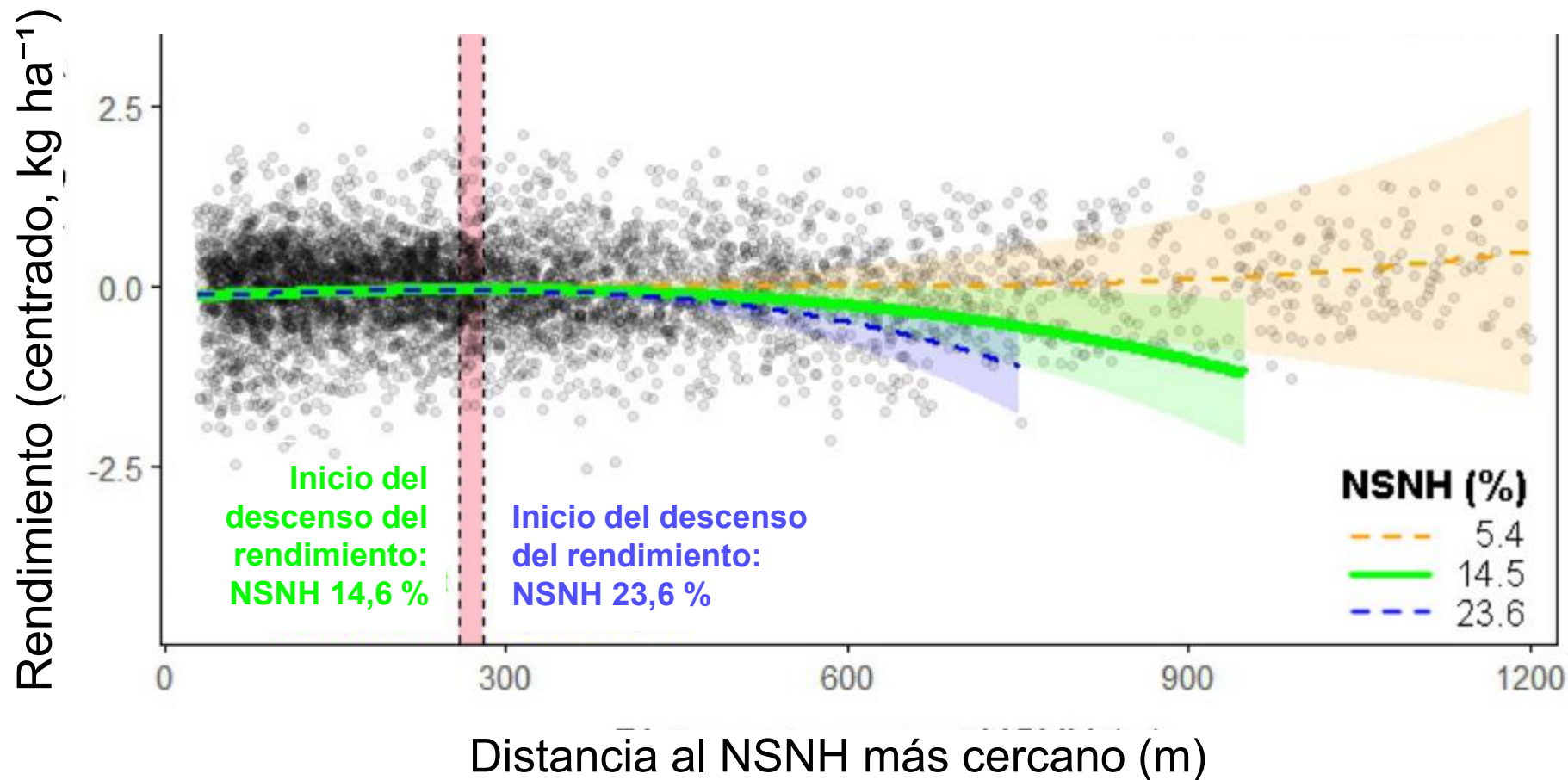
*máxima en la interfaz
disminuye hacia el centro del lote*



Big Data - Agricultura de precisión



Big Data - Agricultura de precisión

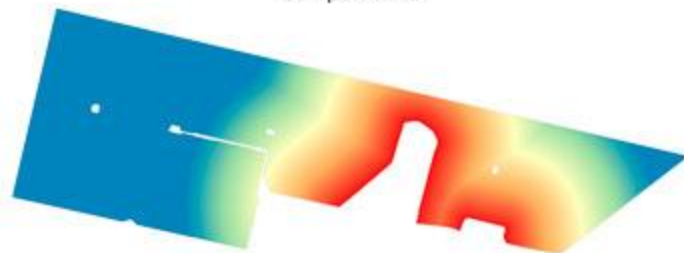


Paisaje original

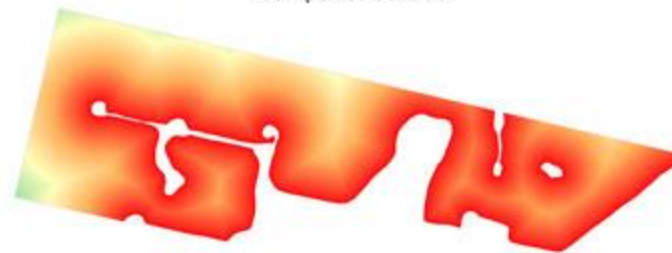
Paisaje rediseñado



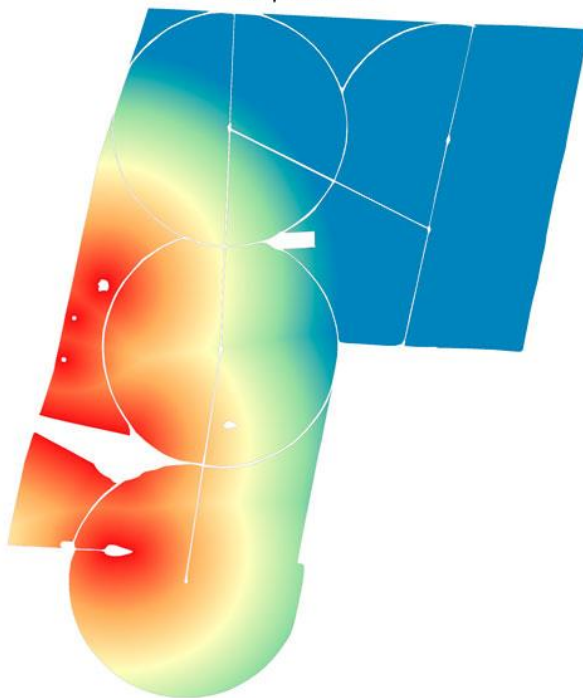
Campo actual



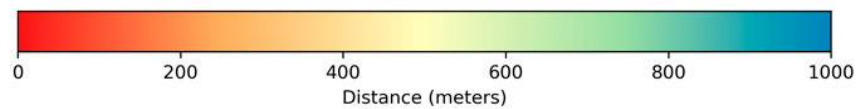
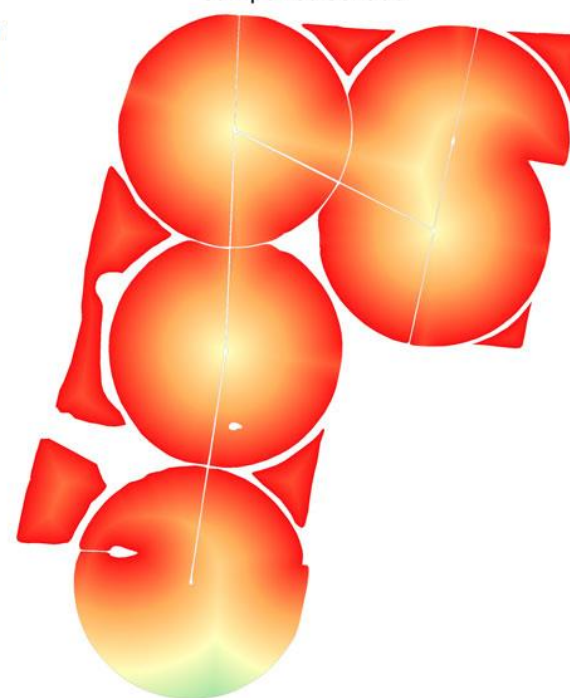
Campo rediseñado



Campo actual

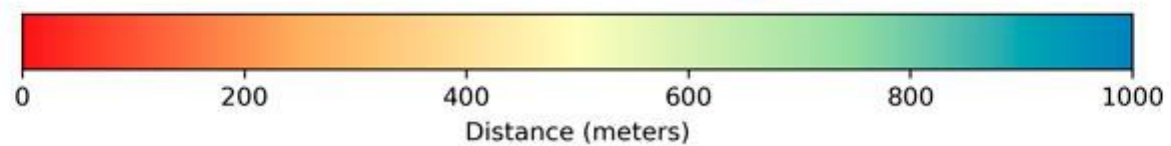
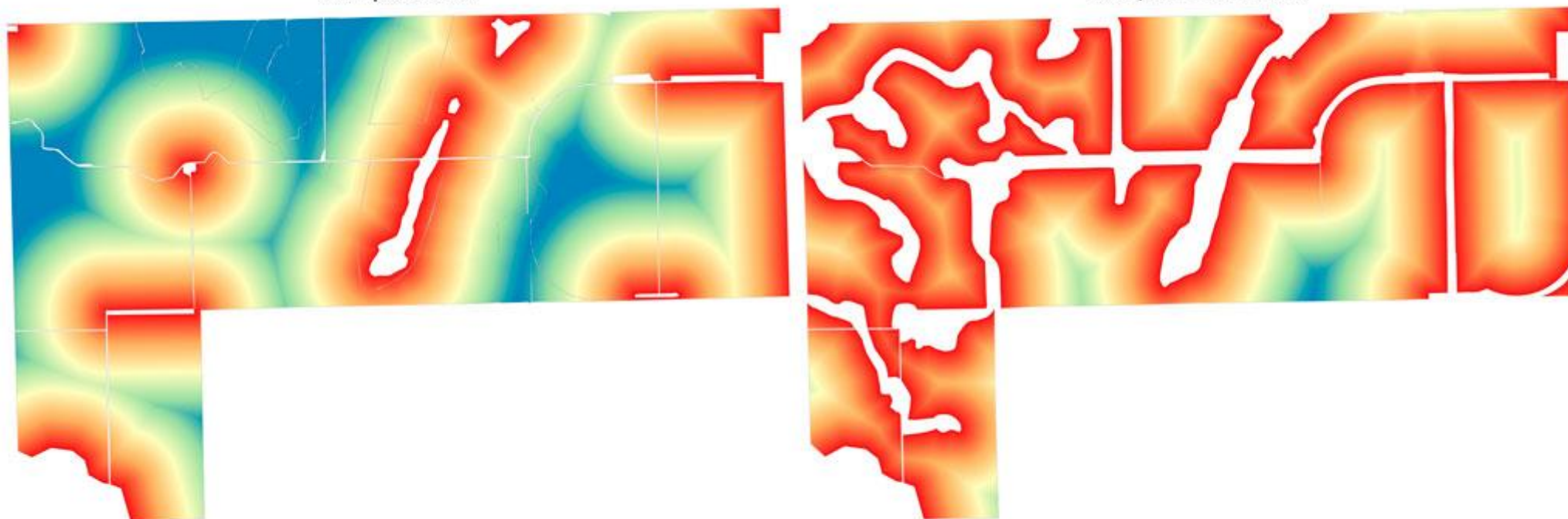


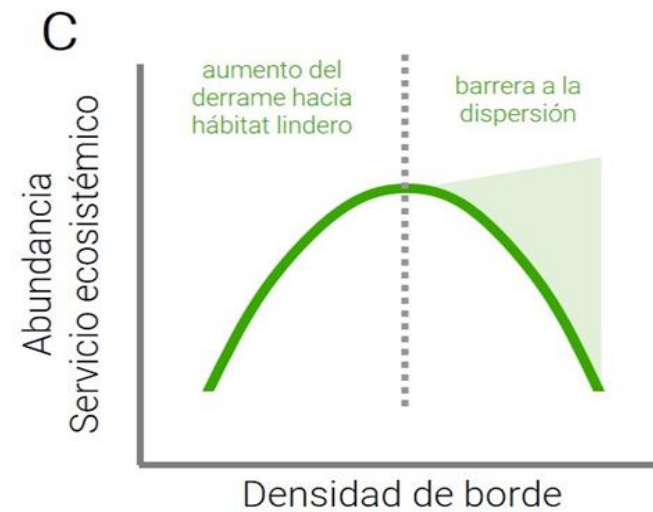
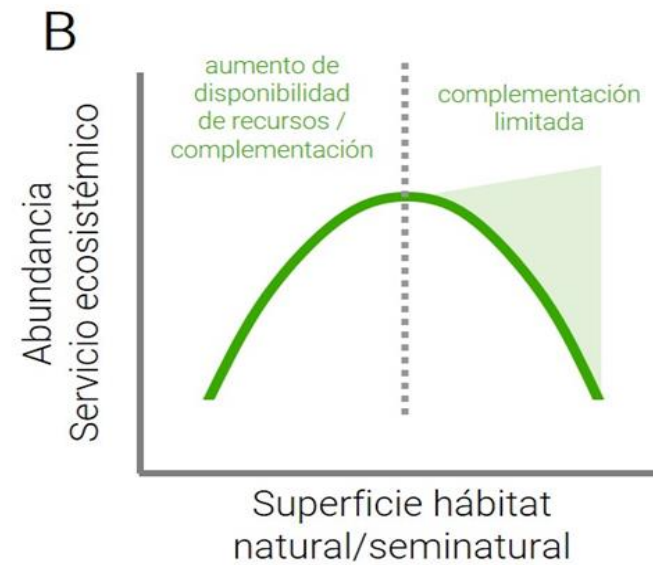
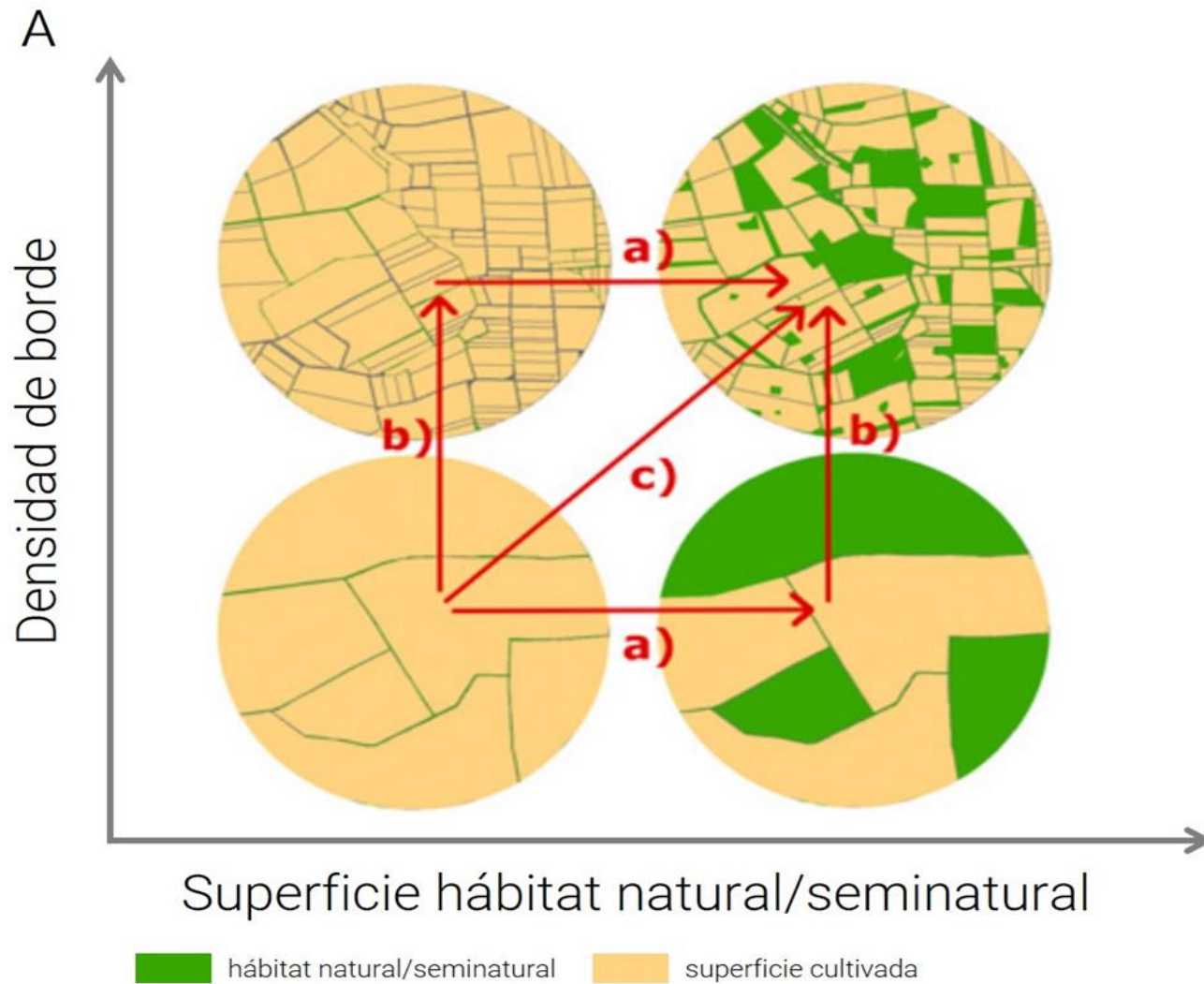
Campo rediseñado



Campo actual

Campo rediseñado





Working landscapes need at least 20% native habitat

2021

Lucas A. Garibaldi^{1,2}  | Facundo J. Oddi^{1,2} | Fernando E. Miguez³ |
Ignasi Bartomeus⁴  | Michael C. Orr⁵ | Esteban G. Jobbágy^{6,7} | Claire Kremen⁸ |

One Earth


OPEN ACCESS

Article

Securing Nature's Contributions to People requires at least 20%–25% (semi-)natural habitat in human-modified landscapes

2024

Awaz Mohamed,^{1,12,13,*} Fabrice DeClerck,² Peter H. Verburg,^{3,4} David Obura,⁵ Jesse F. Abrams,⁶ Noelia Zafra-Calvo,⁷ Juan Rocha,^{8,9} Natalia Estrada-Carmona,² Alexander Fremier,¹⁰ Sarah K. Jones,² Ina C. Meier,¹ and Ben Stewart-Koster¹¹

RESEARCH ARTICLES

Sírfidos -> 6%

Abejas solitarias -> 16%

Abejorros -> 18%

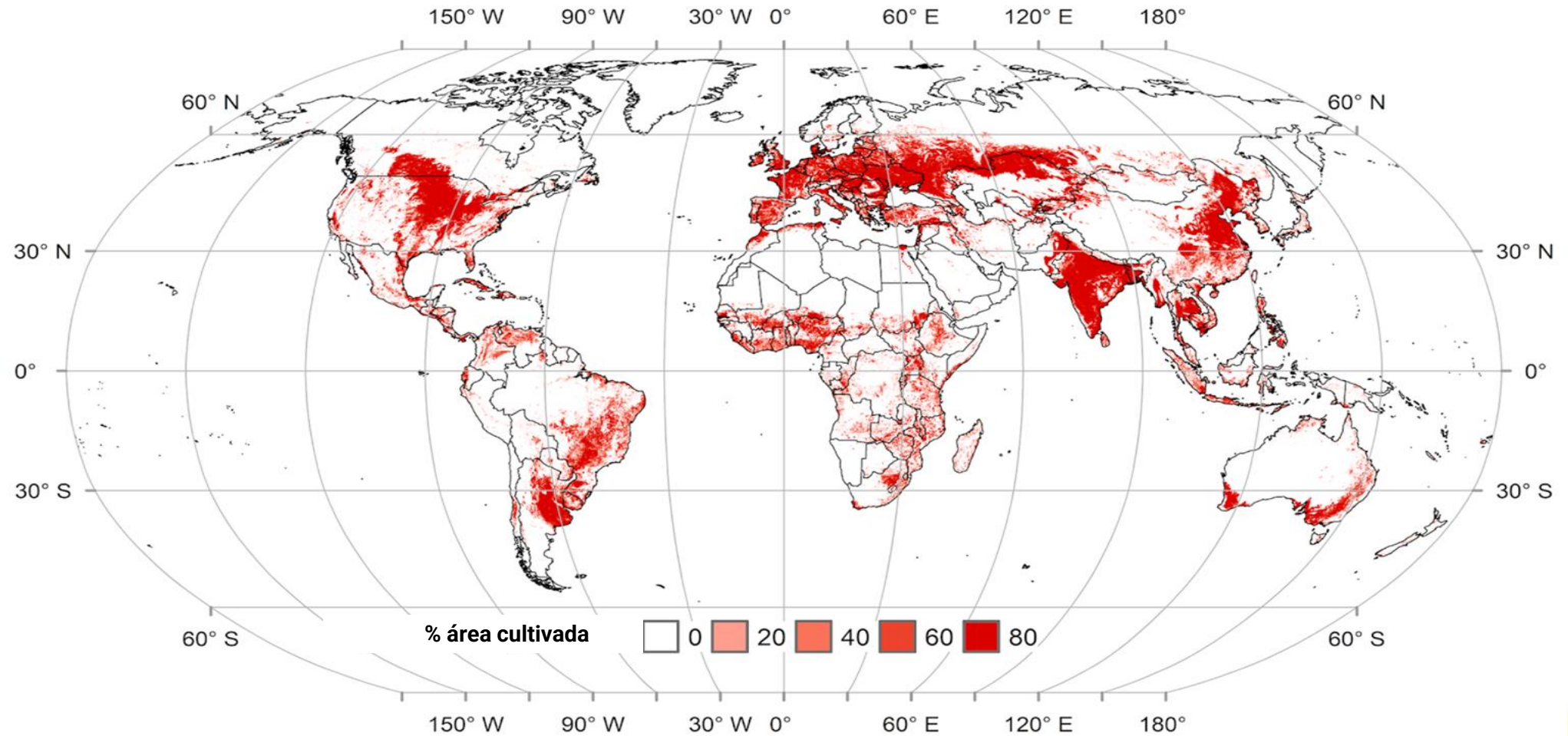
Mariposas -> 37%

CONSERVATION BIOLOGY

Critical habitat thresholds for effective pollinator conservation in agricultural landscapes

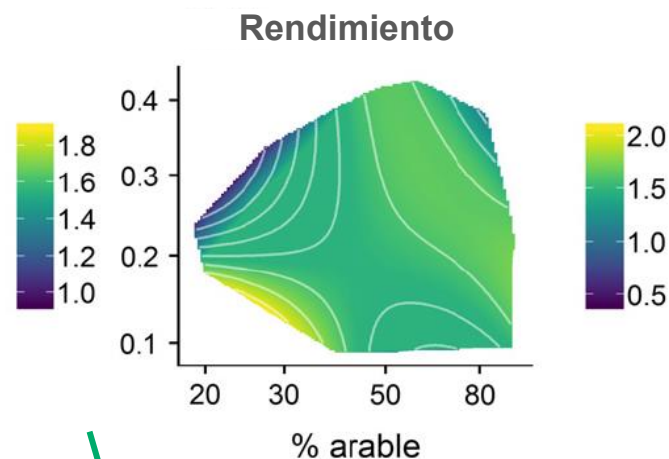
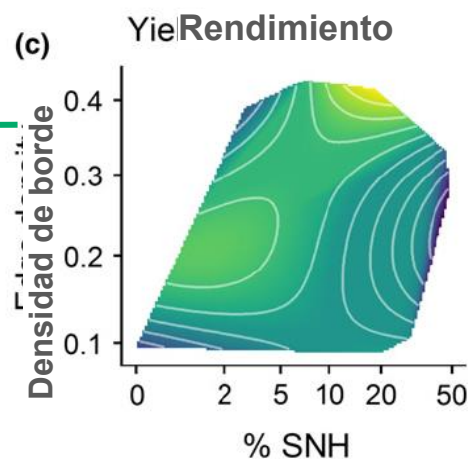
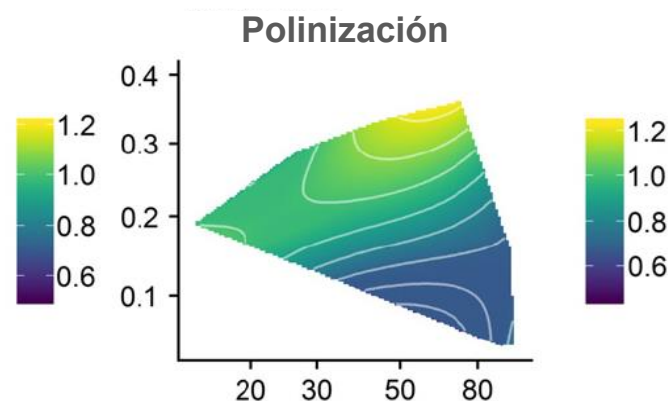
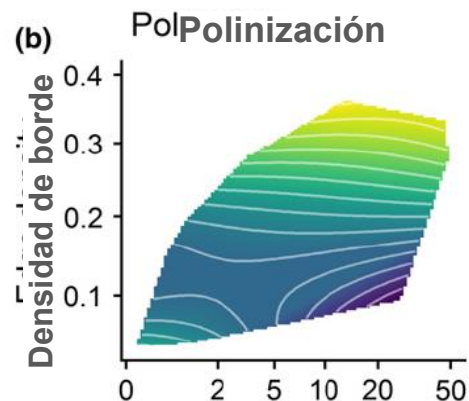
2025

Gabriella A. Bishop^{1*}, David Kleijn¹, Matthias Albrecht²,
Ignasi Bartomeus³, Rufus Isaacs⁴, Claire Kremen⁵,



Lotes de 1 ha!!!!

400 m / ha
Borde

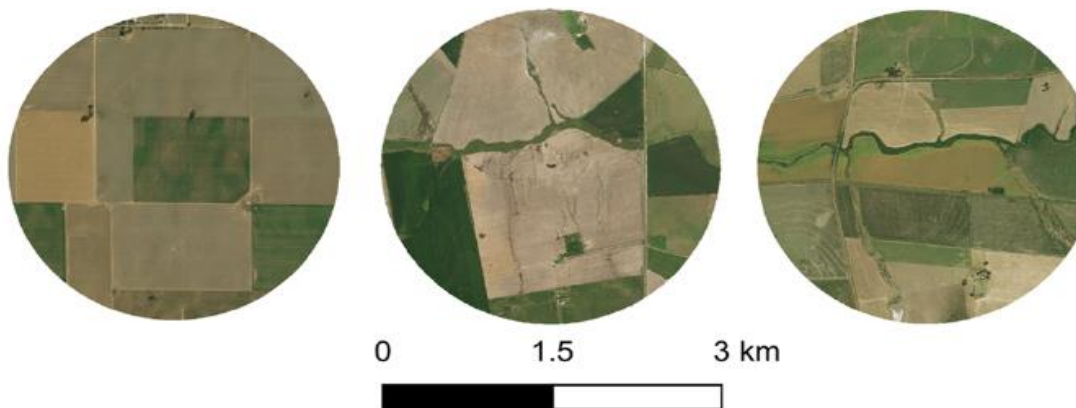
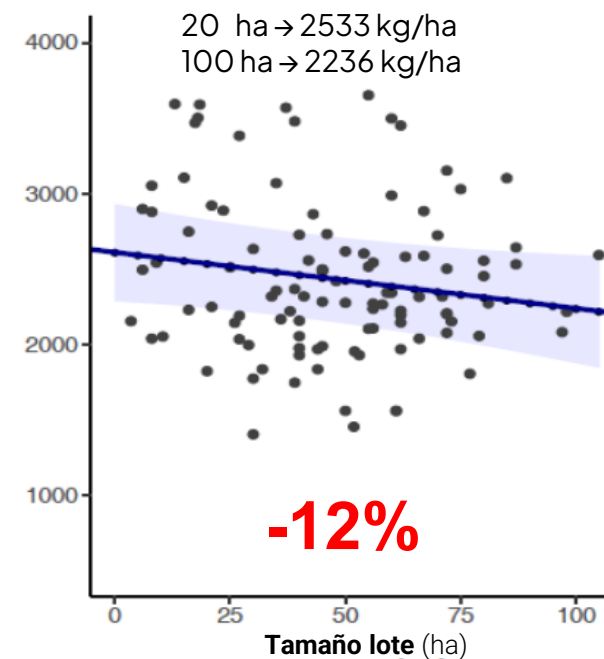
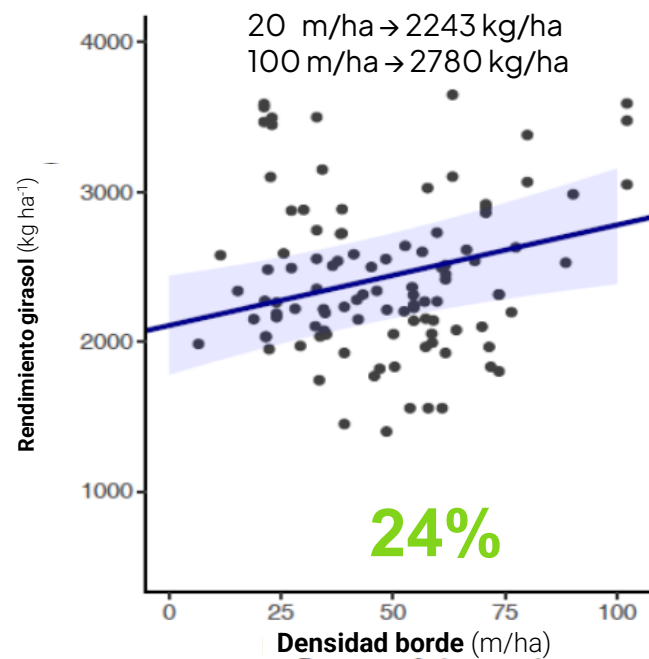
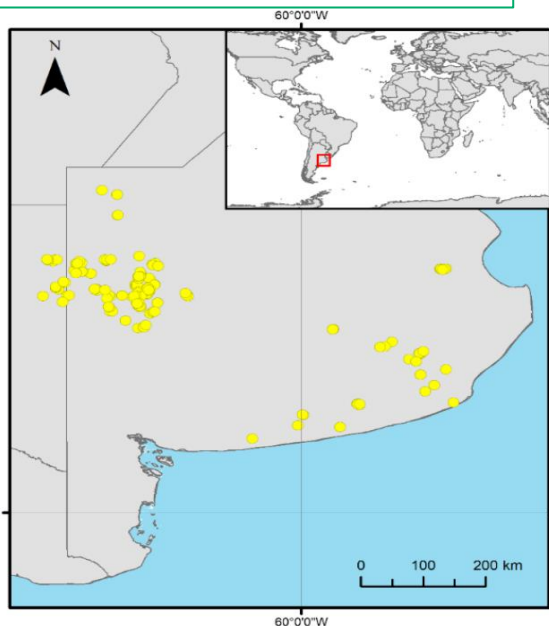


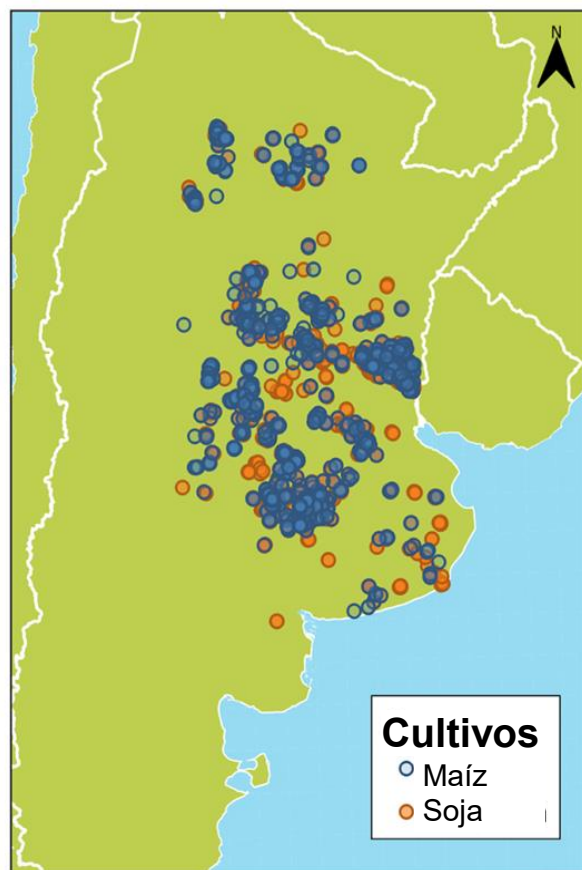
> 20 %
Hábitat natural



Lotes de 1 ha!!!!

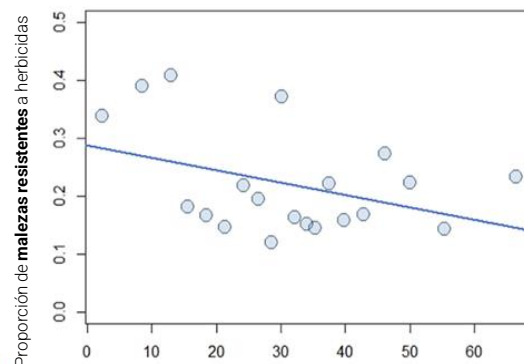
400 m / ha
Borde



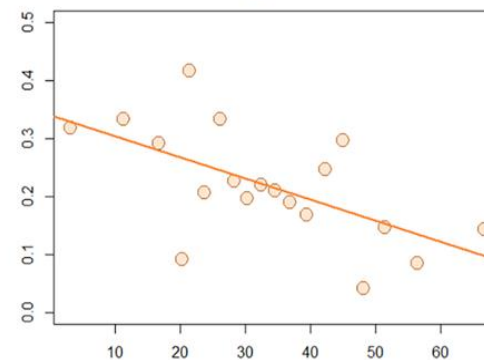


0 600 1200 km

Maíz



Soja



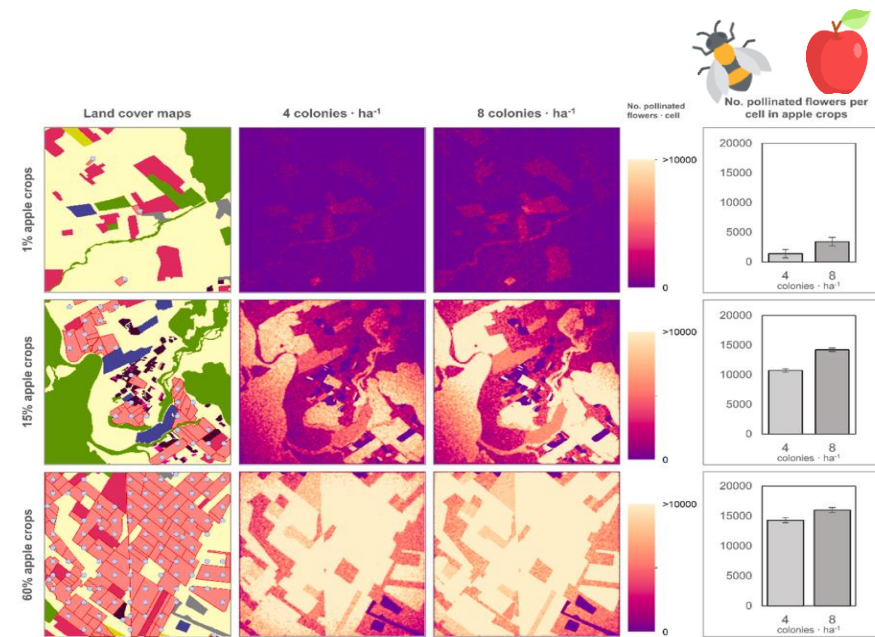
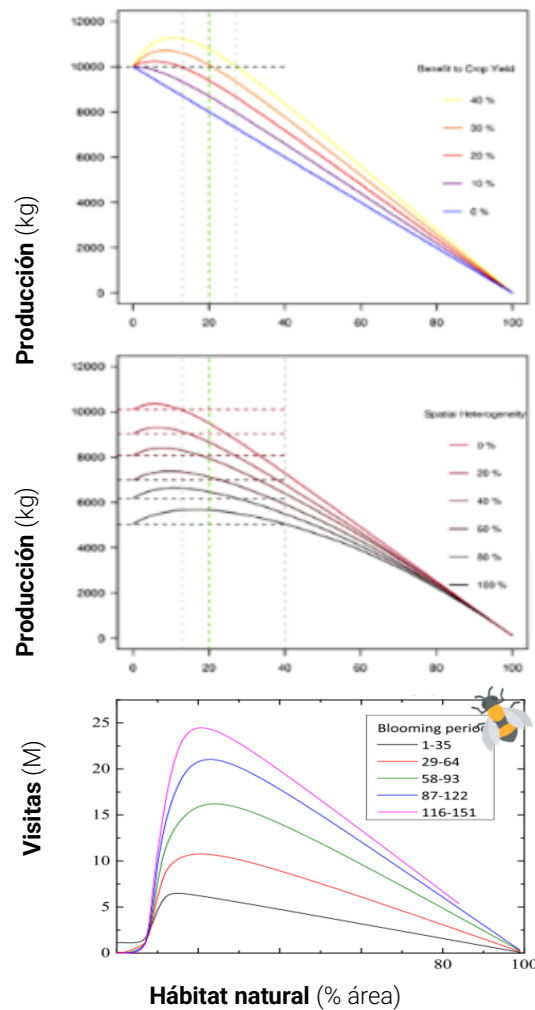
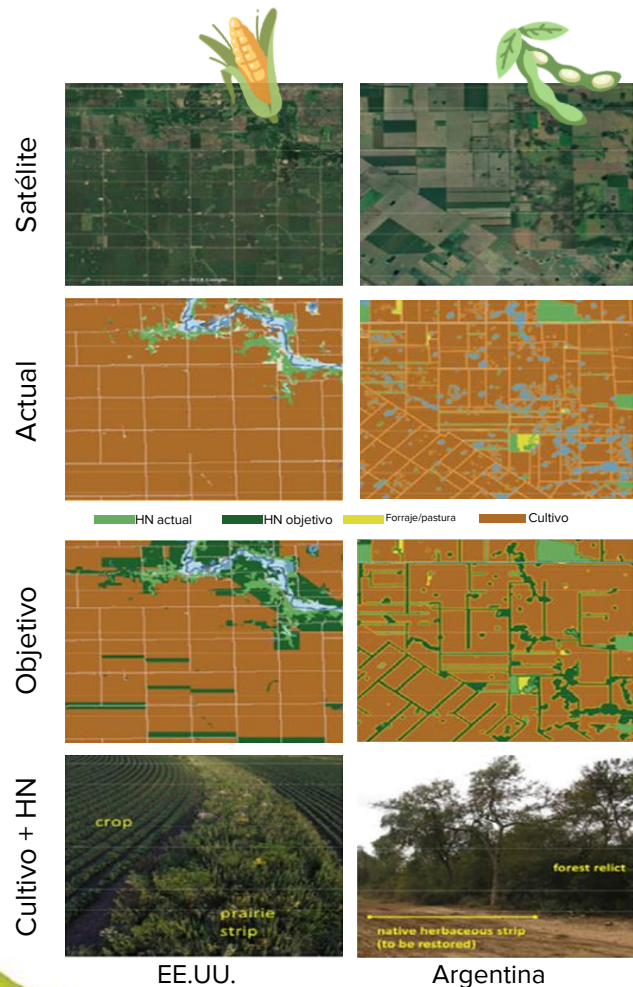
Densidad de borde



0 1.5 3 km

3 veces menos malezas resistentes

Modelos basados en agentes para paisajes agrícolas reales



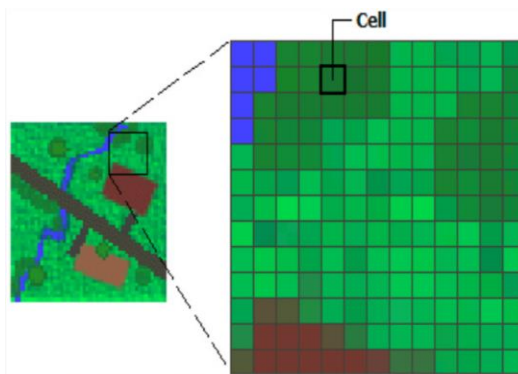
Modelos basados en agentes para paisajes agrícolas reales

- ▶ Simula actividad de abejas en paisajes reales
- ▶ Considera: Forrajeo, agotamiento de recursos y floración
- ▶ Extendido con función ecológica de producción (cuaja de frutos)

Dinámica social

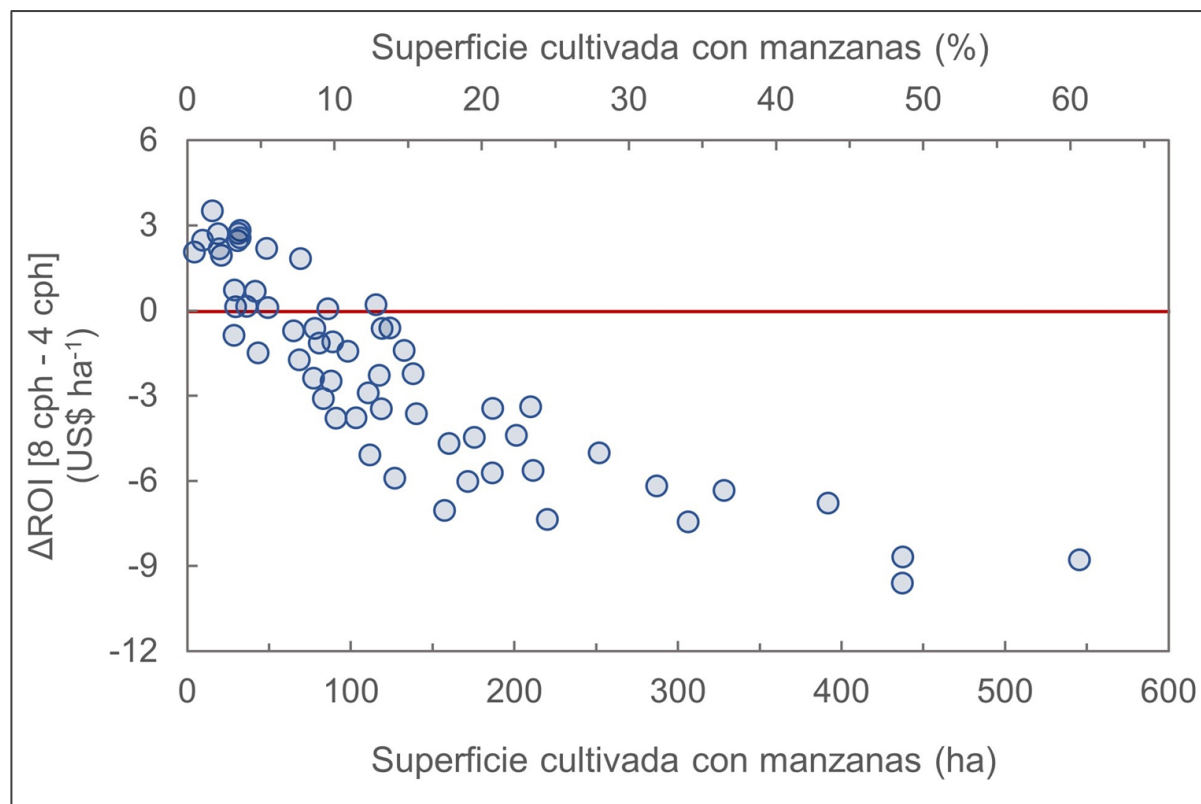
Dinámica espacial

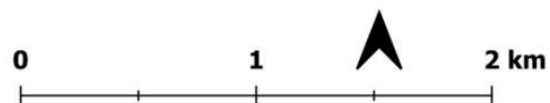
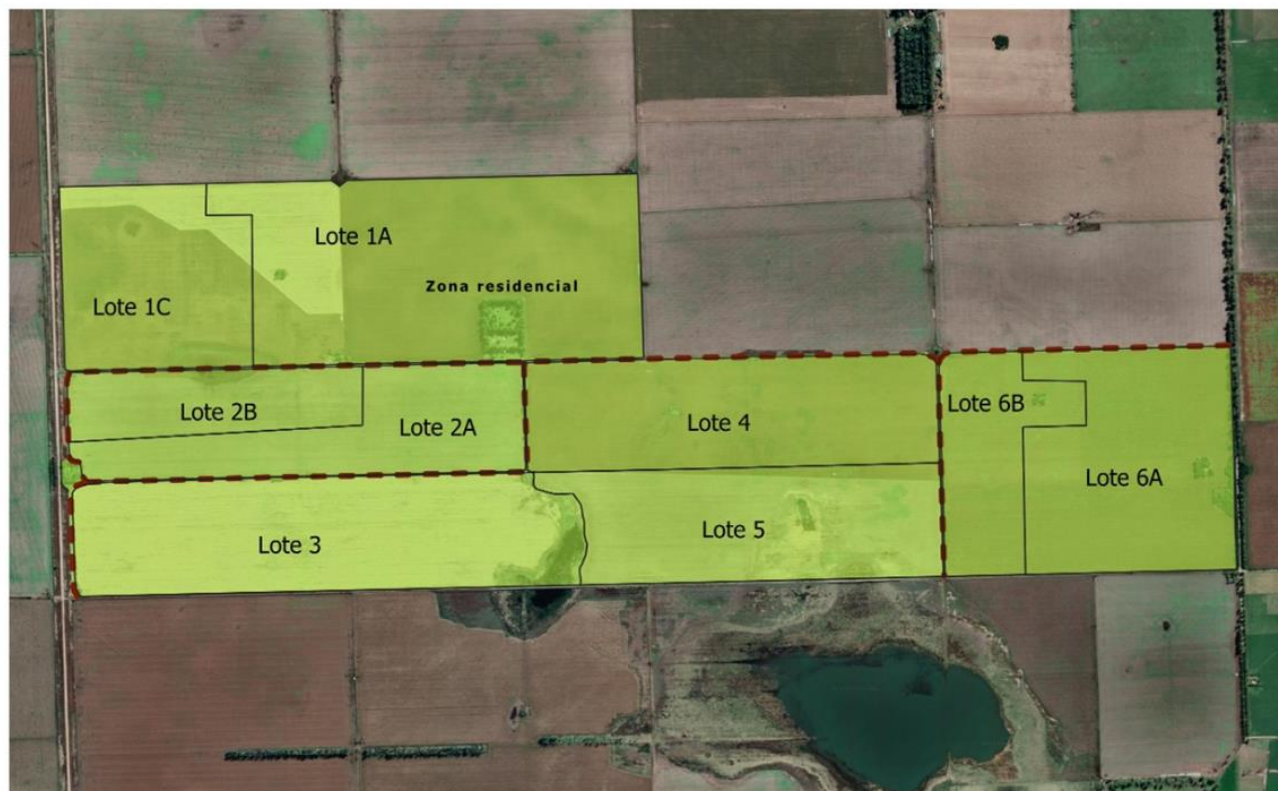
Dinámica estacional



Modelos basados en agentes para paisajes agrícolas reales

- ▶ Huertos < 100 ha 8 colmenas es más rentable
- ▶ Huertos > 100 ha 4 colmenas es más eficiente





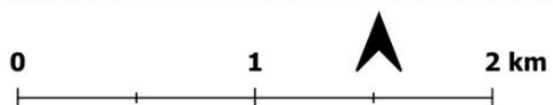
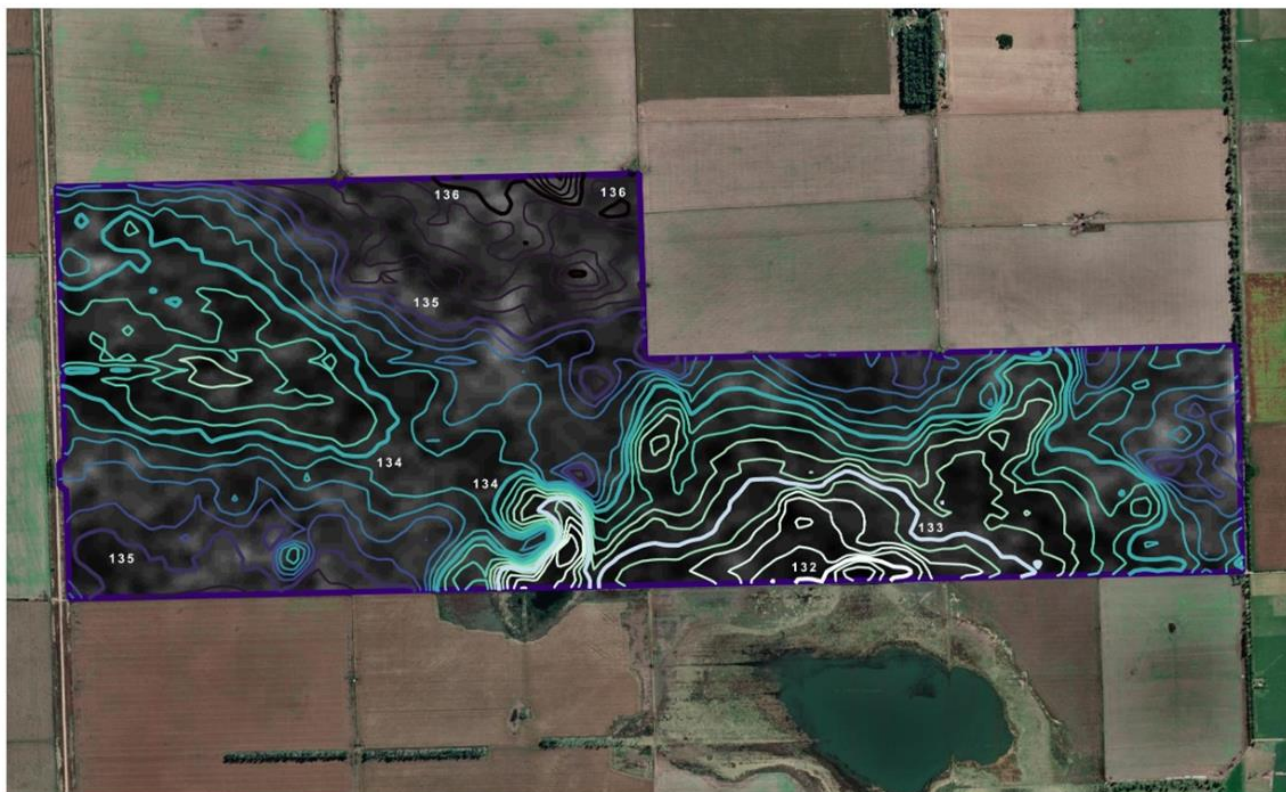
LEYENDA

Límites

- Establecimiento
- Lotes

Red de caminos

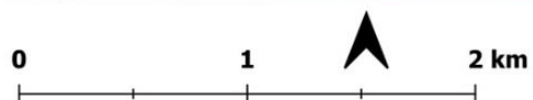
- Circulación interna



LEYENDA

Elevación (msnm)

—	131,6 - 132,6
—	132,6 - 133,4
—	133,4 - 133,8
—	133,8 - 134,2
—	134,2 - 134,4
—	134,4 - 134,6
—	134,6 - 134,8
—	134,8 - 135
—	135 - 135,8
—	135,8 - 136,2



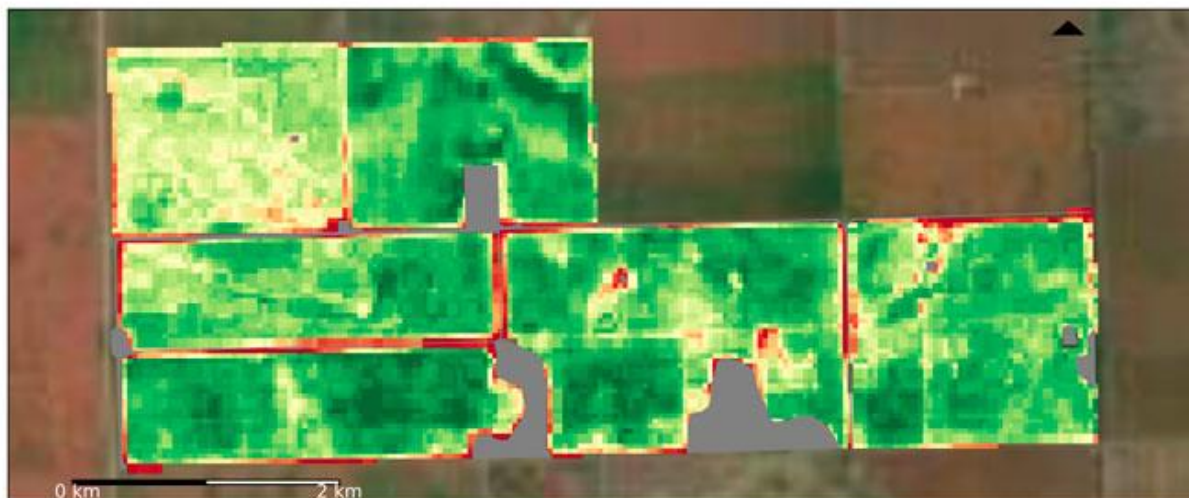
LEYENDA

Complejo de suelo

- Bch1
- Bch2
- Pn2
- Pn3

Altimetría

- Curvas de nivel: eq. 20 cm
- Curvas de nivel: eq. 1 m



■ No agrícola

Indice de Humedad de la vegetación 2014-2024

■ Mayor
■ Menor

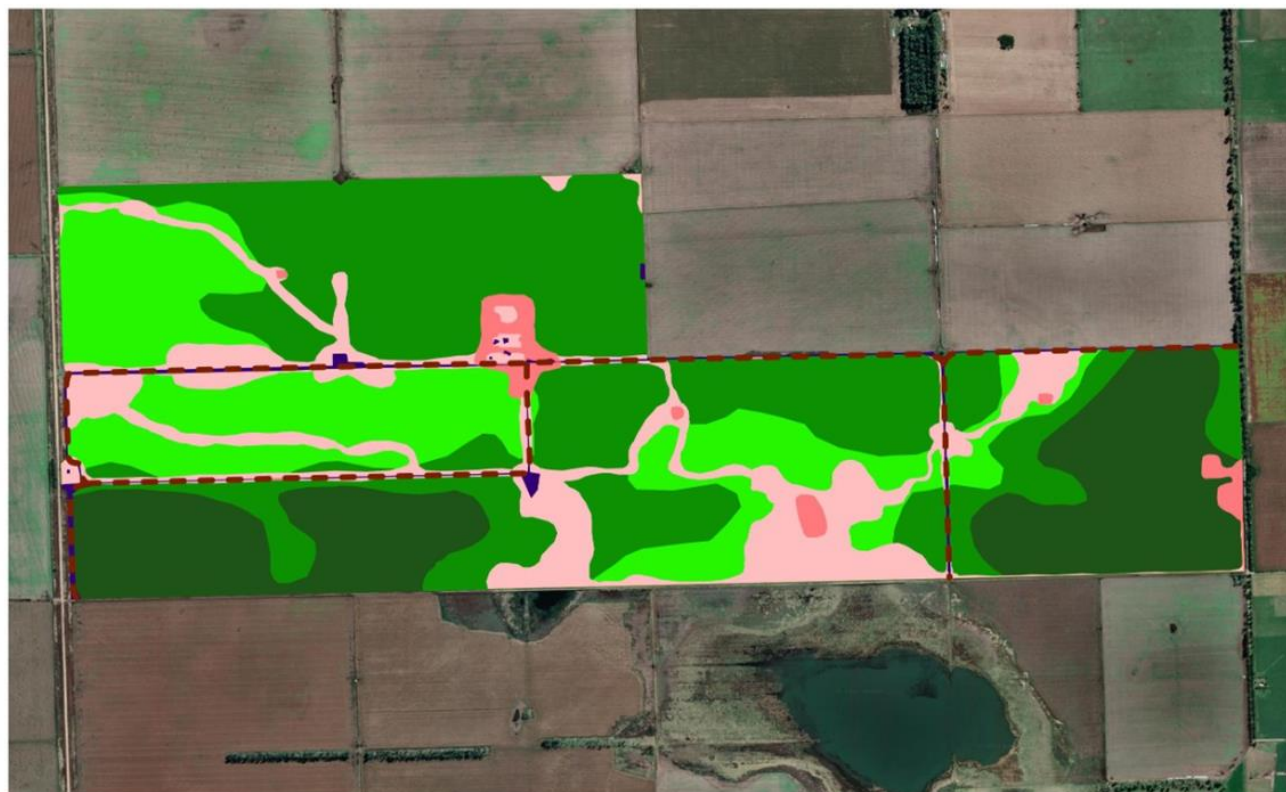


■ No agrícola

Frecuencia de anegamiento 2014-2024

■ Máxima
■ Sin registro





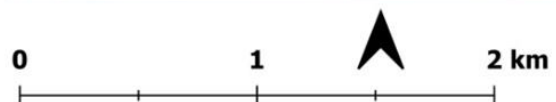
LEYENDA

Unidad de diseño

Producción	Uso no agrícola
Zona 1	Leñoso
Zona 2	Herbáceo
Zona 3	Otros

Red de caminos

— Circulación interna



2015



2017



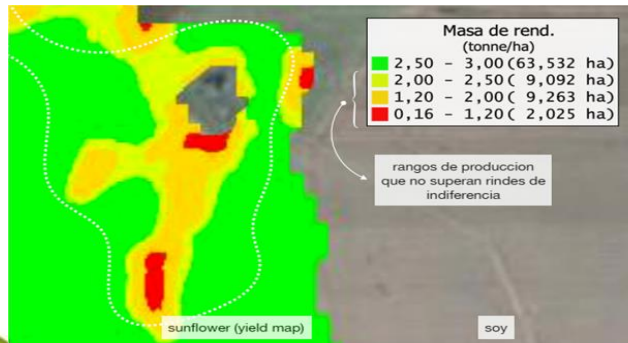
2022



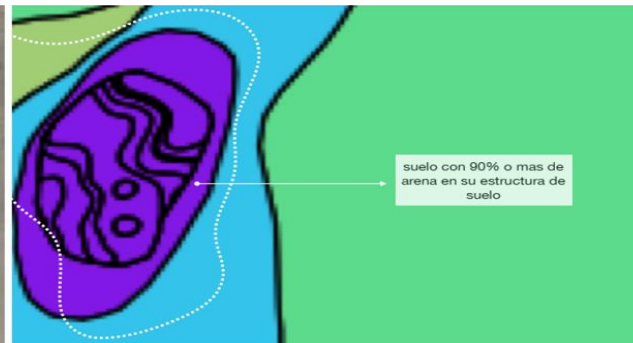
Fotos e imágenes: Alejo Ortiz



Rendimiento girasol



Serie de suelos



- diversidad
+ costo

oportunidad

+ diversidad
- costo







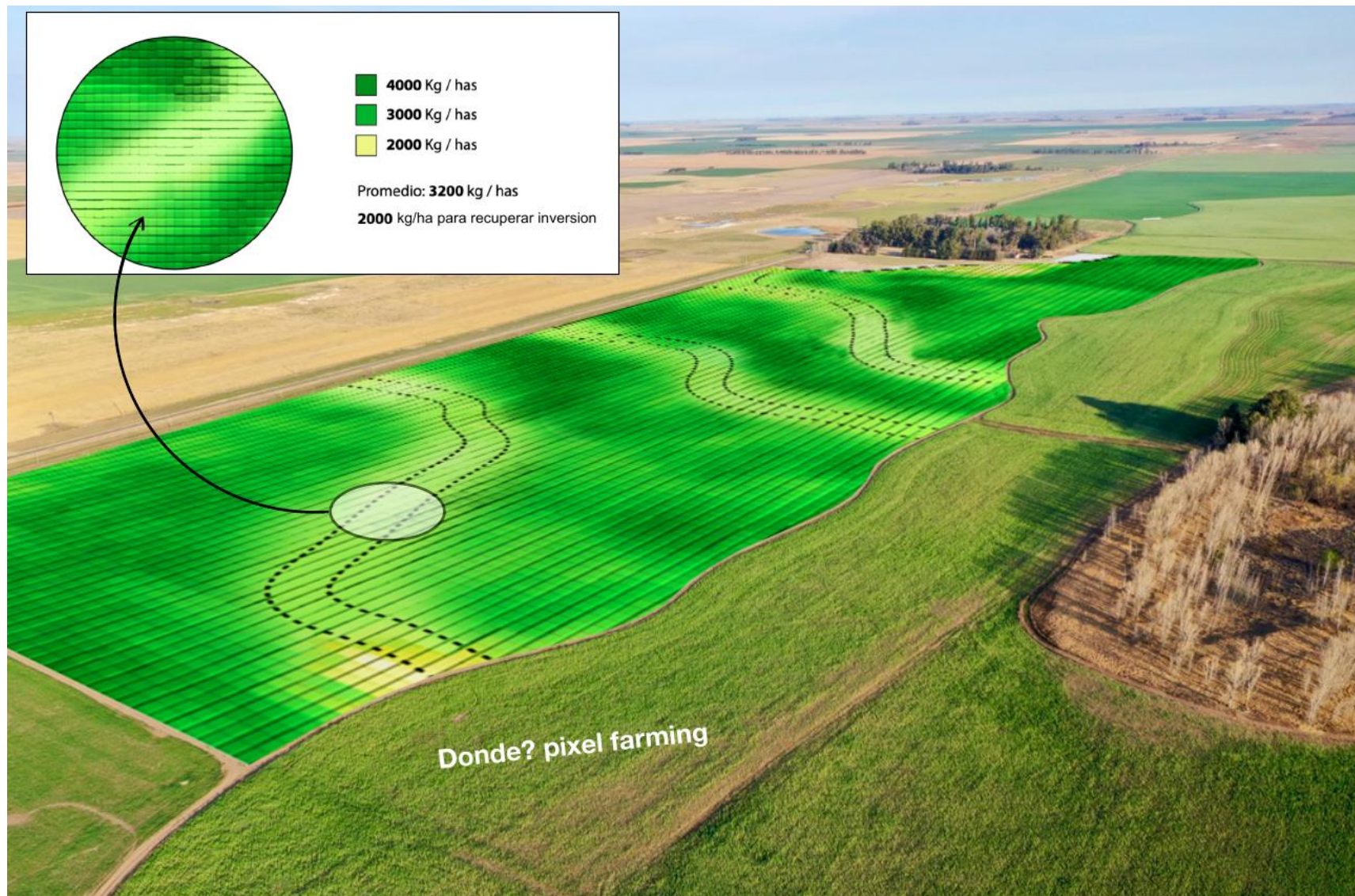
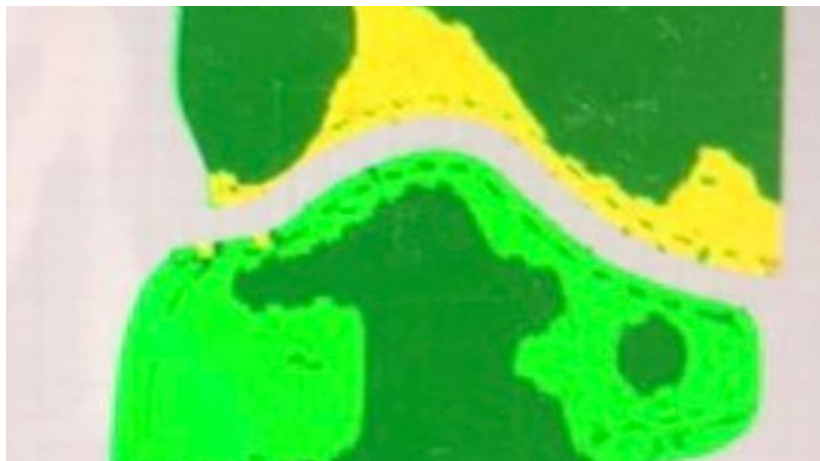


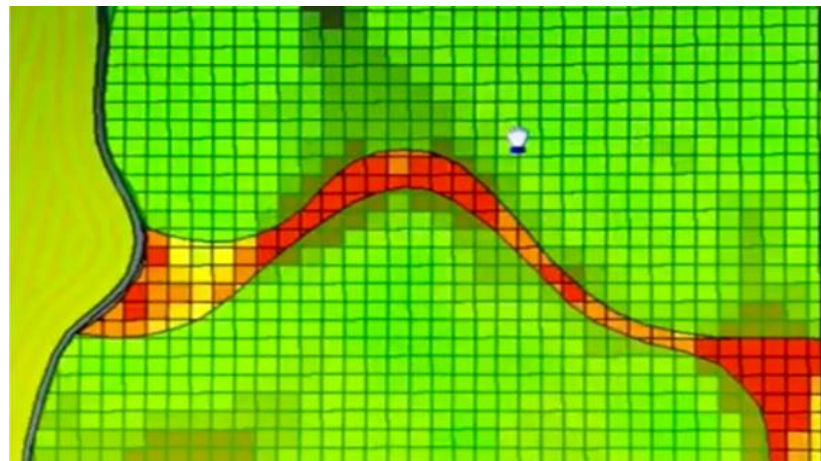


Foto: Alejo Ortiz de Urbina

Prescripción de siembra variable



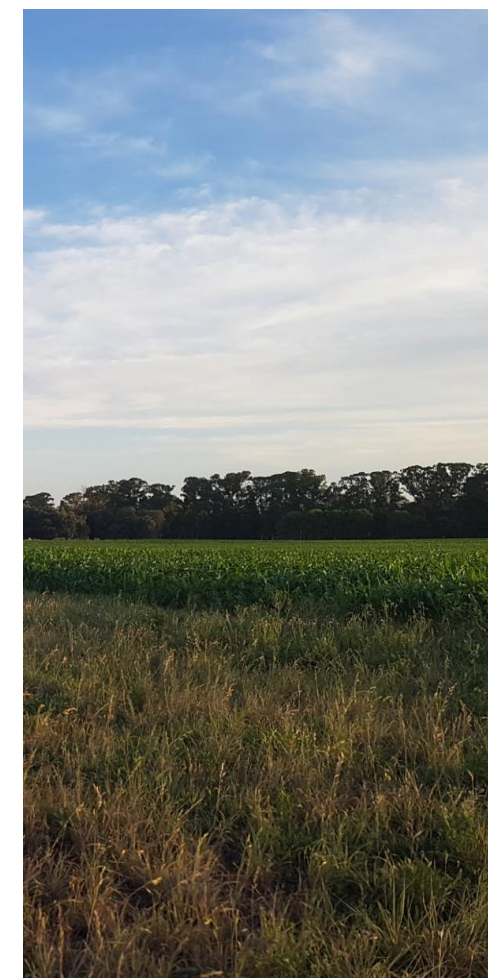
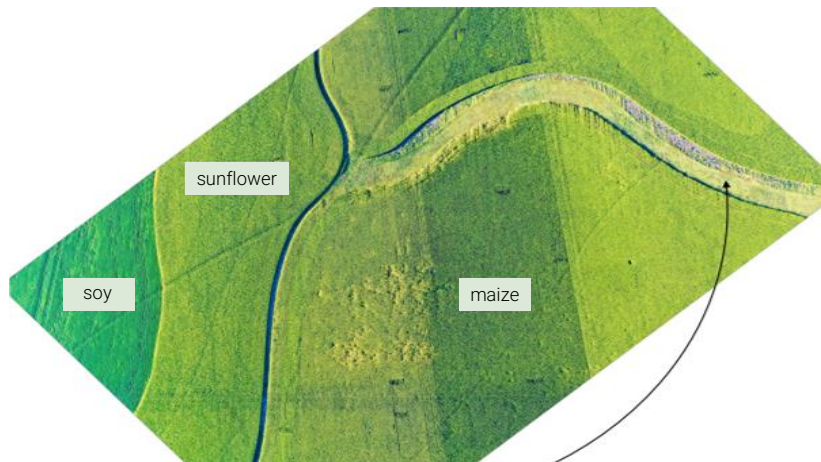
Diseño de corredores a partir de píxeles con margen bruto negativo



Marcación de límites in situ (Agosto 2021)

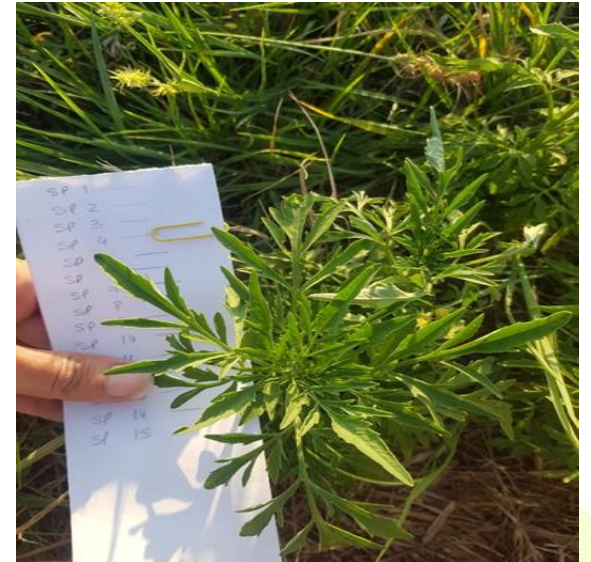


Corredor de 50m de ancho (foto 2023)



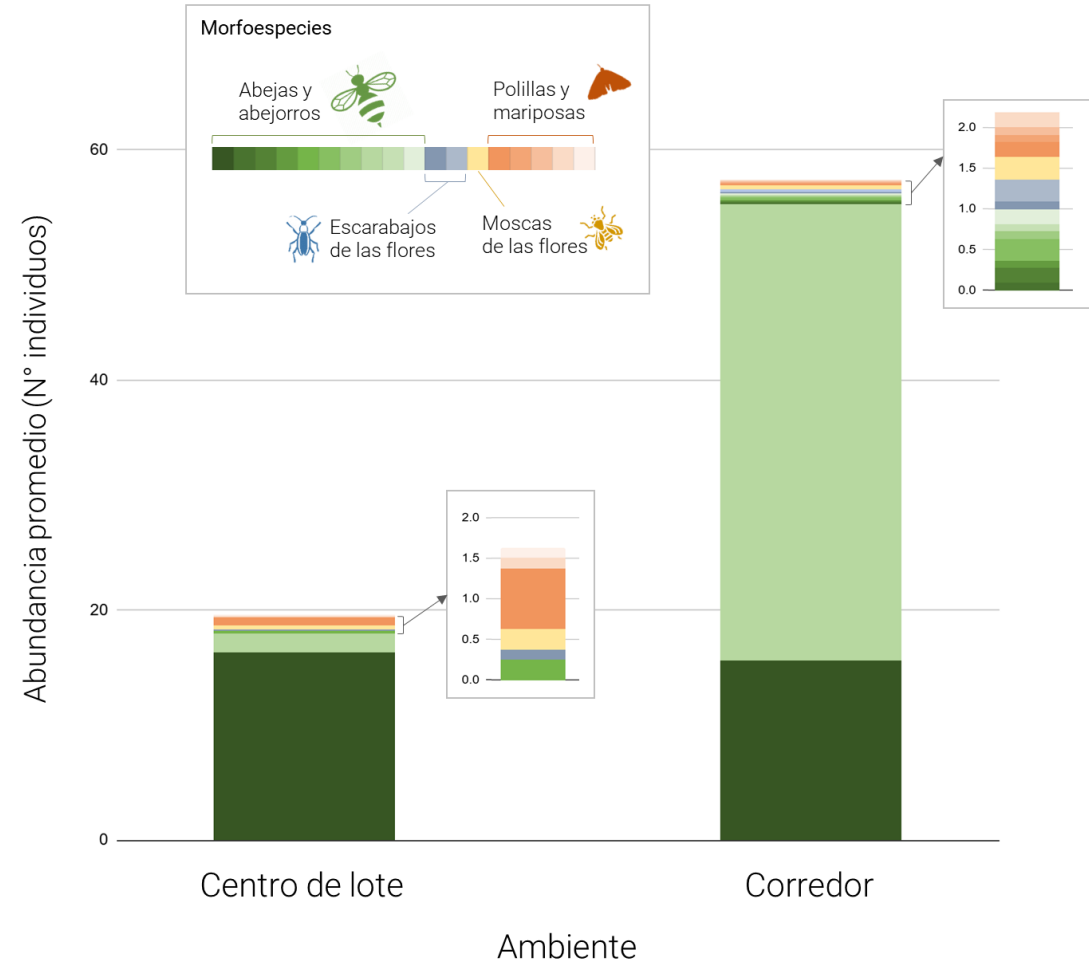
Imágenes: Alejo Ortiz

Foto: Paula Zermoglio



Eirú 





Abundancia de
Polinizadores



Abundancia de
Polinizadores

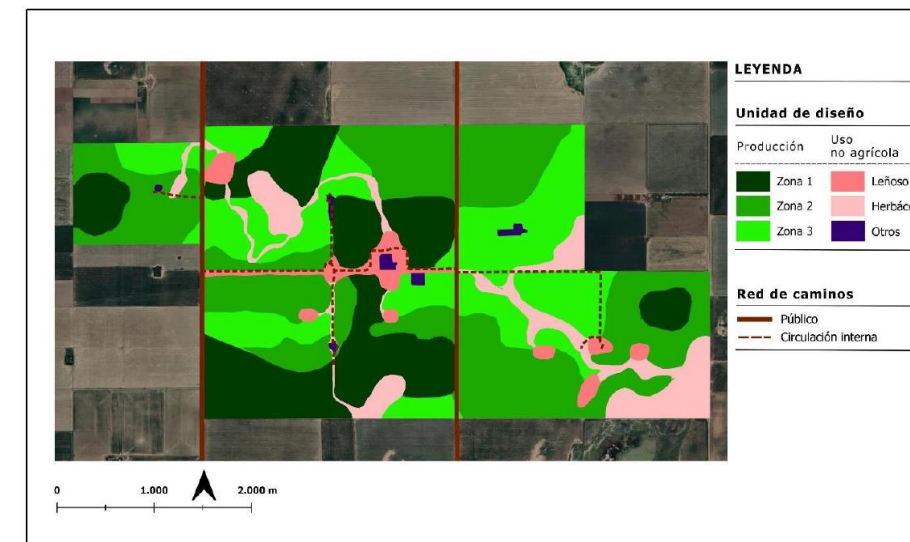


La abundancia de polinizadores, un índice que mide la idoneidad del área para su presencia, pasó de 6,19 (**Medio-bajo**) en el año anterior – cuando aún no se habían implementado los corredores- a 9,66 (**Medio-alto**) en el año actual.

Paisaje original

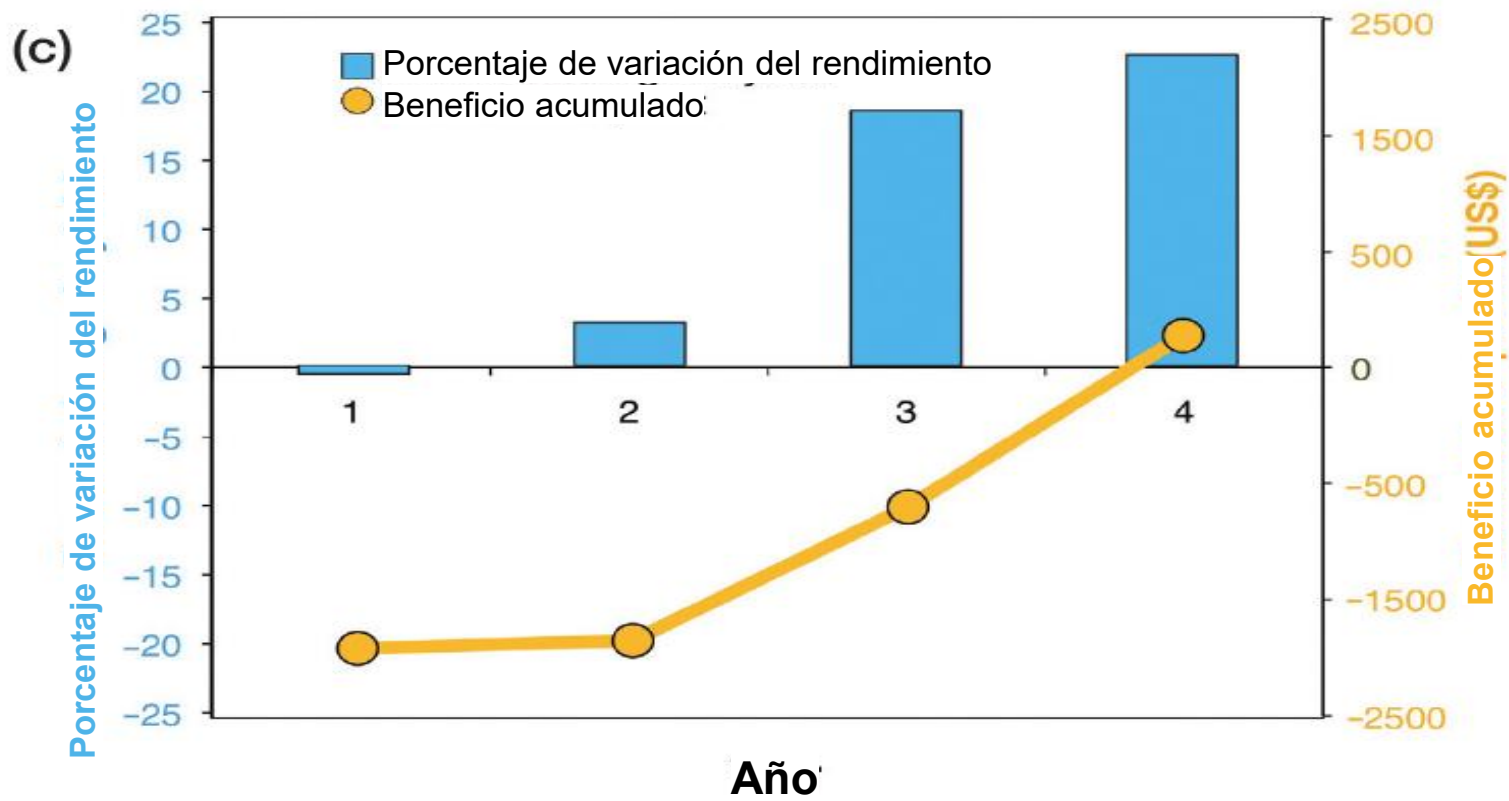


Paisaje rediseñado





Tiempo



-  Home
-  Ecorregión
-  Paisaje Inicial
-  Análisis Imágenes



Balance de la cartera

Métricas agregadas de todos los establecimientos rediseñados

18.408,25

SUP. TOTAL
INTERVENIDA (HA)

3.007,15

SUP. TOTAL DE
NATURALEZA (HA)

1.515,60

SUP. NATURALEZA
RESTAURADA (HA)

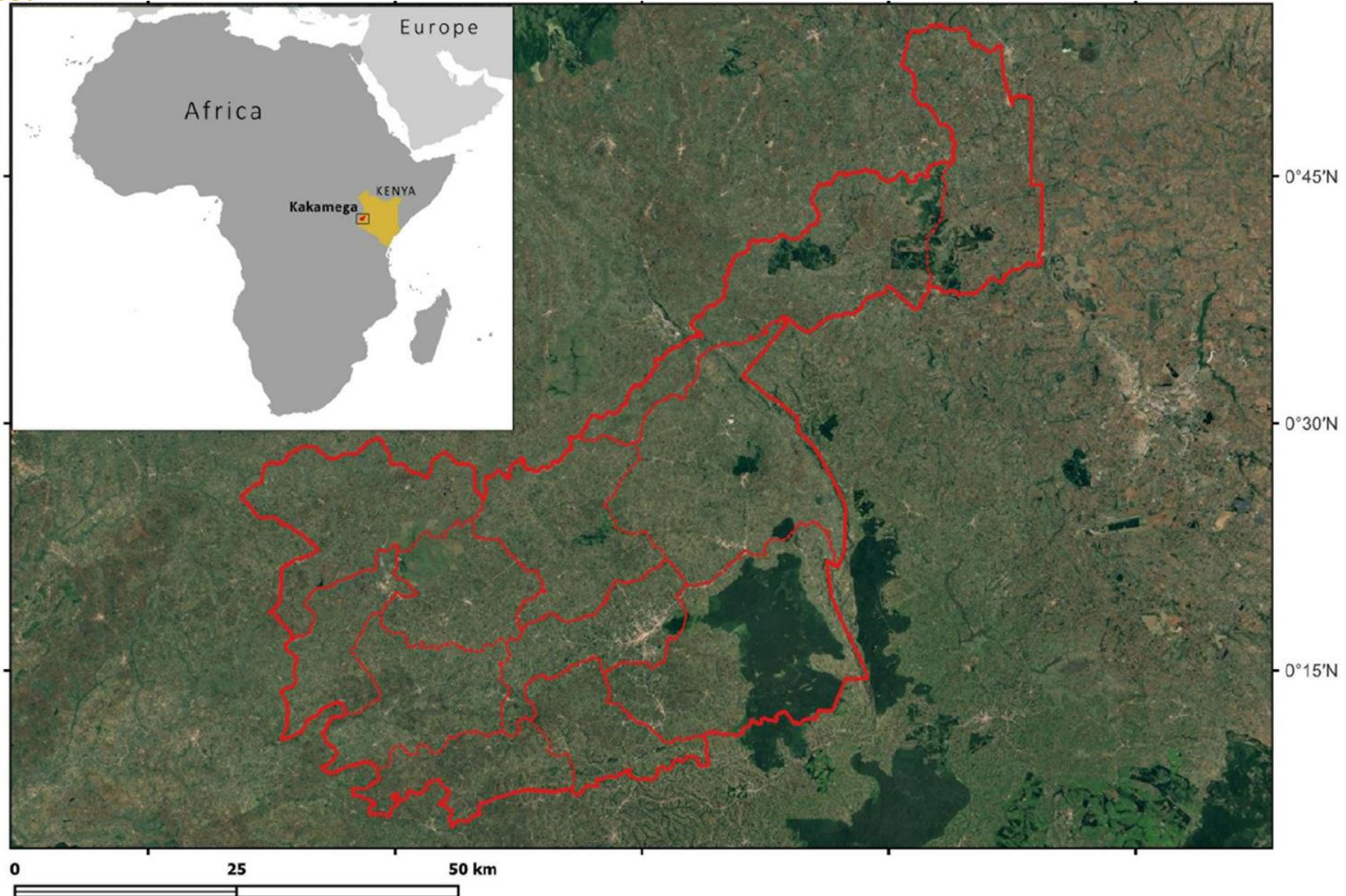
9.031,99

ÁREA PRODUCTIVA
<200M NAT. (HA)

22

ESTABLECIMIENTOS
REDISEÑADOS

UBICACIÓN DE LAS INTERVENCIONES



Enlaces

Paisajes agrícolas multifuncionales

De la ciencia a la práctica

Lucas Caribaldi, Paula Zermoglio, Facundo Oddi, Lucas Andreoni



EDITORIAL
UNRN



¡Muchas gracias!

¿Preguntas?

lgaribaldi@unrn.edu.ar



LUCAS_GARIBALDI_AGRO