

Toledo  
10/07/25

# Retos y alternativas para la producción agropecuaria y forestal frente al cambio climático



José M. Rey Benayas

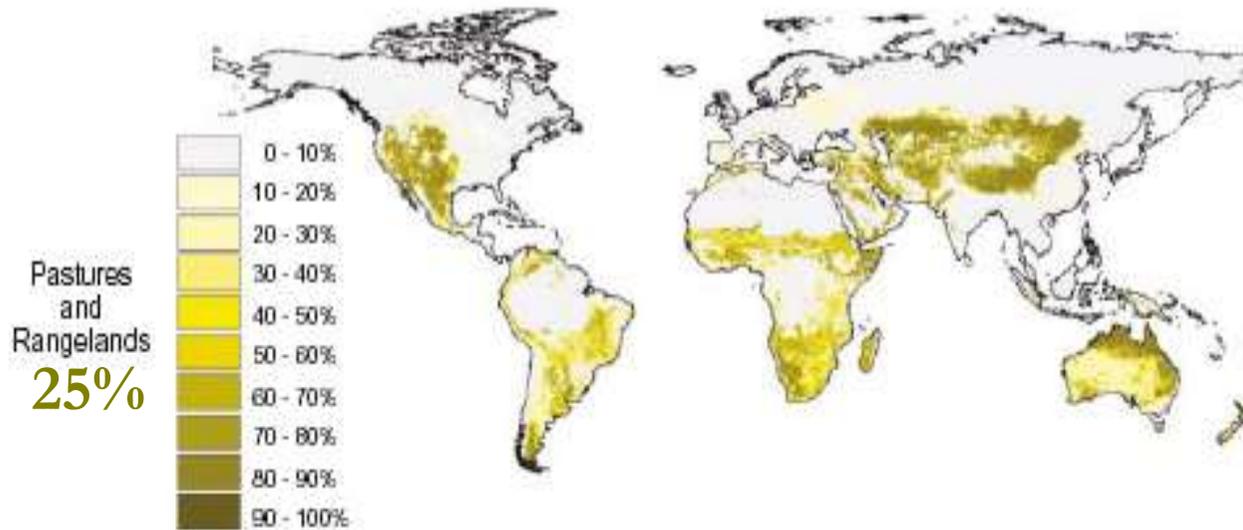
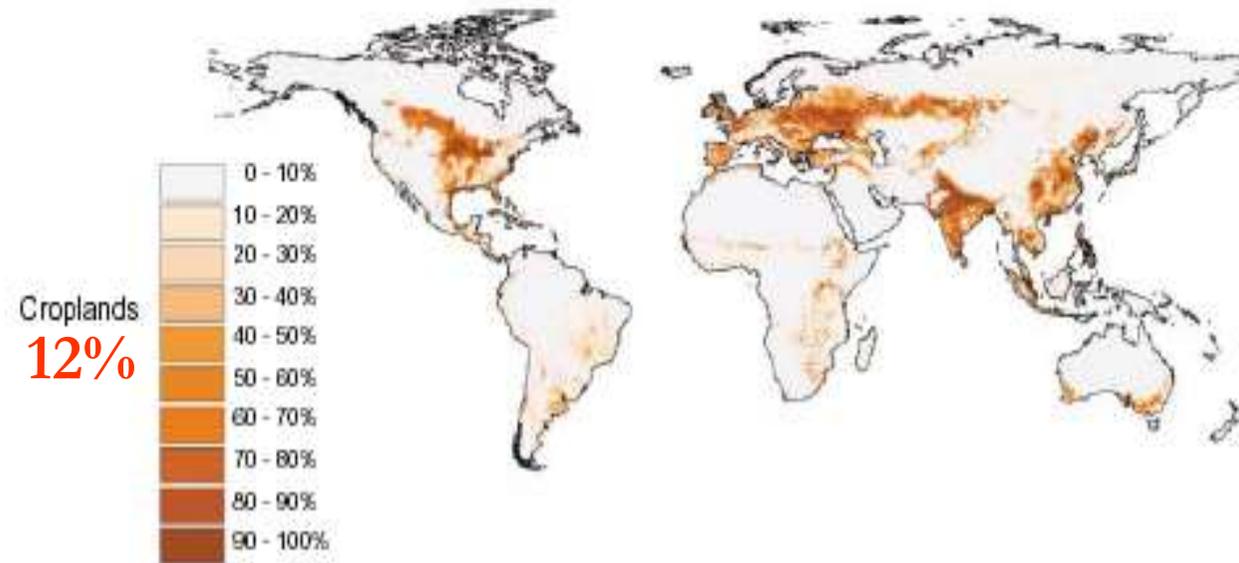


Universidad  
de Alcalá



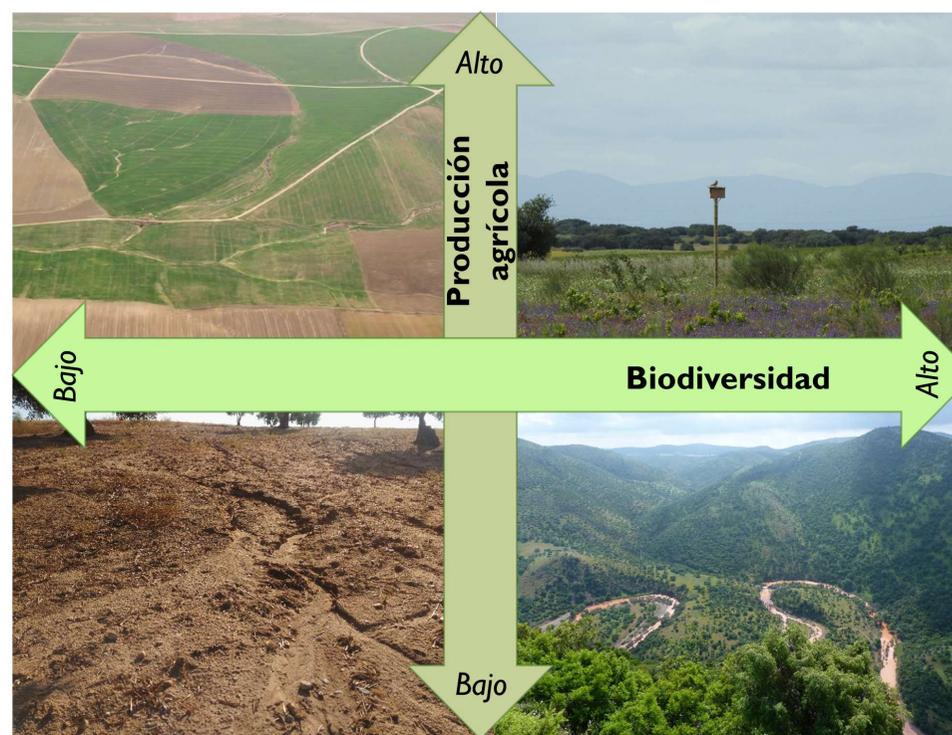
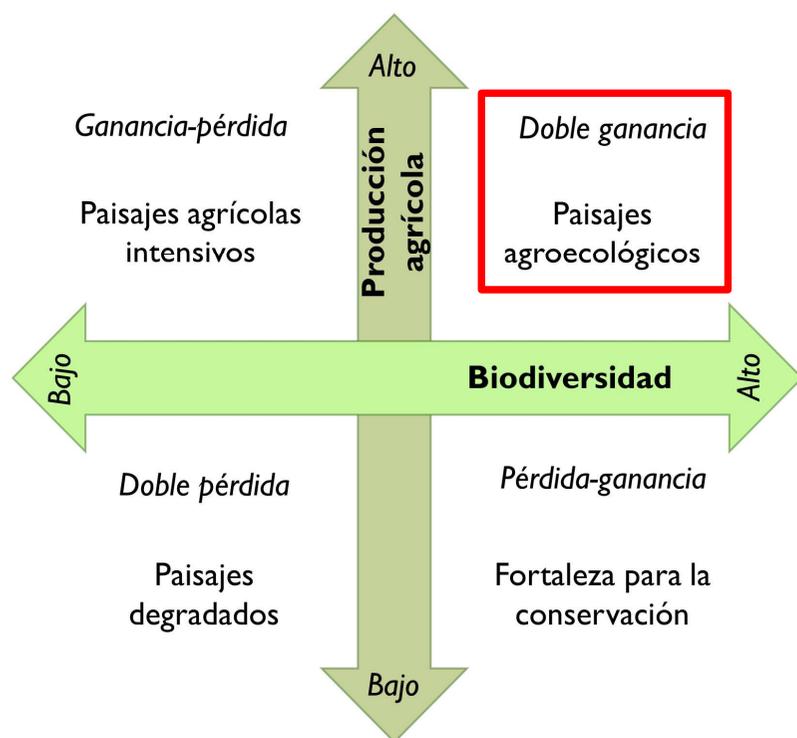
Fundación Internacional para la  
Restauración de Ecosistemas

# Los agroecosistemas ocupan el 37% de la superficie terrestre



# El reto de la alimentación y la biodiversidad

- La actividad agropecuaria (\*industrial) es la principal causa de impactos antrópicos en el planeta, directos e indirectos
- Un tercio de los alimentos producidos se pierde o desperdicia y trabajos previos apuntan que, a nivel global, se puede producir más alimentos con menos tierra (p.e., [Foley et al. 2011](#), [Folberth et al. 2020](#), [Gerten et al. 2020](#))



---

# Retos en el contexto del cambio climático

- La seguridad alimentaria
  - La conservación de la biodiversidad
  - La mitigación del y la adaptación al cambio climático
  - Agroecosistemas y ecosistemas forestales resilientes
  - (Re)integrar agricultura, ganadería y elementos forestales
  - La Kunming-Montreal [COP15] *Global Biodiversity Framework* (2022; objetivos 2, 10 y 11)
  - Objetivos de la Estrategia de la UE sobre Biodiversidad para 2030
  - El Reglamento de la UE de Restauración de la Naturaleza (artículos 10, 11 y 12 del Capítulo II)
  - La transición agroecológica
-

---

# Guion

- Estrategias para restaurar agroecosistemas
  - Restauración compartiendo la tierra
  - Restauración separando la tierra (incluye la restauración forestal genuina)
  - Restauración en el mundo real – la Experiencia NavaLab
  - Para quedarme con la copla
-

# Dos tipos de estrategias “clásicas” para recuperar biodiversidad y servicios en los paisajes agrícolas (Rey Benayas & Bullock 2012)

## CONCEPTS AND QUESTIONS

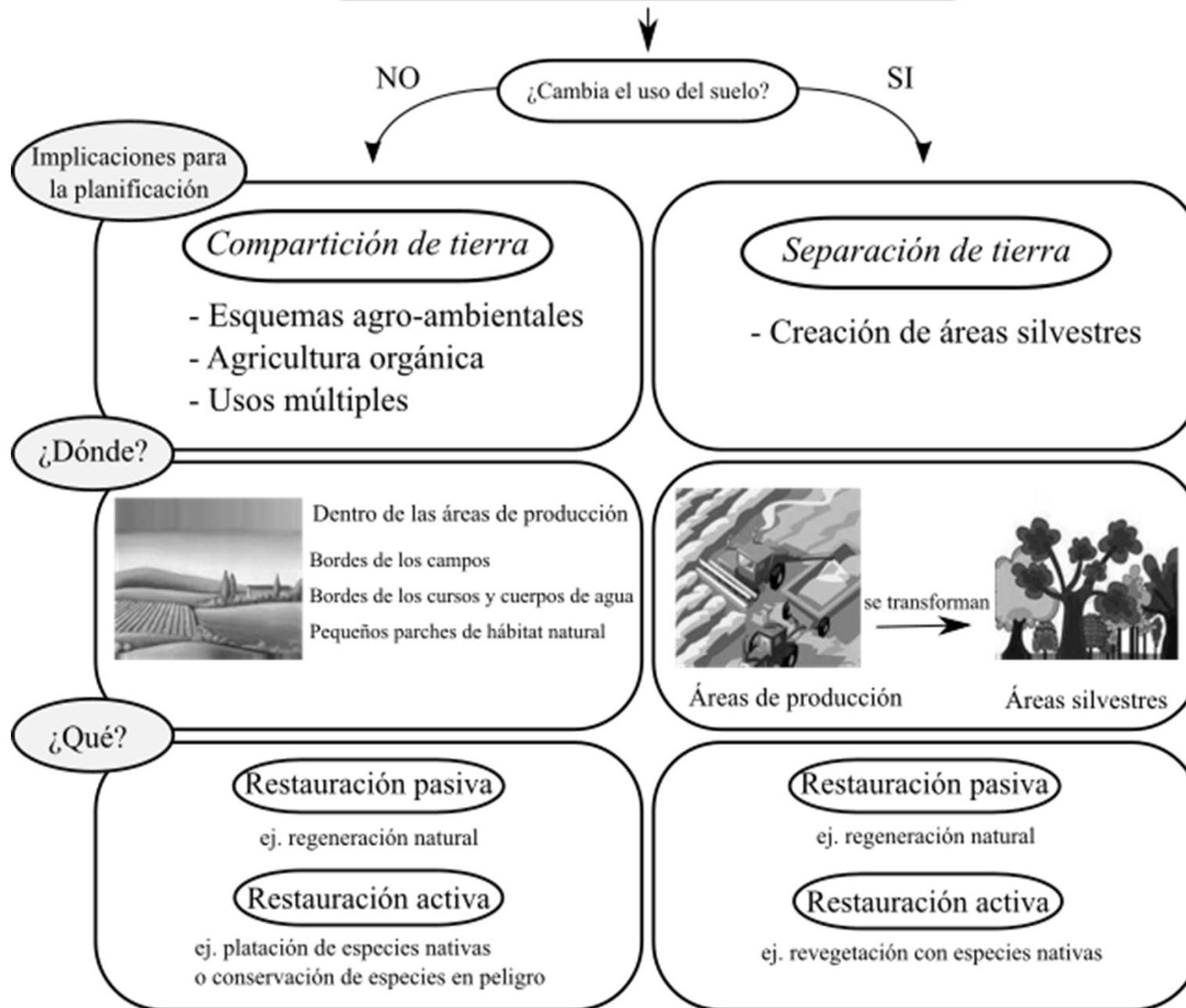
---

### Should agricultural policies encourage land sparing or wildlife-friendly farming? Fischer *et al.* 2008

- **Compartir la tierra mediante una agricultura amiga de la biodiversidad** [y de los servicios ecosistémicos diferentes a los de provisión]
- **Separar la tierra dedicada a la agricultura y la dedicada a la conservación** [**ahorro** = separar e intensificar]



# ACCIONES DE RESTAURACIÓN EN AGROECOSISTEMAS



# La compartición y la separación de la tierra forman parte de un gradiente

Landscape A



Landscape B



**Fig. 5.** Two example landscapes containing approximately the same total area of natural and semi-natural covers. Landscape A has small crop fields and most natural and semi-natural cover is in field edges. Landscape B has large crop fields and most natural and semi-natural cover is in forest patches.

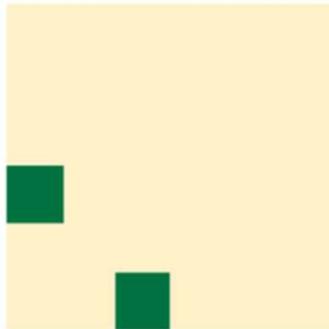
## HELPING OR HARMING NATURE?

Land sharing is a popular way of altering land use to benefit nature, but it worsens the global biodiversity crisis by reducing the productivity, or yield, of farmland and driving up food imports. Another strategy, land sparing, could work.

### Land use

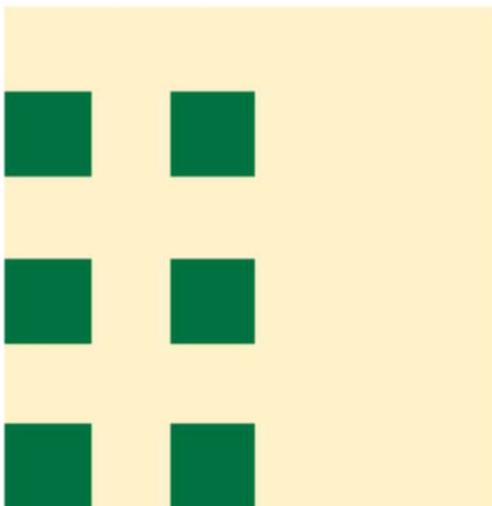
■ Conservation areas ■ Average-yield agriculture ■ High-yield agriculture

### Conventional farming



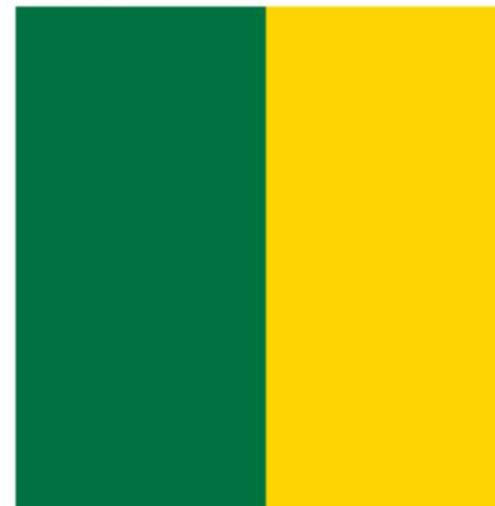
Has reduced large areas of contiguous wild habitat required by many specialist species. Common non-specialists have also declined.

### Land sharing



Increases conservation habitat but uses relatively small, fragmented areas, so aids common but not many threatened species. Reduced food production increases reliance on imports, worsening biodiversity loss overseas.

### Land sparing



This spares the larger contiguous areas needed by threatened species in the region, and potentially reduces imports.

### Impact compared with conventional farming

- Better
- Same
- Worse

### National population

- Threatened species
- Common species

### Global population

- Threatened species

### Food

- Domestic production

### National population

- Threatened species
- Common species

### Global population

- Threatened species

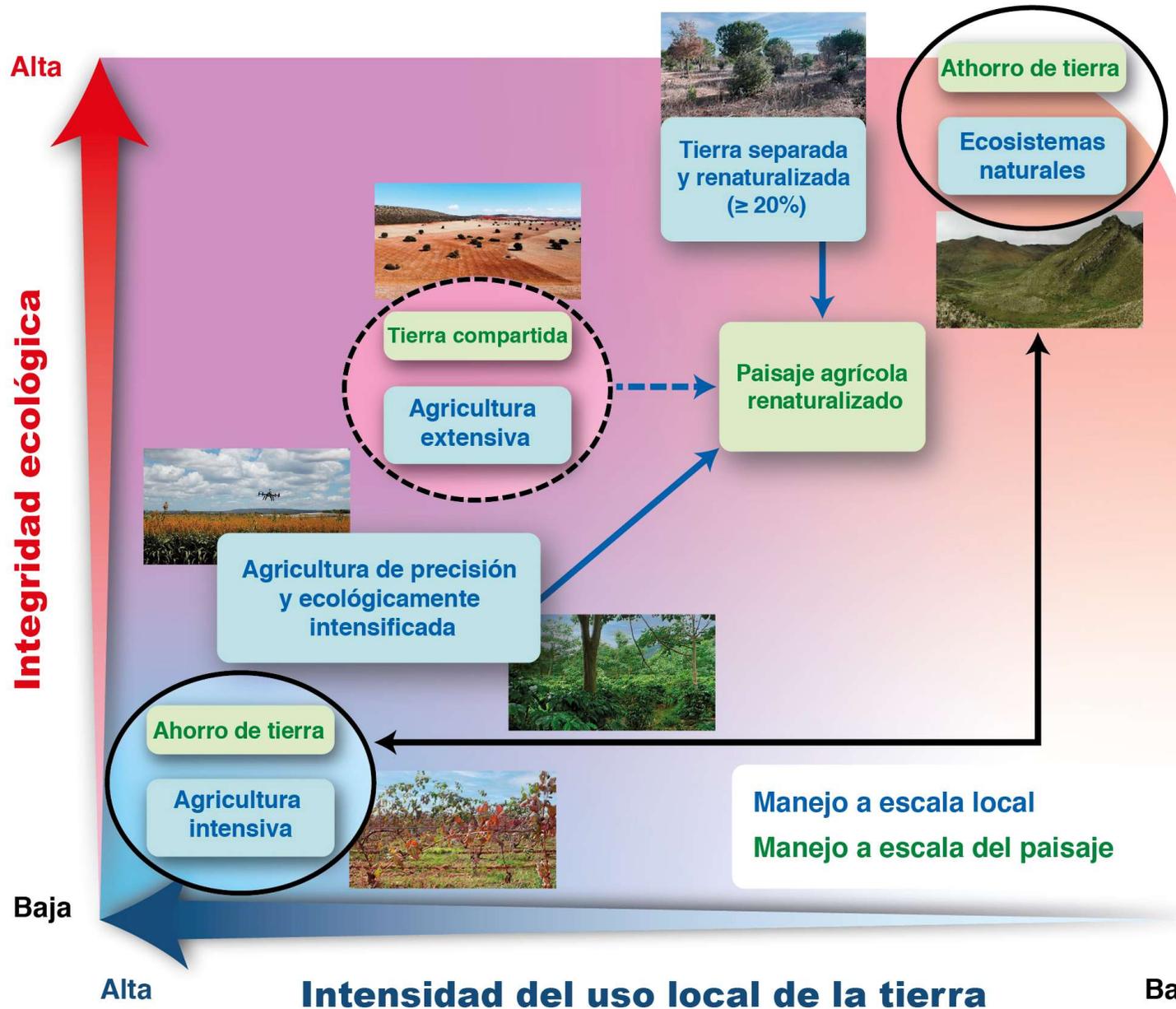
### Food

- Domestic production

# La agricultura amiga

- El foco de la agricultura amiga es la producción agrícola compatible con ciertos niveles de biodiversidad y de diferentes servicios ecosistémicos
- Posibilidades: (a) Prácticas agrícolas basadas en la biodiversidad (transversal al resto); (b) Lecciones de las prácticas agrícolas tradicionales; (c) Transformación de la agricultura convencional en agricultura orgánica (se considera práctica neo-tradicional); (d) Transformación de cultivos y pastos “simples” en sistemas agroforestales; (e) “Manicura” de los campos agrícolas: restaurar o crear elementos estratégicos para beneficiar a la biodiversidad y servicios ecosistémicos particulares sin competir por el uso de la tierra
- Restaurar compartiendo la tierra permite la producción agrícola y aumentar la biodiversidad y otros servicios ecosistémicos a escala local y de paisaje, mientras que la separación de tierra permite el conjunto de estos beneficios sólo a escala de paisaje

# Renaturalización de los paisajes agrícolas y mixtos



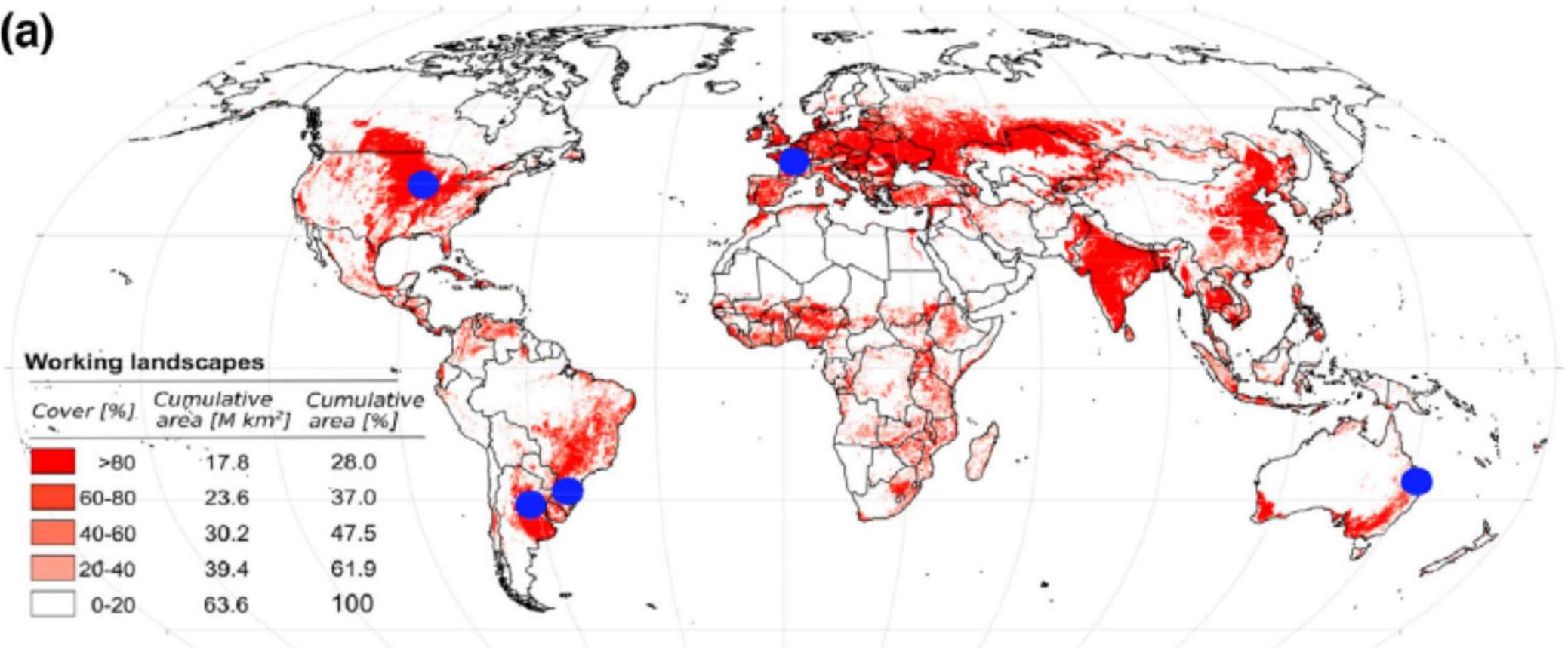
# Integración de agricultura, ganadería y elementos forestales



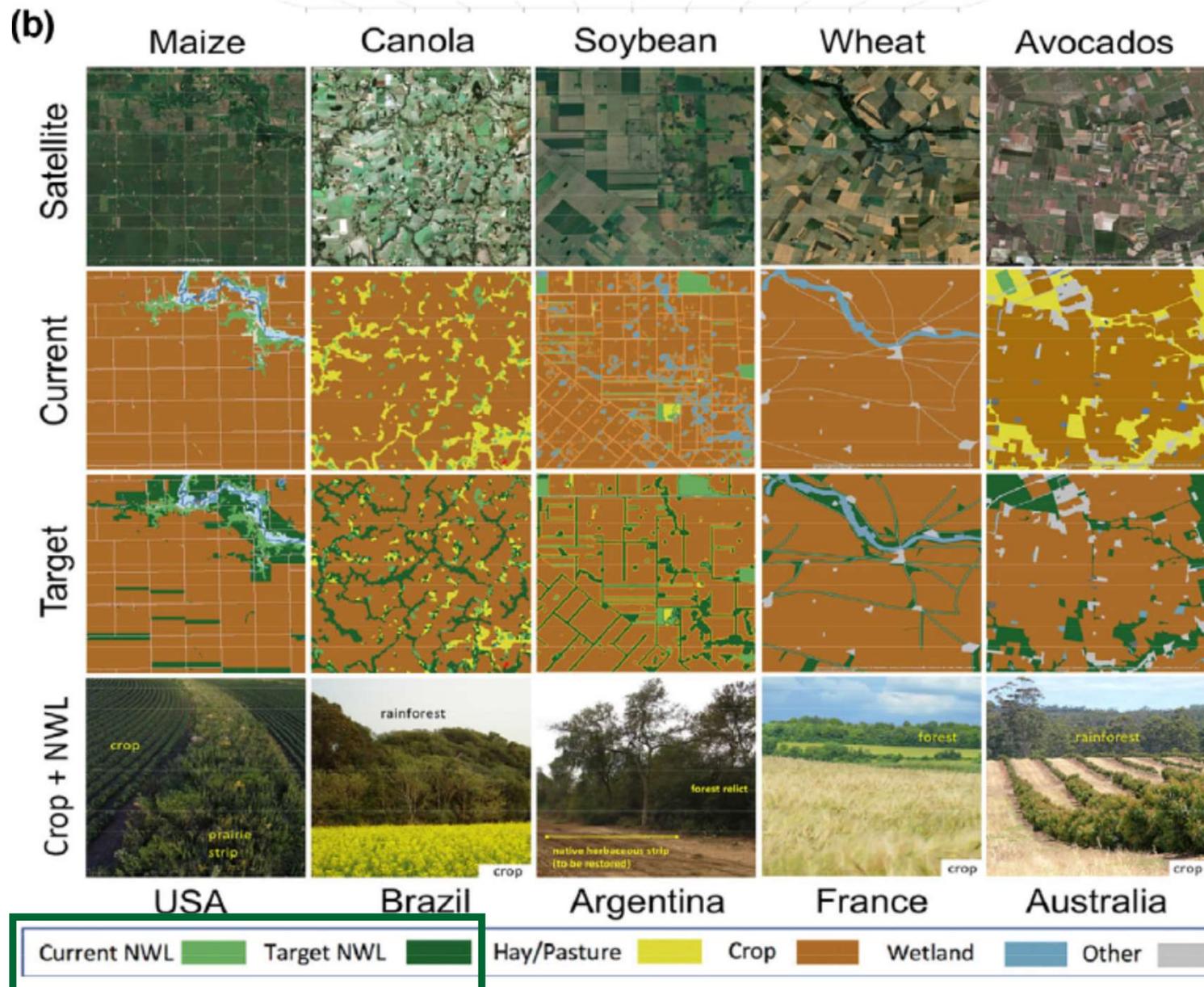
NavaLab (Valdepeñas, Ciudad Real)

# Los paisajes de producción necesitan al menos un 20% de hábitat natural

(a)



# Ejemplos ilustrativos de paisajes de producción



Hábitat natural

# Categorías de la intensidad del uso de la tierra, procesos de transición y la aplicación de la regla 10:20:40:30

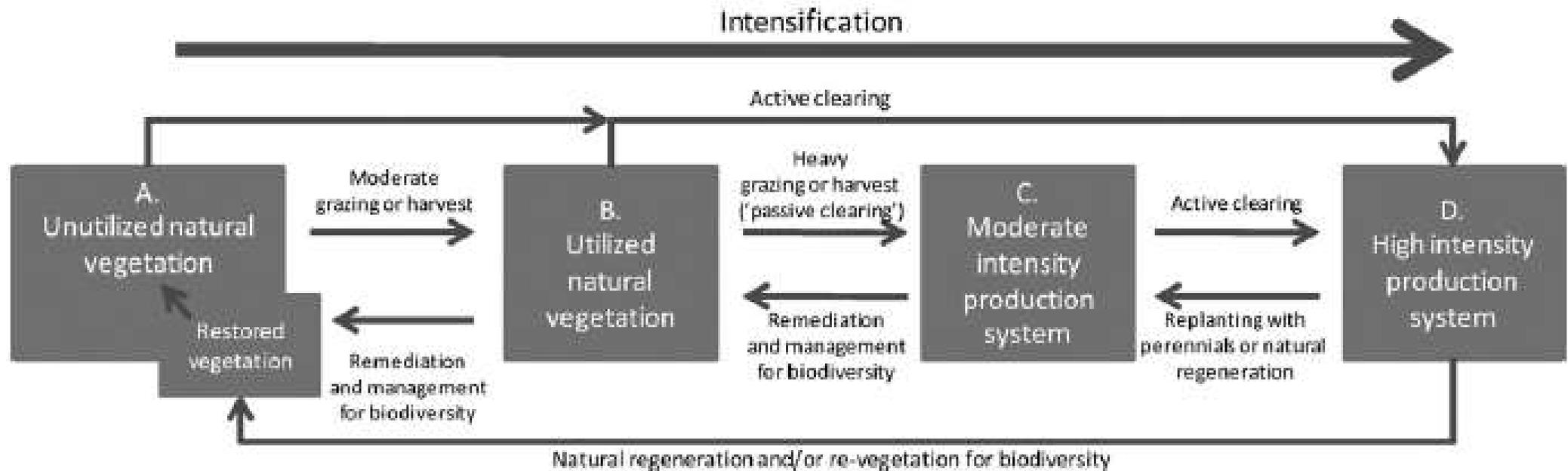


Fig. 3. Four categories of land use intensity in Australian agricultural landscapes and key transitional processes between them (see also Table 1).

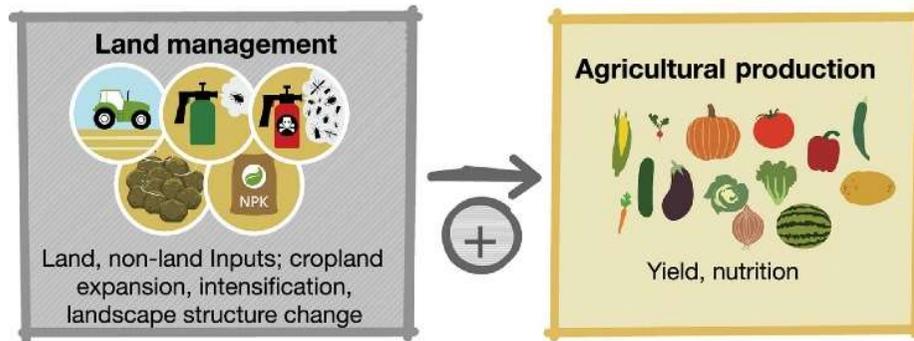
**Table 1**

Key characteristics of the four land use intensity categories and the application of the 10:20:40:30 guidelines.

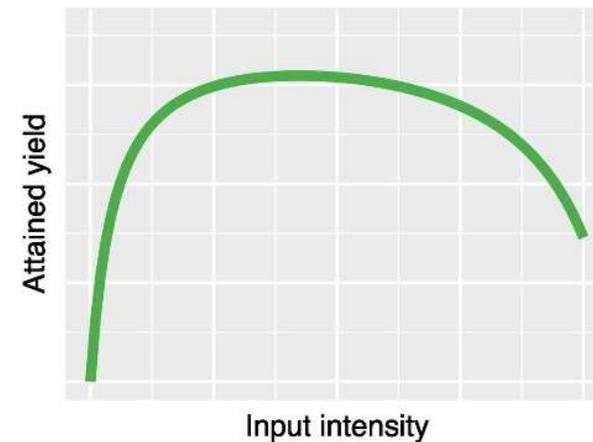
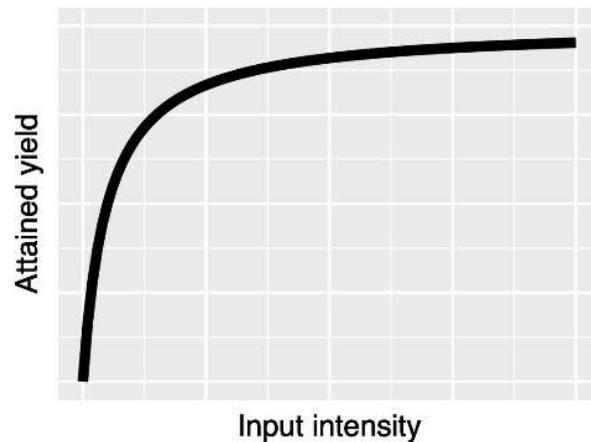
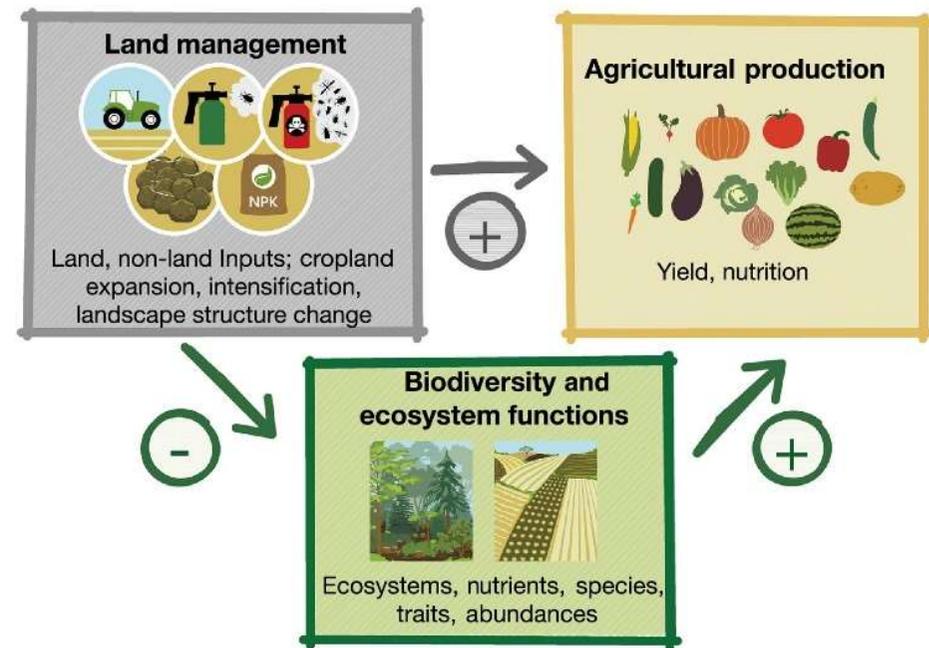
	A. Unutilized natural vegetation	B. Utilized natural vegetation	C. Moderate intensity production systems	D. High intensity production systems
Guidelines	Minimum 10%	Minimum 20%	Balance of A + B + D nominally 40%	Maximum 30%

# Cambio de paradigma en los modelos de producción

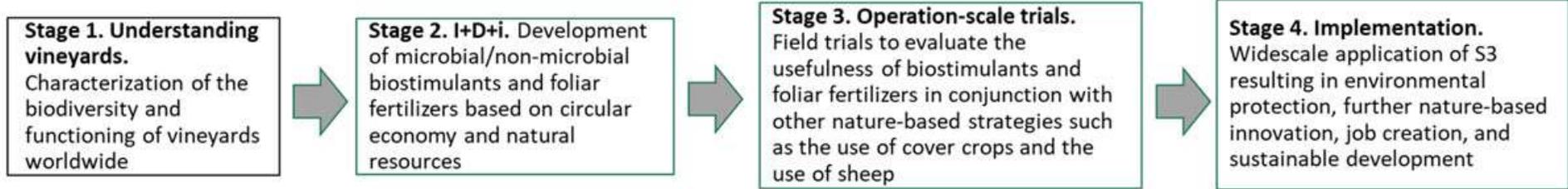
(A) Current agronomic models



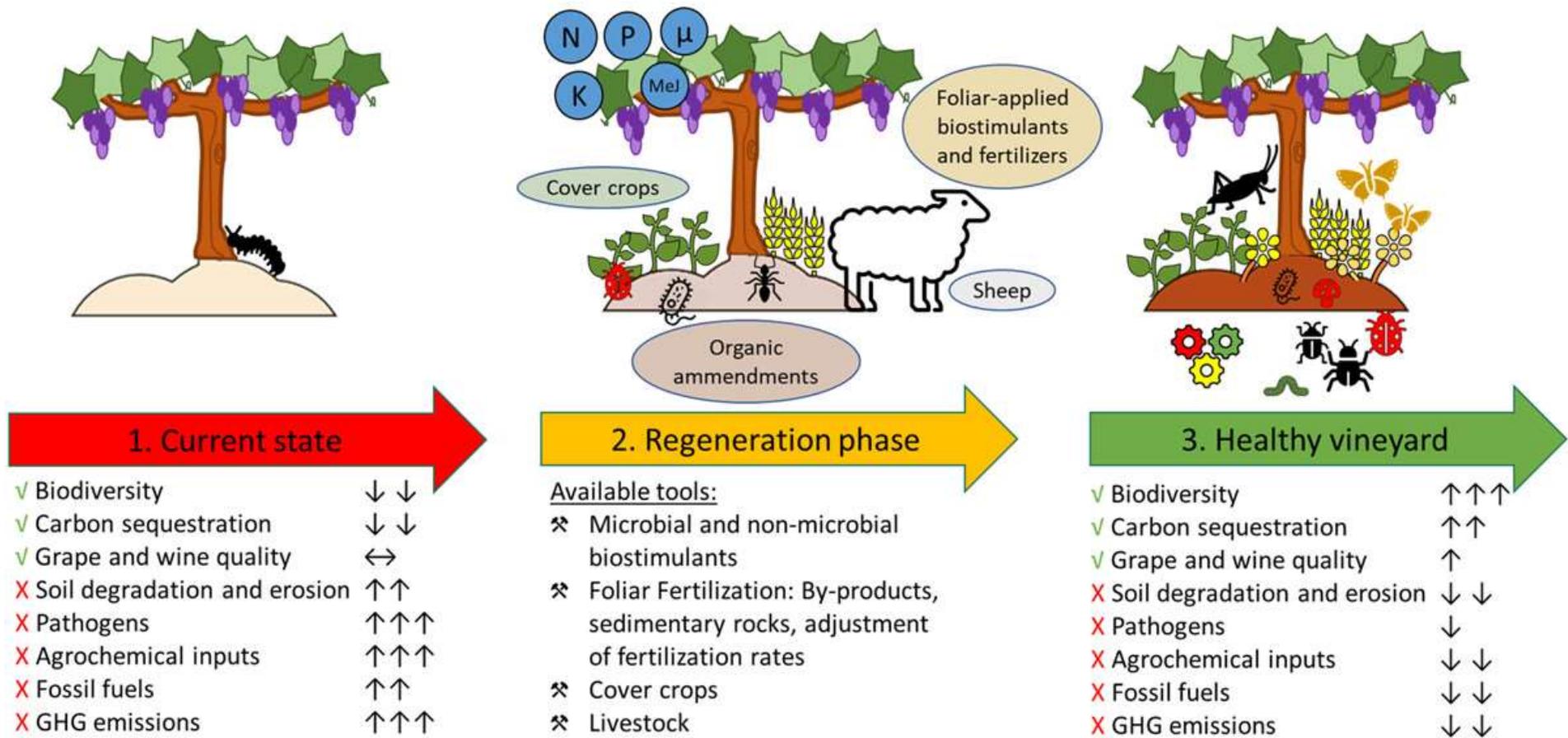
(B) Biodiversity-production mutualism



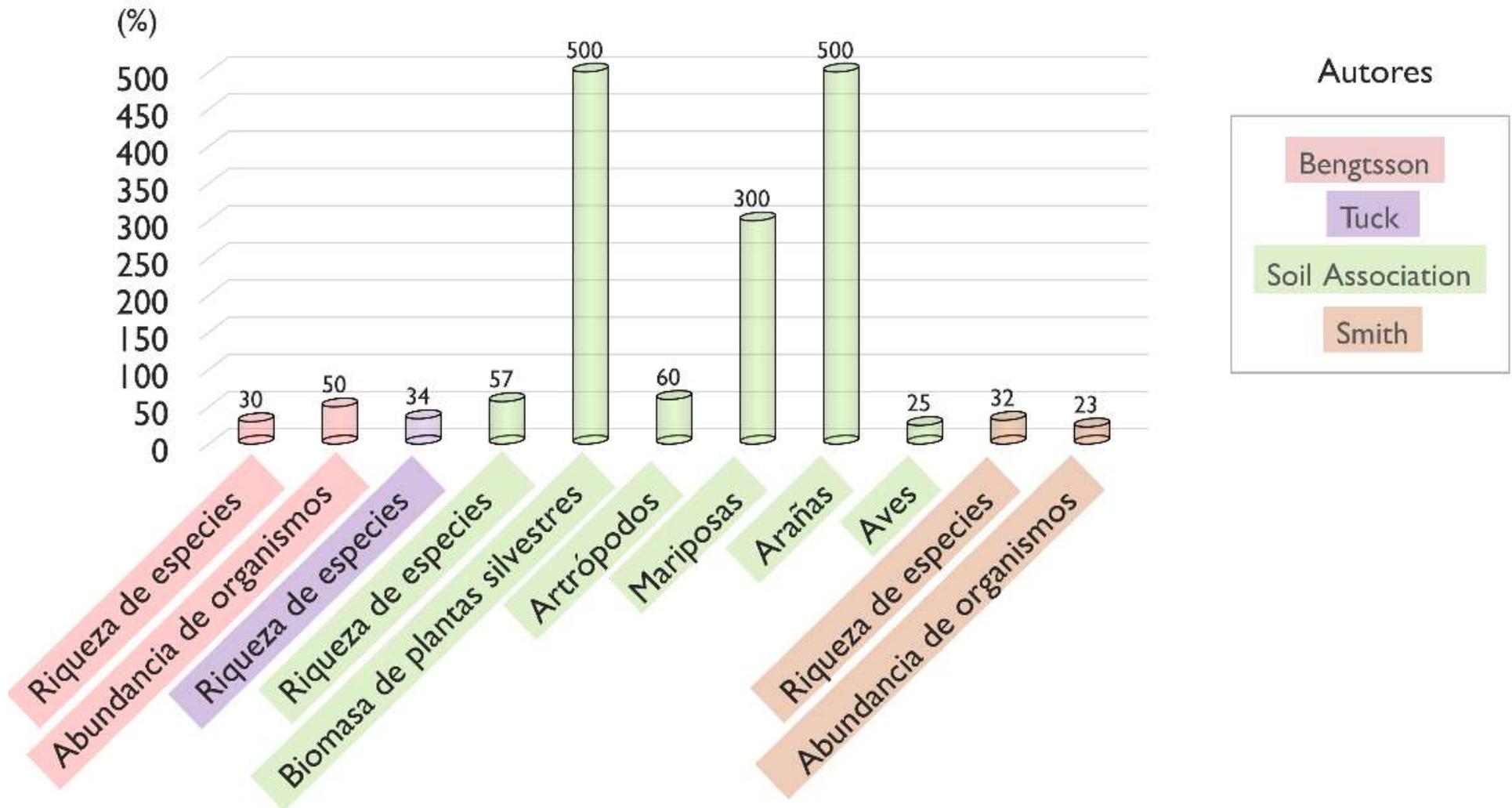
# 1. Roadmap to achieving the sustainability of vineyards



# 2. Phases of ecological transition of vineyards

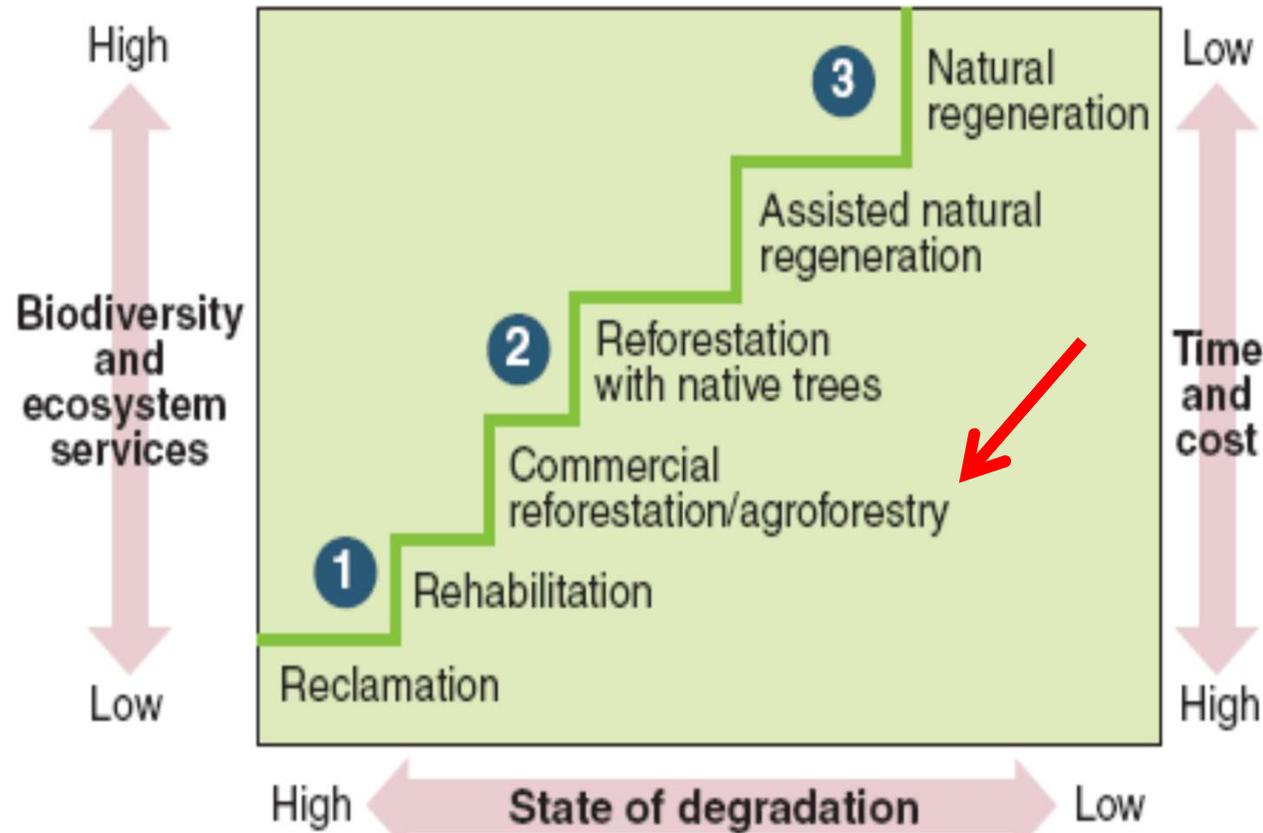


## Incremento de biodiversidad en campos de agricultura orgánica con respecto al sistema convencional



Síntesis de Rey Benayas (2023) basada en las revisiones de [Tuck \*et al.\* 2014](#), [Bengtsson \*et al.\* 2015](#), [Smith \*et al.\* 2019](#) y [Soil Association 2000](#)

# La escalera de la restauración forestal



**Fig. 1.** The restoration staircase. Depending on the state of degradation of an initially forested ecosystem, a range of management approaches can at least partially restore levels of biodiversity and ecosystem services given adequate time (years) and financial investment (capital, infrastructure, and labor). Outcomes of particular restoration approaches are (1) restoration of soil fertility for agricultural or forestry use; (2) production of timber and nontimber forest products; or (3) recovery of biodiversity and ecosystem services.

# Algunas actuaciones de “manicura” de los campos agrícolas

- Plantación de árboles aislados
- Introducción de parches de vegetación nativa y revegetación de los elementos lineales del paisaje (lindes, bordes de camino y ribazos; setos)
- Establecimiento de franjas herbáceas y bandas florales
- Introducción de caballones
- Rehabilitación y construcción de puntos de agua (charcas, abrevaderos, fuentes, etc.)
- Instalación de perchas artificiales, nidos y refugios
- Construcción y rehabilitación de muros y majanos
- Reconstrucción de elementos de la arquitectura rural (bombos, chozos, casas de labranza, apriscos, etc.)





**Setos en Monreal del Campo (Teruel)**

## Beneficios de los setos

- **Delimitación de propiedades**
- **Provisión de una variedad de productos** (madera, leña, frutos, plantas ornamentales y medicinales)
- **Reducción de la intensidad del viento y sus beneficios asociados** (erosión del suelo, desecación del suelo, abrasión de los cultivos)
- **Reducción de la escorrentía y sus beneficios asociados** (ciclo de nutrientes, retención de sedimentos)
- **Aumento de la biodiversidad y sus beneficios asociados** (control biológico de plagas, polinización, conservación de especies amenazadas o no)
- **Exportación de propágulos para la restauración pasiva**
- **[Valor estético]**      **La percepción de la estética limita la plantación de setos y otras actuaciones**

---

Hedgerows: Living Fences to the Moon and Back (Wildfarm Alliance, 12':18'')

# Meta-análisis del beneficio de los setos

Van Vooren et al. (2017)

60 estudios independientes

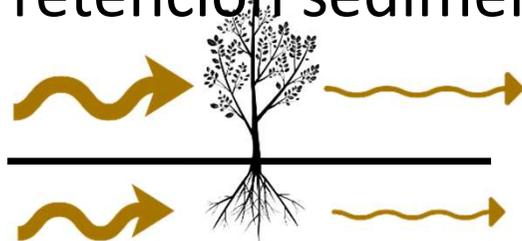
Zonas templadas

69% retención Nitrógeno > Riqueza enemigos naturales

67% retención Fósforo



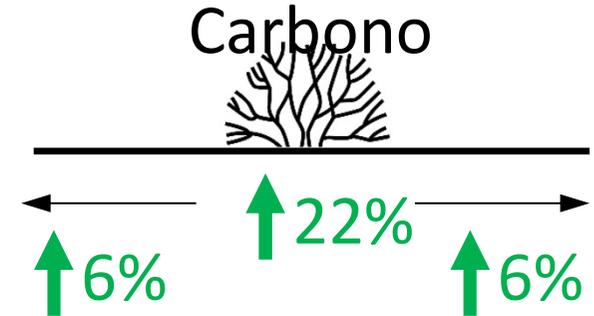
91% retención sedimentos



34% retención Nitrógeno



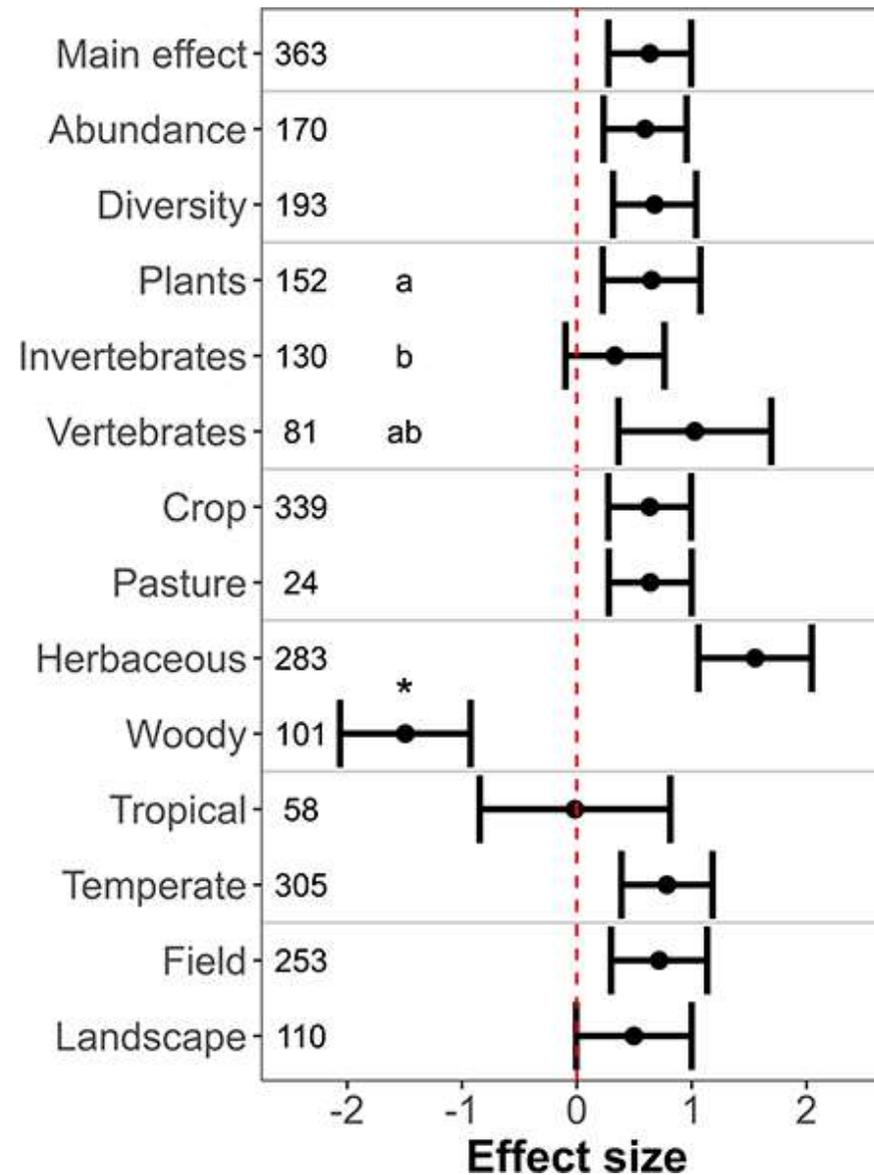
Almacenamiento Carbono



Rendimiento del cultivo



# Meta-análisis global que compara la biodiversidad en campos con setos y sin setos



## Diseño de una red de setos para la restauración agroecológica de la Cuenca Sur del Mar Menor (Murcia)

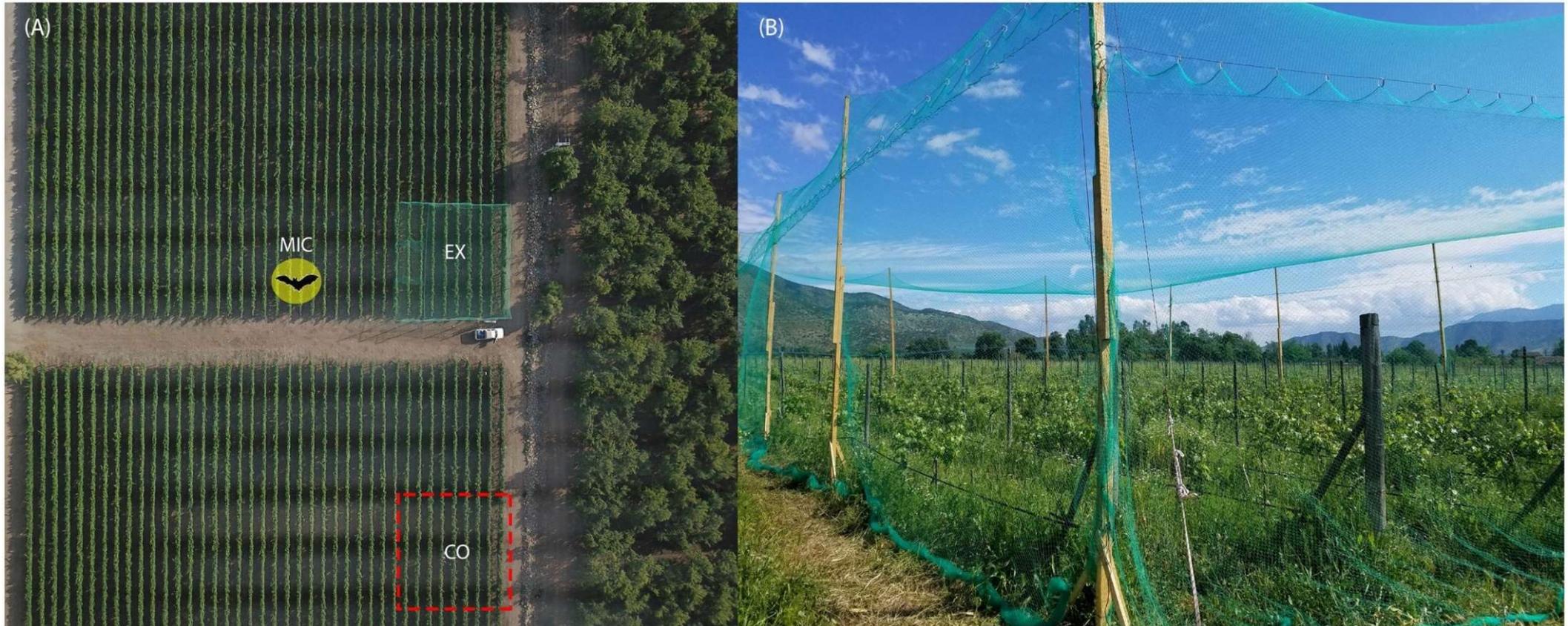
- 1: Aguas abajo de la parcela para interceptar la escorrentía superficial principal.
- 2: Posición lateral para interceptar la escorrentía superficial secundaria.
- 3: Aguas arriba de la parcela para la conservación de enemigos naturales.
- 4: Las barreras vegetales interiores.

Prioridad 1: 108.007 m    Prioridad 3: 24.199 m  
Prioridad 2: 94.970 m    Prioridad 4: 14.144 m

0 700 1.400 2.800 4.200 5.600  
Meters

## La agricultura sostenible desde la perspectiva ecológica, ¿lo es también desde la perspectiva social y financiera?

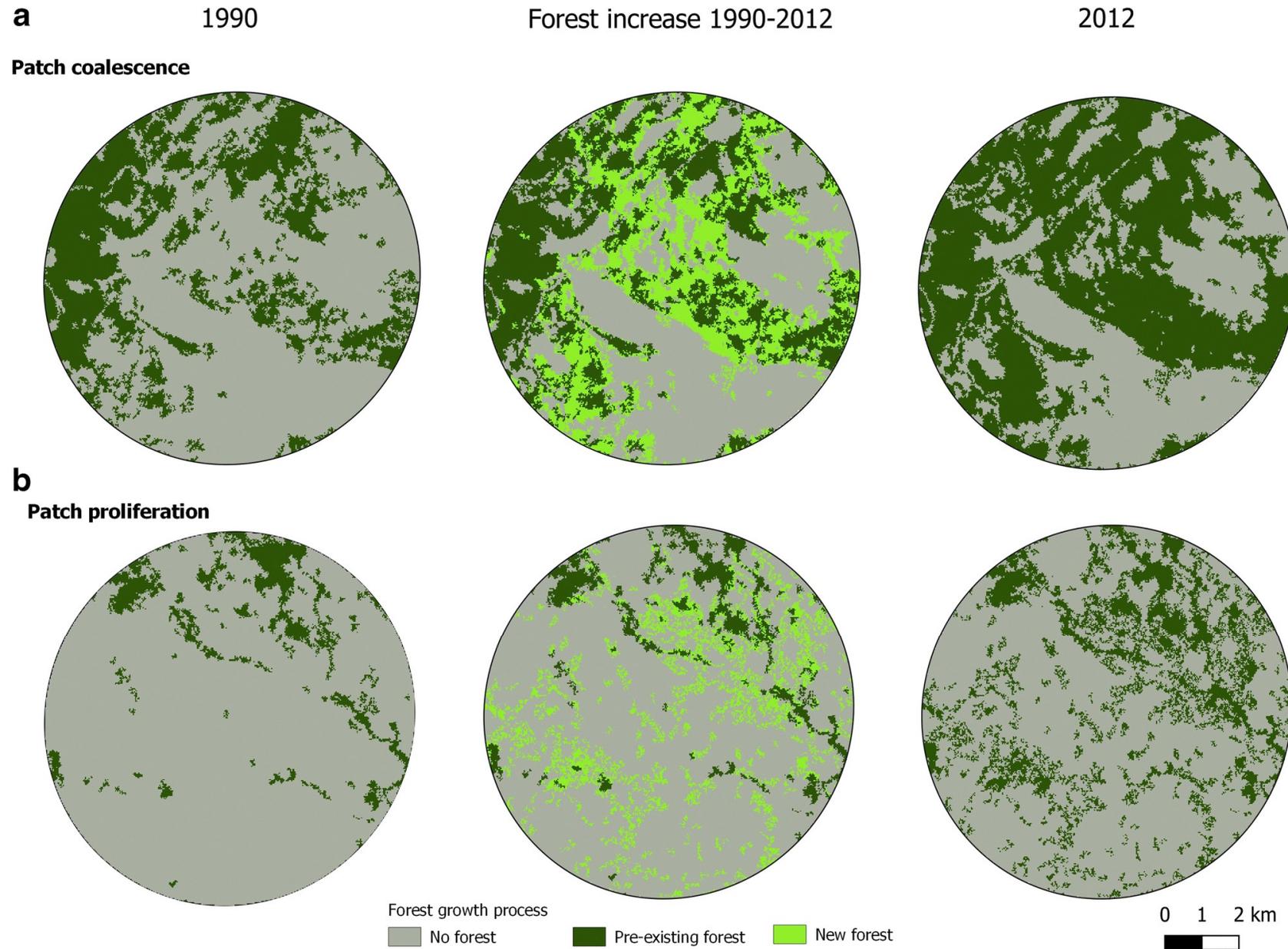
- Rey Benayas (2023) concluye que sí, tras revisar las evidencias financieras relacionadas con la agricultura de conservación, la agricultura orgánica, la agroforestería y otras actuaciones específicas

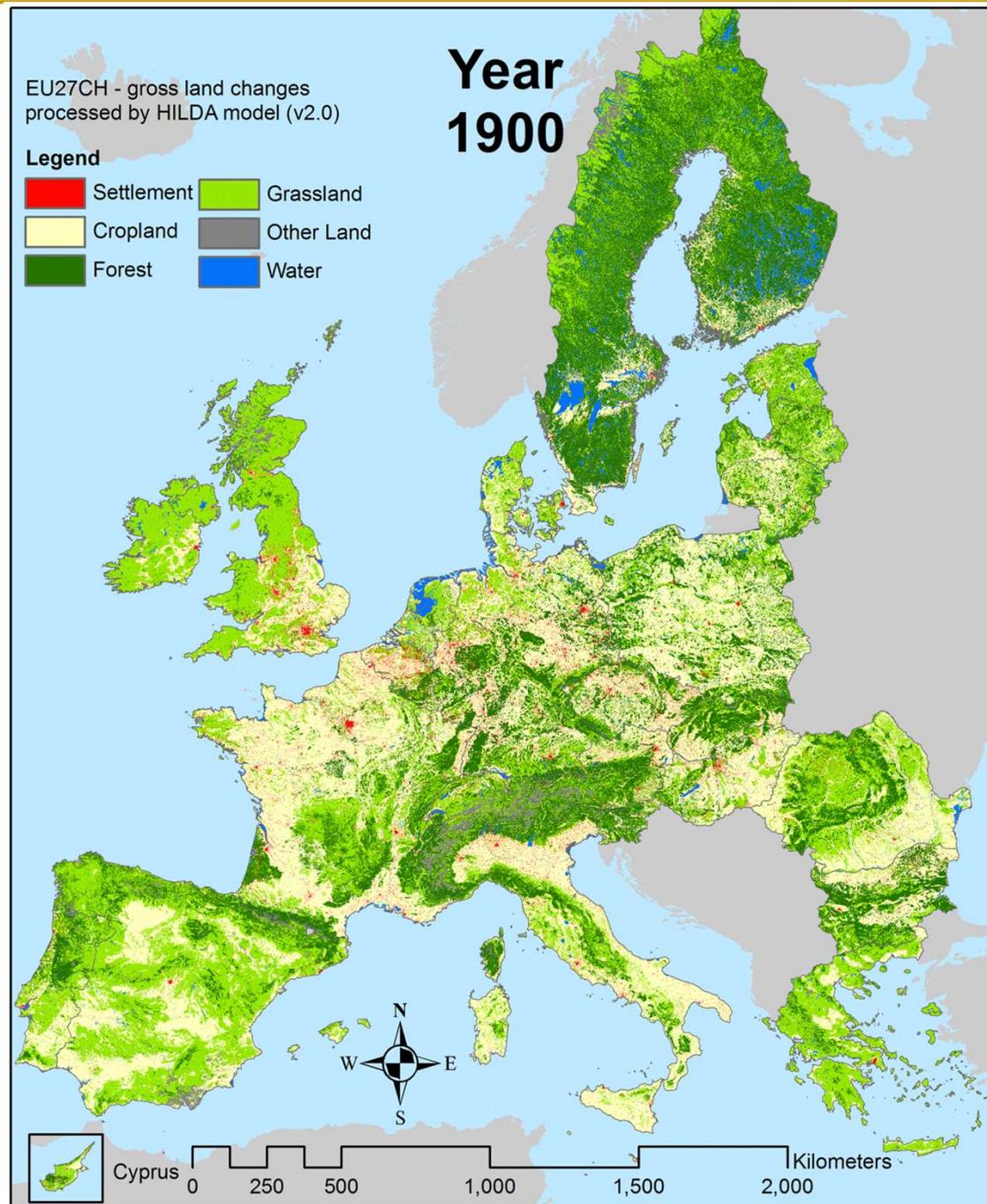


*Grape cluster damage was 7% lower on control plots, yielding an average economic benefit of US \$188-248/ha/year due to bat predation*

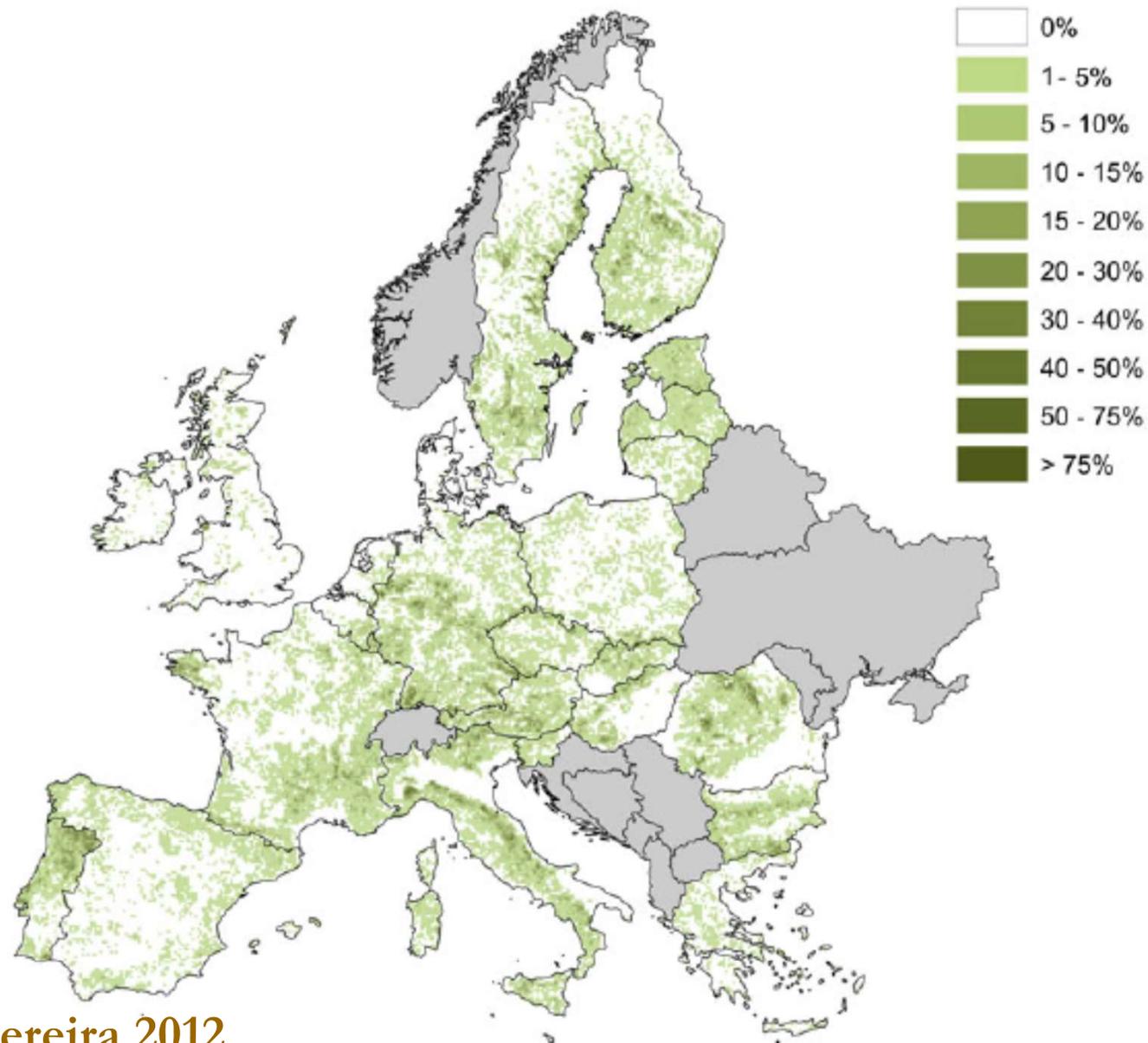
Rodríguez-San Pedro et al. 2020

# Restauración forestal reciente en Europa





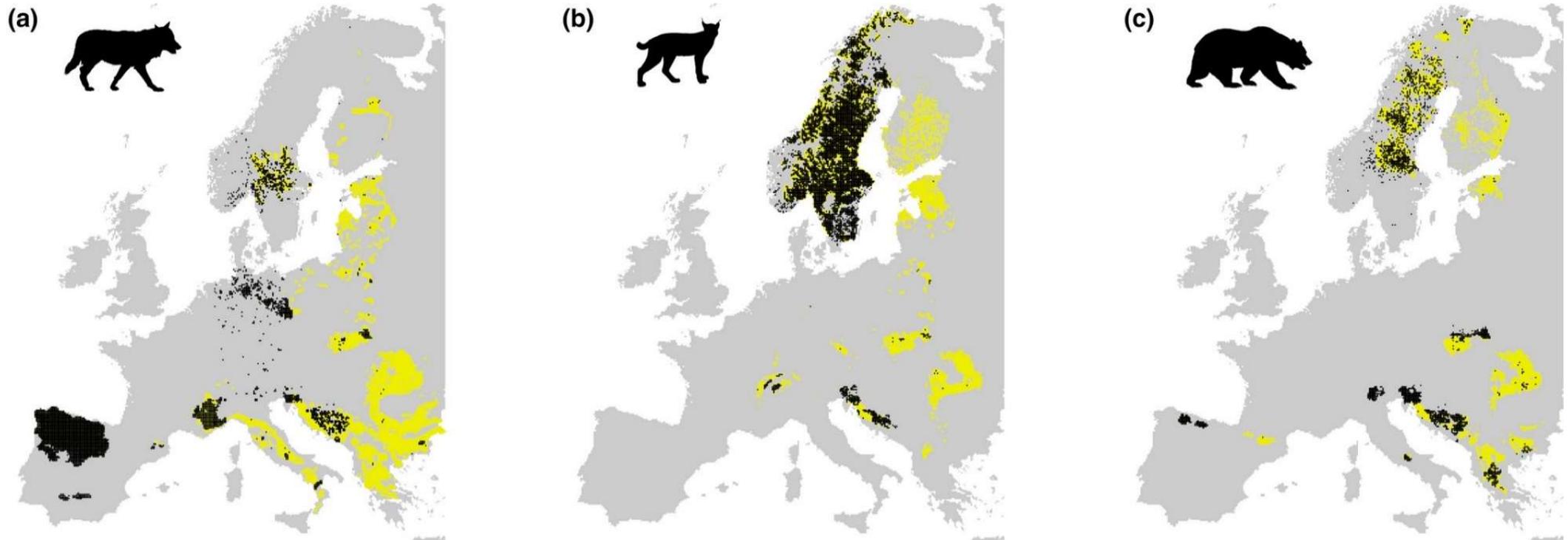
## Animated historic land changes in Europe



## Navarro & Pereira 2012

Figure 4. Localization of the hotspots of abandonment and rewilding in Europe. Those hotspots are areas categorized as “agriculture” in 2000 that are projected to become rewilded or afforested in 2030 and that are common to all four scenarios of the CLUE model (Verburg and Overmars 2009). Hotspots are expressed as a percentage of each 10-km<sup>2</sup> grid cell. Agricultural areas correspond to “arable land (non-irrigated)”, “pasture”, “irrigated arable land” and “permanent crops”. Rewilded and afforested areas correspond to “(semi)-natural vegetation”, “forest”, “recently abandoned arable land” and “recently abandoned pasture land”. Countries in grey have no data.

## Large carnivore expansion in Europe is associated with human population density and land cover changes



Occurrence points for the (a) grey wolf, the (b) Eurasian lynx and the (c) brown bear. The points represent the occurrences for the species used in the multi-temporal species distribution models. Yellow areas represent the permanent distribution areas according to [Chapron \*et al.\* \(2014\)](#)

# Oportunidades globales para la restauración forestal

Diagrama 1.

Oportunidades de restauración a gran escala y en mosaico

Diagrama 1a. Oportunidades de restauración a gran escala y en mosaicos (representación esquemática)



La mayoría de las oportunidades de RPF pertenecen a uno de dos grupos básicos. La restauración a gran escala tiene como fin restaurar o crear un paisaje que la mayoría de las personas llamarían bosque, mientras la restauración en mosaico pretende restaurar o crear un paisaje con varios tipos de uso de la tierra, lo que incrementaría la productividad agrícola.

<http://www.wri.org/resources/maps/atlas-forest-and-landscape-restoration-opportunities> - updated in 2017

Diagrama 2.  
Potencial e impacto de la restauración del paisaje forestal



La evaluación global de RPF ha mostrado panorama positivo de las oportunidades de restauración; las evaluaciones ROAM a nivel nacional permiten dar un vistazo más detallado y minucioso sobre qué intervenciones de restauración serían más adecuadas y dónde.

OPORTUNIDADES DE RESTAURACIÓN DEL PAISAJE FORESTAL

- Restauración a gran escala
- Restauración en mosaico
- Restauración remota

Áreas con  $<1$  hab.  $\text{km}^{-2}$

# La restauración pasiva es rápida en ambientes productivos



Potrero activo



1 año



2 años

**Potreros abandonados en Veracruz, México**



5 años



6 años



9 años

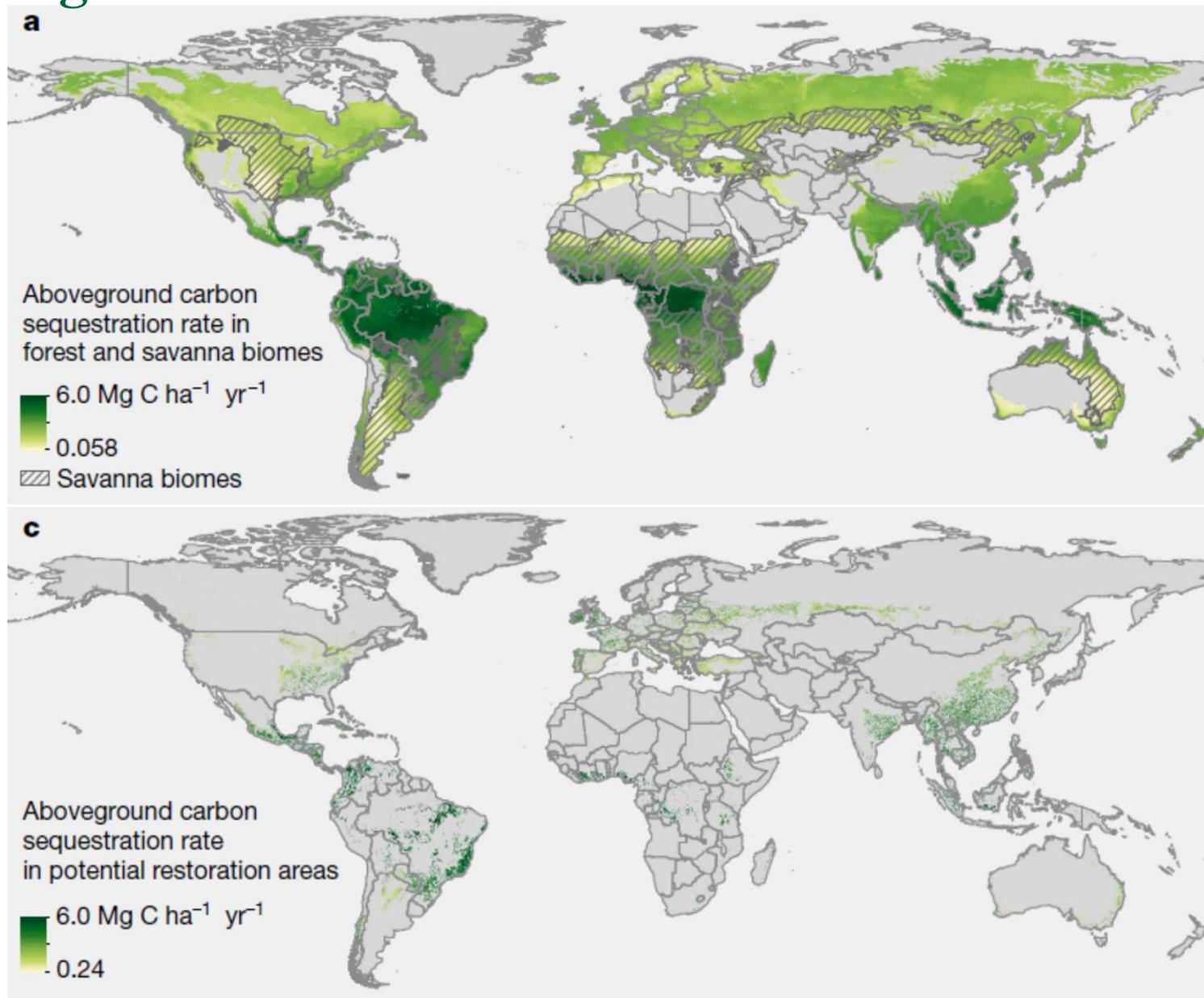
**CRONOSECUENCIA (EDAD DE ABANDONO)**

## Abandono agrícola y restauración pasiva, lenta en zonas poco productivas como en el ambiente mediterráneo

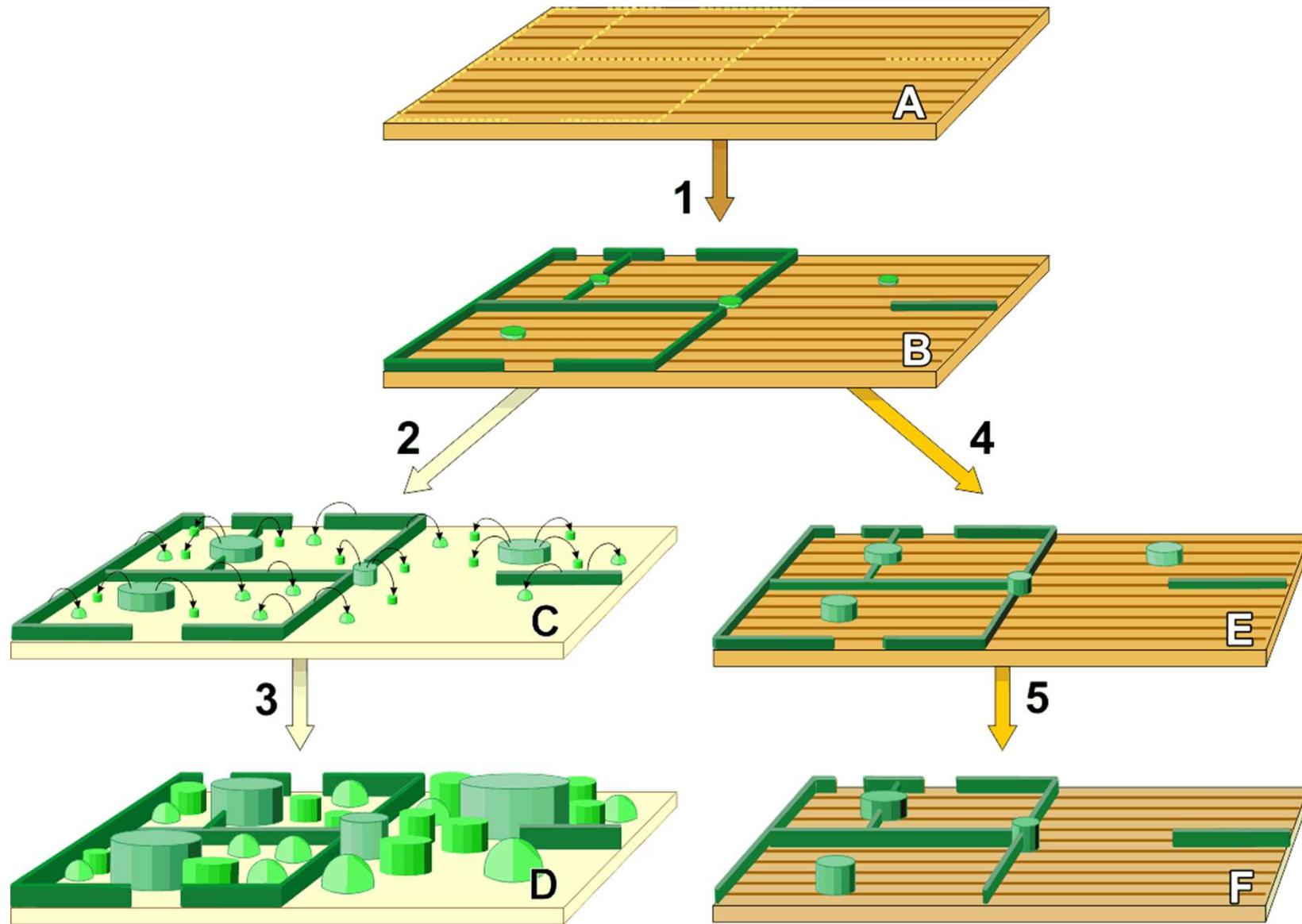


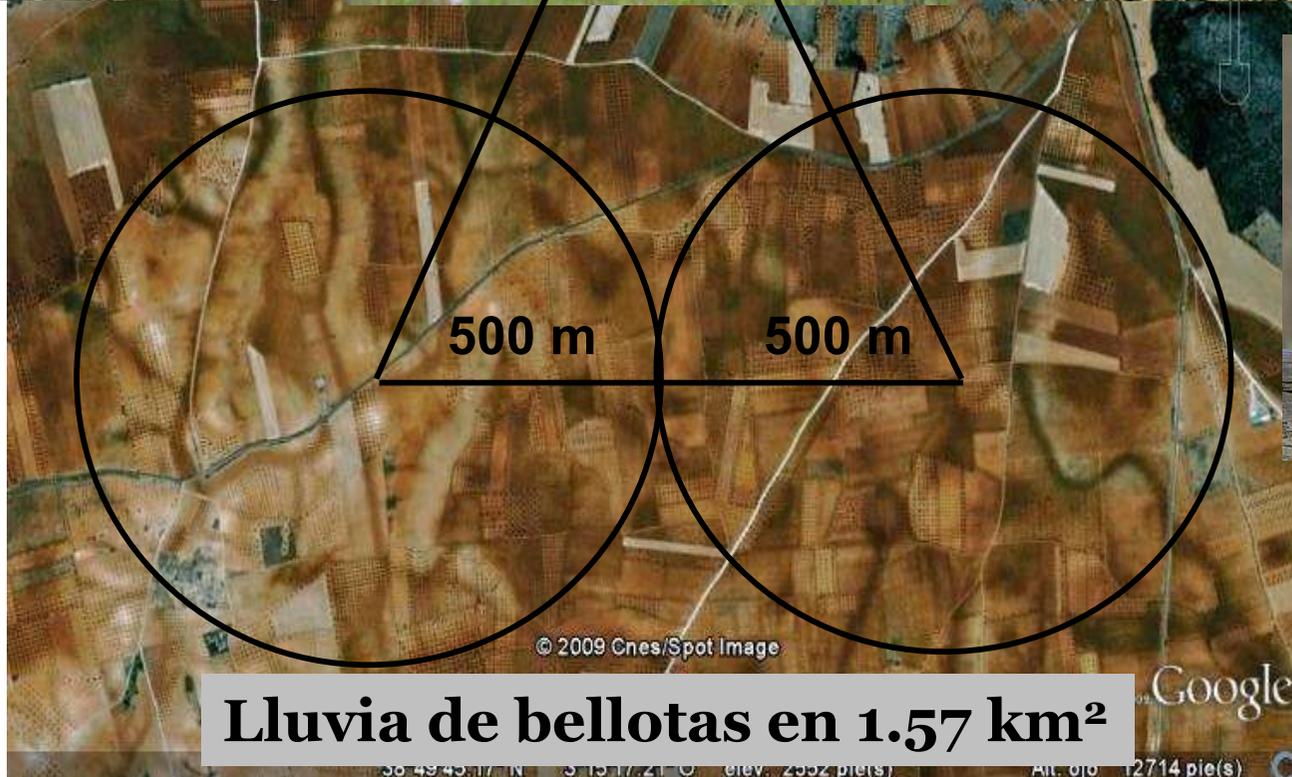
**Campos abandonados en Ciudad Real (ES)**

# Mapping carbon accumulation potential from global natural forest regrowth



# Islotes forestales y costas – los setos, que son bosques reticulados- en mares agrícolas





**Lluvia de bellotas en 1.57 km<sup>2</sup>**

Rey Benayas & Bullock 2012

**Pueden ser ubicados estratégicamente**  
Anécdota dispersiva

---

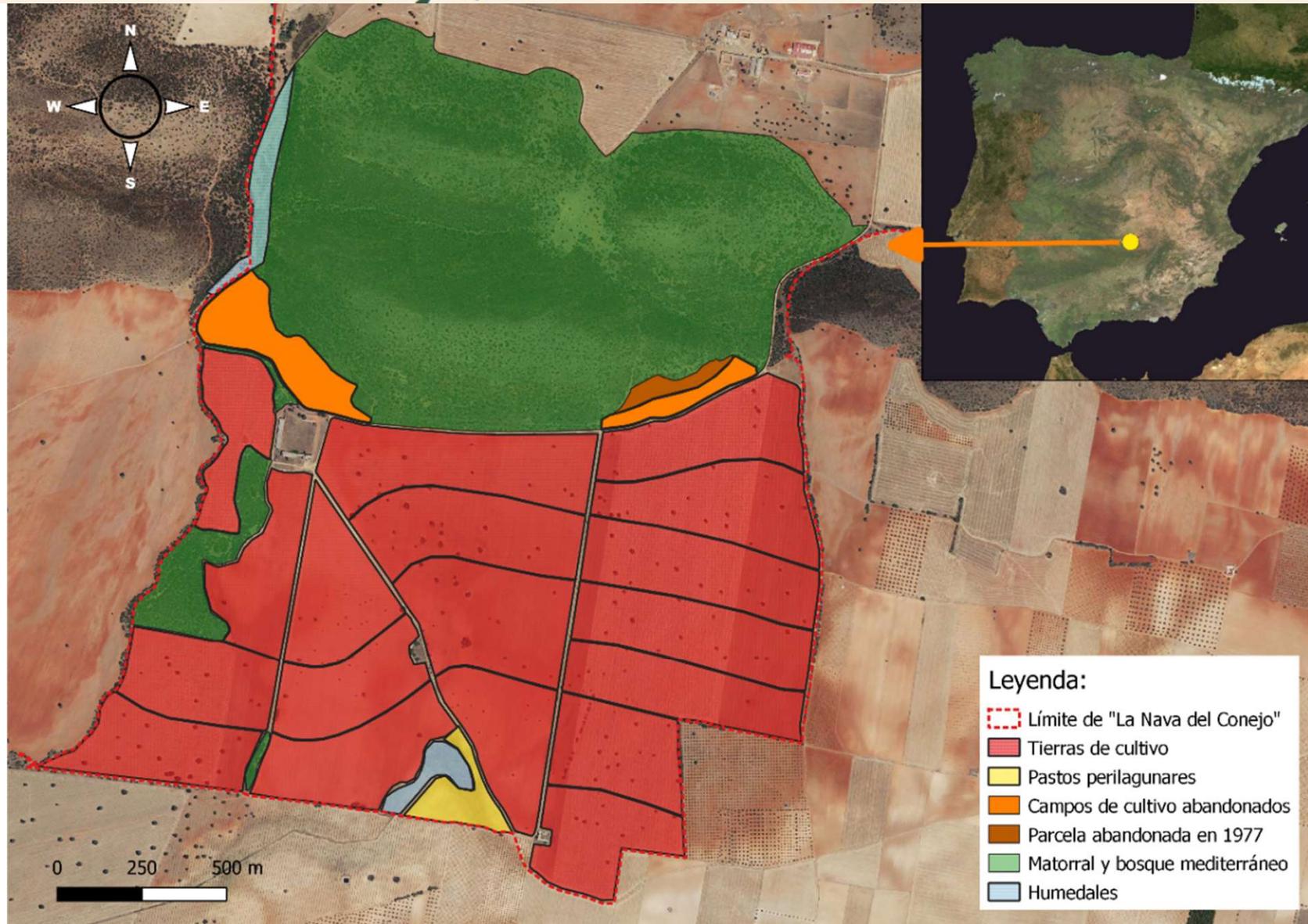
# La PAC ha reforestado unas 730.000 ha en España





**Rodal con clara y poda en Alhambra (C. Real)**

# La Nava del Conejo, un laboratorio vivo al alcance de todos



<https://rutanaavalab.org/>



Para favorecer a la biodiversidad y los servicios que sustenta, realizamos las siguientes actuaciones:

- **Agricultura ecológica y de conservación**, de tal modo que la agricultura y la biodiversidad puedan compartir la tierra **1**.
- **Silvicultura** del monte mediterráneo **2** y la dehesa **3**.
- **Restauración forestal** de tierras agrícolas marginales **4**.
- **Recuperación de la nava** (humedal) **5**.
- **Reforestación de la ribera** del Arroyo de la Fuente **6**.
- **Recuperación y recreación de elementos etnográficos** (fuente, abrevaderos, chozo y cerca de piedra seca) **7**.
- **Explotación múltiple**, incluyendo los cultivos, los pastos, la leña, la miel y alimentos silvestres como los espárragos **8**.
- Actuaciones específicas para la **conservación de la flora y la fauna silvestre**.
- **Monitoreo científico** de los cambios en la biodiversidad (avifauna, mamíferos carnívoros y sus presas, mariposas diurnas, nematodos) y los servicios ecosistémicos, utilizando indicadores de la calidad del suelo, principalmente.
- **Educación, formación y capacitación** dirigida a diferentes colectivos y grupos de interés (estudiantes de distintos niveles, técnicos y agricultores, entre otros).
- **Agroturismo naturalista**.



# Diseño agronómico

- Cinco o seis especies cultivadas simultáneamente (en 2024-25 fueron trigo, cebada, avena, guisante y veza)
- Rotación de cultivos y barbechos (verdes y blancos) cada seis años
- Roturación reducida (sin voltear la tierra) siguiendo las líneas clave para maximizar la retención de agua, nutrientes y sedimentos
- Presencia de una cubierta orgánica permanente y retención de residuos
- Todos los estándares de la agricultura orgánica certificada
- Pastoreo extensivo
- Márgenes de los campos no roturados y plantación de setos
- Acciones *ad-hoc* beneficiosas para la fauna (polinizadores y reguladores de plagas)

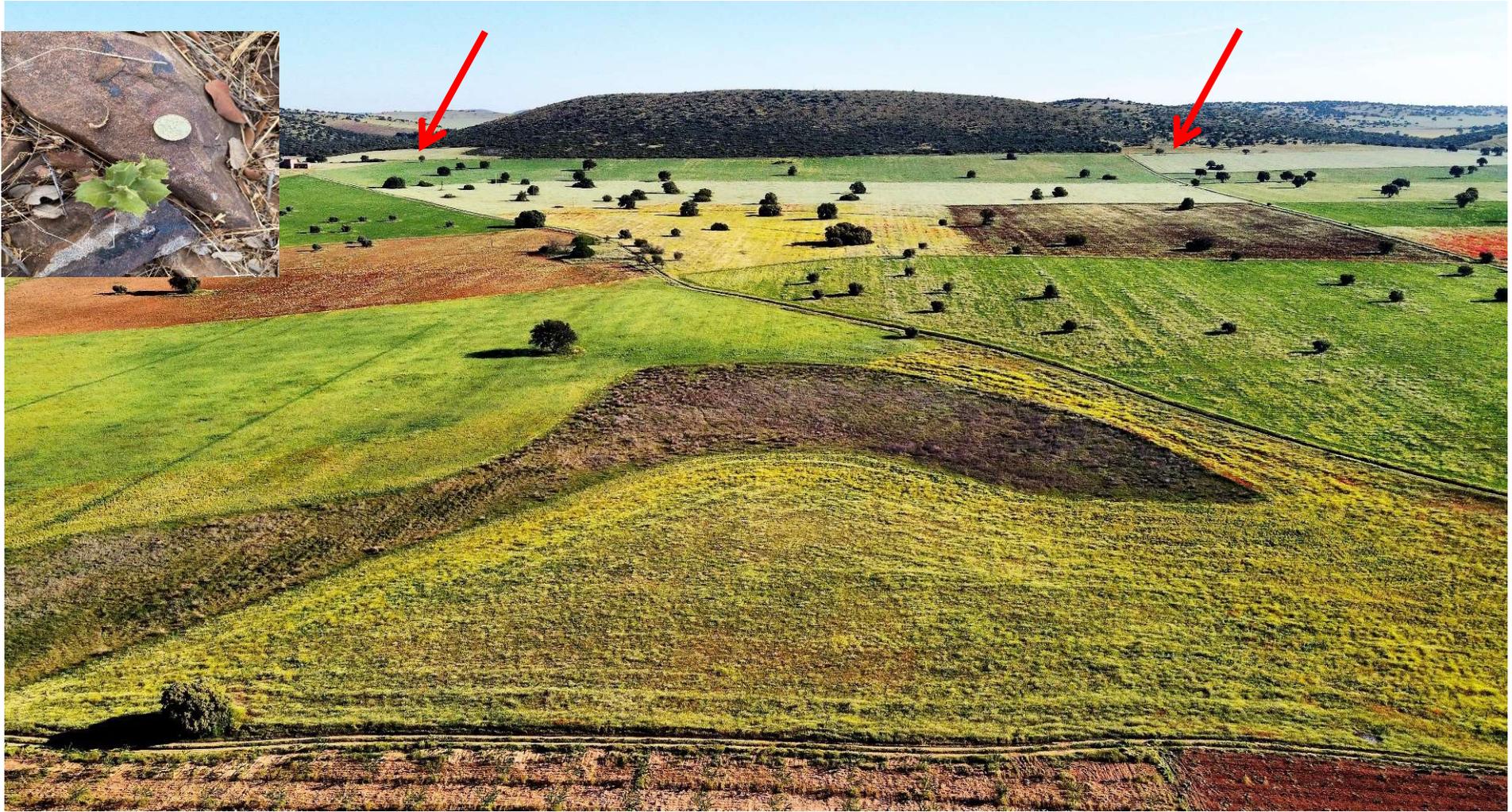
---

# Manejo y restauración forestal

- **Plantación de setos**
  - **Poda severa de encinas medianas y grandes decrepitas en la dehesa**
  - **Apeo de encinas grandes secas y su reemplazo por encinas jóvenes plantadas en la dehesa (1:10)**
  - **Resalveo del encinar denso y poda de los individuos dominantes**
  - **Separación de tierra para la restauración forestal asistida**
  - **Plantación de nuevas dehesas**
  - **Plantación de vegetación riparia**
-

## Acciones de separación de tierra

- Restauración de un humedal (no laboreo y siega de la hierba)
- Restauración espontánea y asistida del monte









# Para quedarme con la copla

- La renaturalización de los paisajes agrícolas y mixtos es una SbN con potencial para beneficiar a la biodiversidad y al clima mediante la creación de múltiples hábitats a diferentes escalas
- En un mundo donde sobran alimentos, debemos (1) transitar hacia los paisajes agrícolas multifuncionales, (2) restaurar tierra separada (\*restauración forestal) y (3) expandir los esquemas de la agricultura amiga de la biodiversidad y la agricultura de precisión
- Es clave (re)integrar la agricultura, la ganadería y elementos forestales (setos, islas forestales, sistemas agroforestales y otros)
- Es posible transformar tierra agrícola en ecosistemas naturales sin comprometer la producción global de alimentos, pero el triple beneficio de producción-biodiversidad-servicios ecosistémicos será logrado sólo a escala de paisaje
- Se necesita sensibilización del público, educación, capacitación, sostenibilidad financiera y políticas adecuadas para alcanzar estos objetivos.

# Agradecimientos



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA  
Y EL RETO DEMOGRÁFICO



Castilla-La Mancha  
Consejería de Agricultura,  
Ganadería y Desarrollo Rural

Instituto Regional de Investigación y  
Desarrollo Agroalimentario y Forestal  
de Castilla-La Mancha

IRIAF



Comunidad de Madrid

[www.madrid.org](http://www.madrid.org)



Remedinal  
network



Fundación Biodiversidad



FUNDACIÓN ESPAÑOLA  
PARA LA CIENCIA  
Y LA TECNOLOGÍA

Agradezco la ayuda de muchos estudiantes, colegas y revisores

¡Gracias!

<https://josemrey.web.uah.es/>; [josem.rey@uah.es](mailto:josem.rey@uah.es)