

Diagnóstico de los suelos agrícolas de Navarra con indicadores de adaptabilidad en diferentes estrategias de manejo

Iñigo Virto. Área Edafología.
Departamento de Ciencias
Universidad Pública de Navarra

XI Encuentro Estatal INTERVEGAS
Teruel, 17-19/10/2025



Diagnóstico de los suelos agrícolas de Navarra con indicadores de adaptabilidad en diferentes estrategias de manejo



C4.1: Optimización de la adaptabilidad de los agrosistemas al cambio climático mediante estrategias de gestión del suelo, la materia orgánica y los cultivos

1. Diagnóstico de los suelos agrícolas, **zonificación e indicadores de resiliencia**.
2. Demostración de **buenas prácticas para mejorar la resiliencia de los suelos**.
3. **Caracterización de una red de parcelas** demostrativas en suelos resilientes.
4. Elaboración de un **Plan de Gestión de la Resiliencia** para cada zona/tipo de explotación.
5. Acciones de implementación más allá de las parcelas experimentales (**2020-2025**)



Materia orgánica



A. Conservación

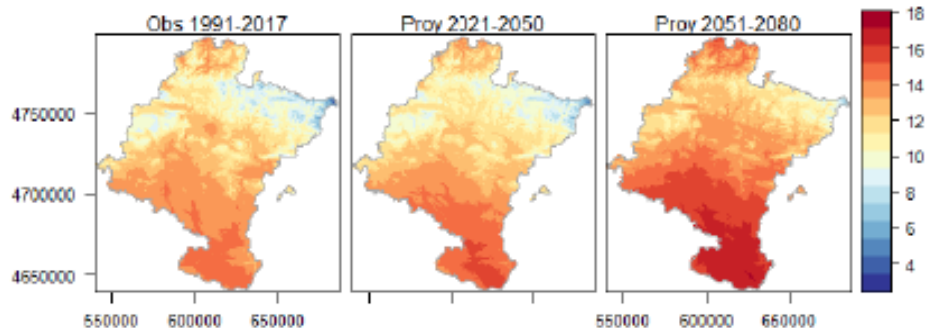


Rotaciones

Diagnóstico de los suelos agrícolas de Navarra con indicadores de adaptabilidad en diferentes estrategias de manejo

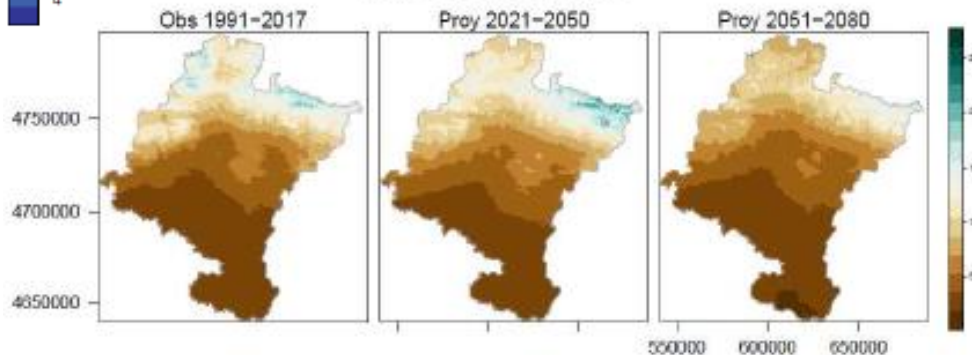
1. CAMBIOS PASADOS EN EL CLIMA y PREDICCIONES

Temperatura media (°C)



Aumento de las temperaturas
Avance de la aridez

Índice de aridez: Rivas



Diagnóstico de los suelos agrícolas de Navarra con indicadores de adaptabilidad en diferentes estrategias de manejo

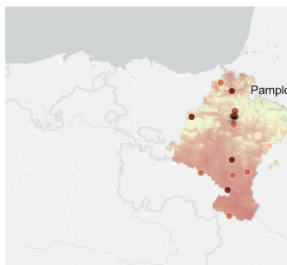
2. IMPACTOS ESPERADOS

<https://monitoring.lifenadapta.eu/pages/agricultura>

Temperatura media anual. Se analiza en una selección de estaciones meteorológicas la temperatura media anual para la serie desde el año 1961 hasta la actualidad, y se analizan las tendencias en los periodos 1961-1990 y 1991-2020 para cada estación ([ver datos y metadatos](#)).

Temperatura media

Tendencia de la media anual de temperatura
Periodo 1991-2020



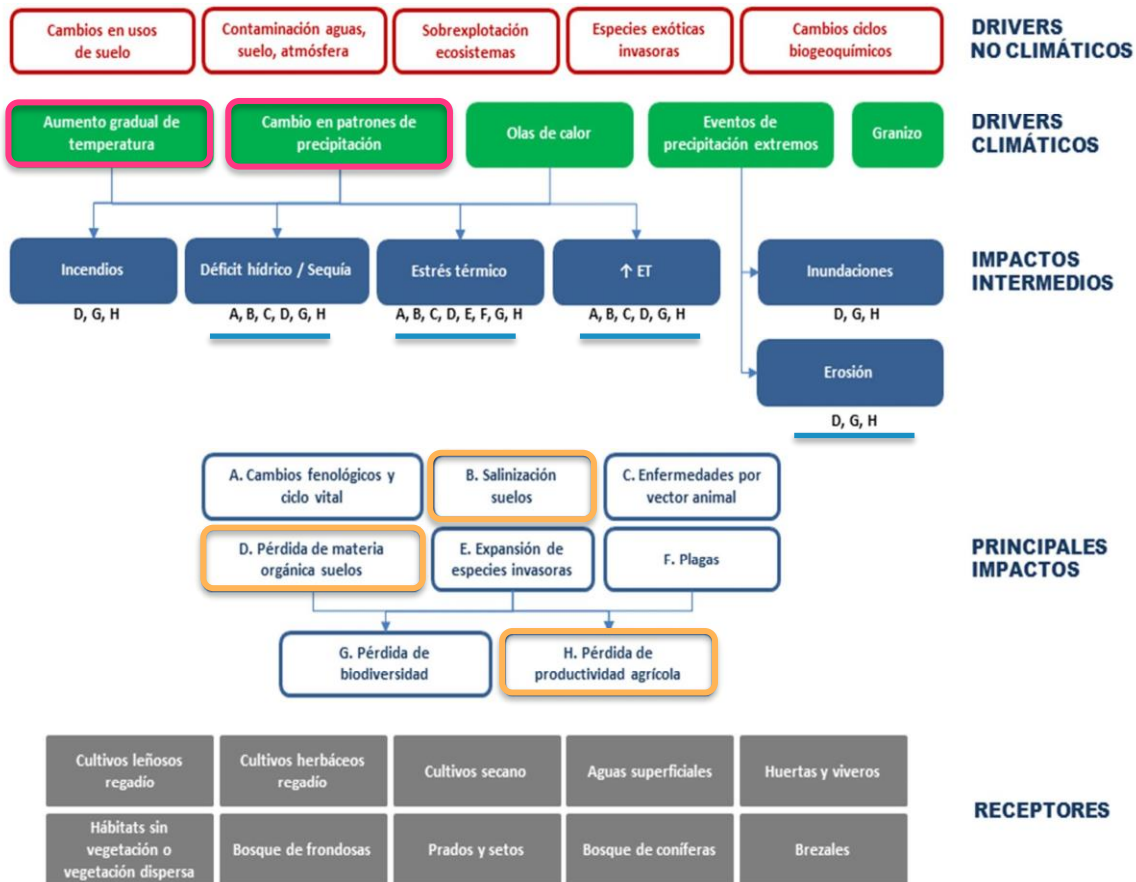
Instituto Geográfico Nacional, Esri, TomTom, Garmin, FAO, N

Tendencia de las estaciones meteorológicas

Periodo 1961-1990

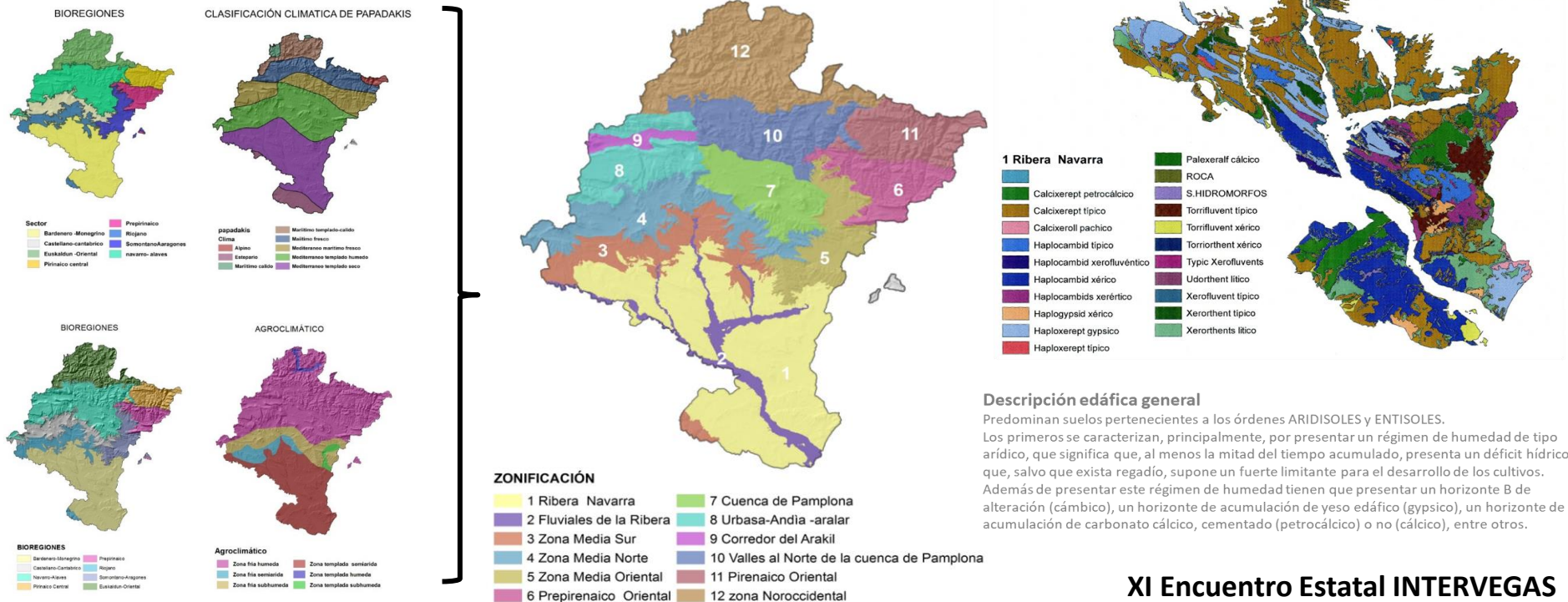


■ Tendencia ascendente significativa 5 ■ Ten
■ Tendencia no significativa 8 ■ Ten



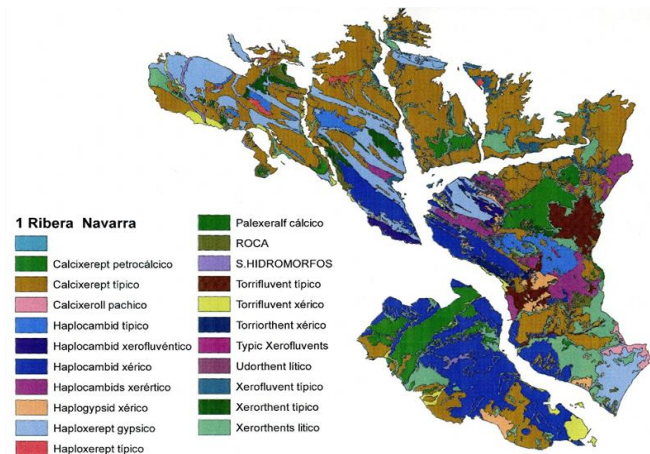
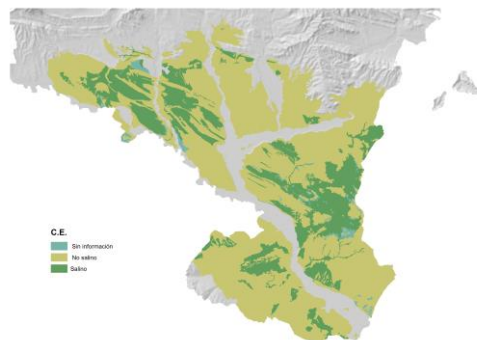
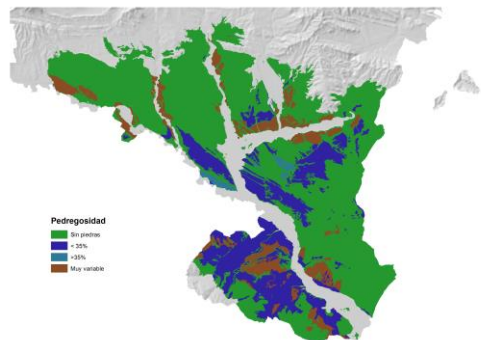
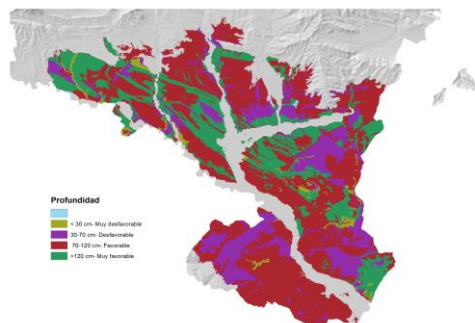
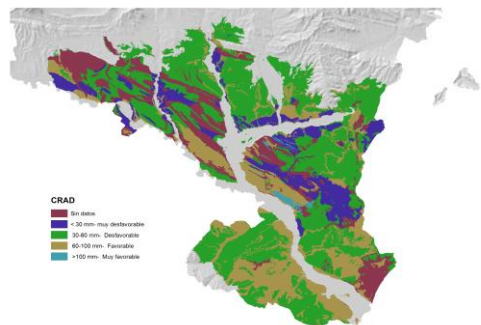
Diagnóstico de los suelos agrícolas de Navarra con indicadores de adaptabilidad en diferentes estrategias de manejo

3. VULNERABILIDAD DE LOS SUELOS



Diagnóstico de los suelos agrícolas de Navarra con indicadores de adaptabilidad en diferentes estrategias de manejo

3. VULNERABILIDAD DE LOS SUELOS



Descripción edáfica general

Predominan suelos pertenecientes a los órdenes ARIDISOLES y ENTISOLES. Los primeros se caracterizan, principalmente, por presentar un régimen de humedad de tipo arídico, que significa que, al menos la mitad del tiempo acumulado, presenta un déficit hídrico que, salvo que exista regadío, supone un fuerte limitante para el desarrollo de los cultivos. Además de presentar este régimen de humedad tienen que presentar un horizonte B de alteración (cámbico), un horizonte de acumulación de yeso edáfico (gypsic), un horizonte de acumulación de carbonato cálcico, cementado (petrocálcico) o no (cálcico), entre otros.

Diagnóstico de los suelos agrícolas de Navarra con indicadores de adaptabilidad en diferentes estrategias de manejo

4. ESTABLECIMIENTO DE UNA RED DE PARCELAS DE CONTROL



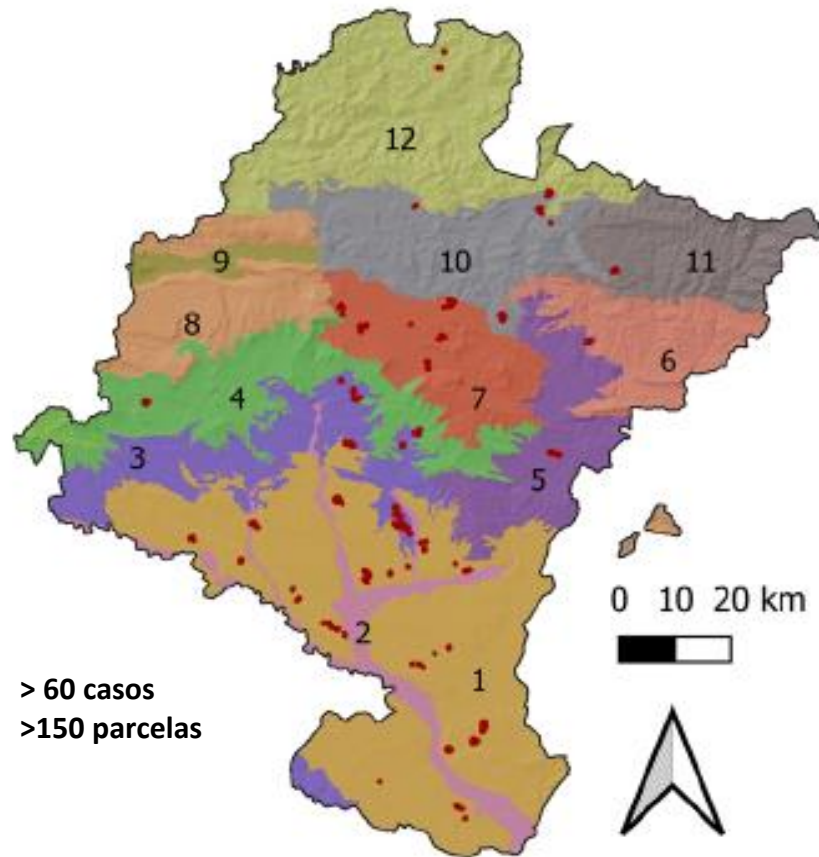
Materia orgánica



A. Conservación

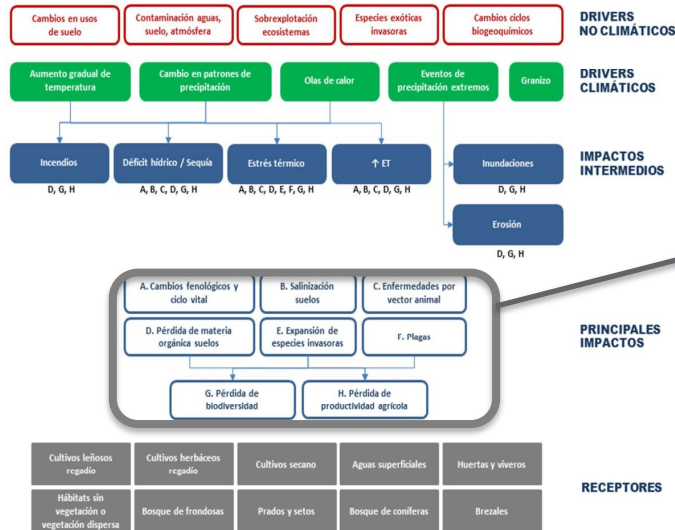


Rotaciones



Diagnóstico de los suelos agrícolas de Navarra con indicadores de adaptabilidad en diferentes estrategias de manejo

5. SELECCIÓN Y MEDIDA de INDICADORES EDÁFICOS de RESILIENCIA



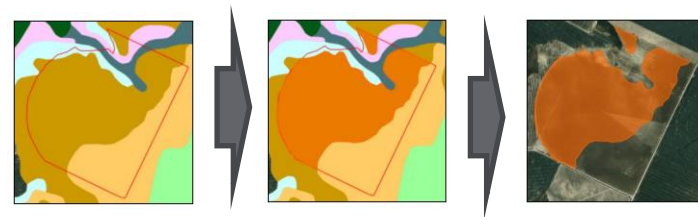
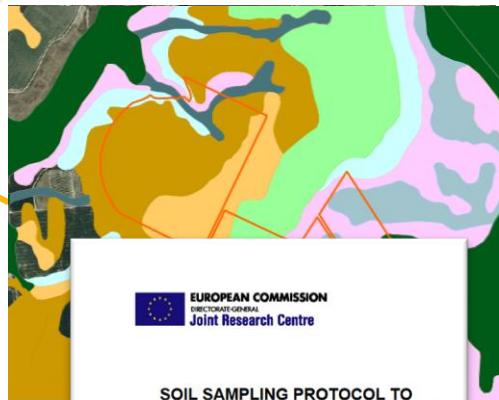
Drivers climáticos	Impactos NADAPTA		Diagnóstico de la vulnerabilidad/resiliencia	Indicadores para la evaluación
	Directos [suelos]	Directos [suelos]		
		D: Pérdida de materia orgánica	Asociada especialmente al horizonte superficial y muy dependiente del manejo, lo que requiere una evaluación local.	<i>C orgánico total horizonte labrado.</i> [0-15 cm para homogeneización]
- Aumento temperatura	- Estrés térmico	B: Salinización	A partir de la información existente sobre salinidad de suelos.	<i>Conductividad eléctrica horizonte superficial.</i> <i>Estabilidad estructural.</i>
- Cambio precipitaciones	- Aumento de la evapotranspiración	H: Pérdida de productividad	Asociada tanto a propiedades intrínsecas [textura, pedregosidad, profundidad de suelo, etc] como dinámicas [estructura, retención de agua, etc.]	<i>Capacidad de retención de agua disponible para las plantas [CRAD] en horizonte labrado.</i> <i>Densidad aparente.</i>
- Olas de calor	- Déficit hídrico/sequía			
- Eventos extremos precipitación	- Erosión		Asociada a la morfología del terreno, el manejo, las propiedades intrínsecas del suelo y las propiedades dinámicas del horizonte superficial.	<i>Estabilidad estructural.</i>

Diagnóstico de los suelos agrícolas de Navarra con indicadores de adaptabilidad en diferentes estrategias de manejo

5. SELECCIÓN y MEDIDA de INDICADORES EDÁFICOS de RESILIENCIA



Mapa de suelos 1:25000



EUROPEAN COMMISSION
DIRECTORATE GENERAL
Joint Research Centre

SOIL SAMPLING PROTOCOL TO
CERTIFY THE CHANGES OF ORGANIC
CARBON STOCK IN MINERAL SOIL OF
THE EUROPEAN UNION

Version 2

Vladimir Stolbovoy, Luca Montanarella, Nicola
Filippi, Arwyn Jones, Javier Gallego* and Giacomo
Grassi

Institute for Environment and Sustainability,
*Institute for the Protection and the Security of the Citizen

2007

Muestreo aleatorio
simple estratificado

Smart soil sampling



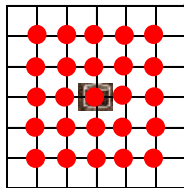
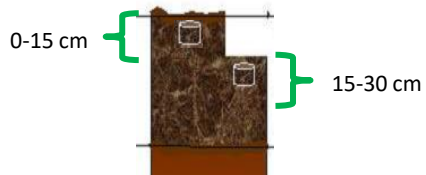
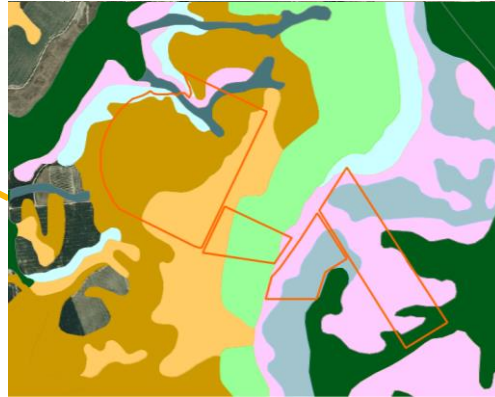
Manejos contrastados sobre la misma unidad
de suelo

Diagnóstico de los suelos agrícolas de Navarra con indicadores de adaptabilidad en diferentes estrategias de manejo

5. SELECCIÓN Y MEDIDA de INDICADORES EDÁFICOS de RESILIENCIA



Mapa de suelos 1:25000

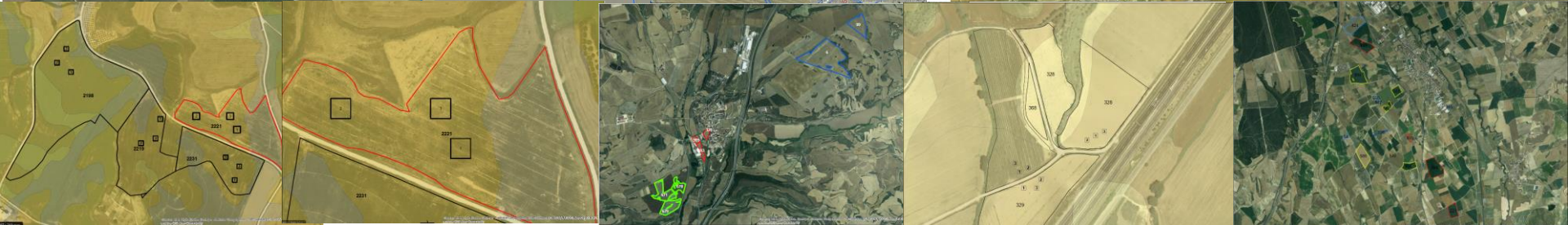
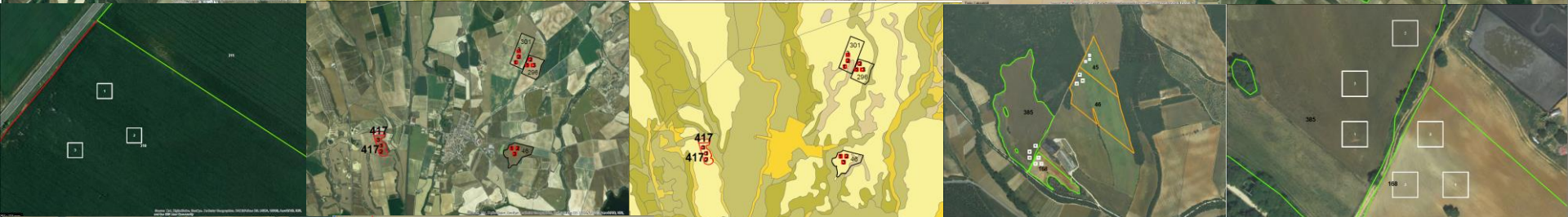


● 25 submuestras → 1 muestra compuesta

■ Punto central → Muestreo densidad aparente

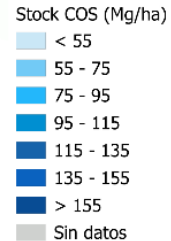
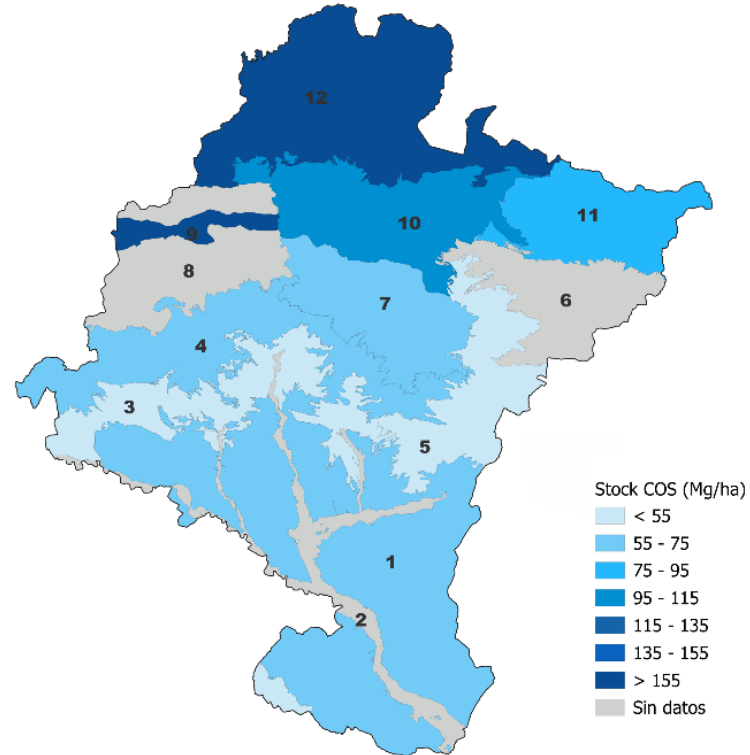
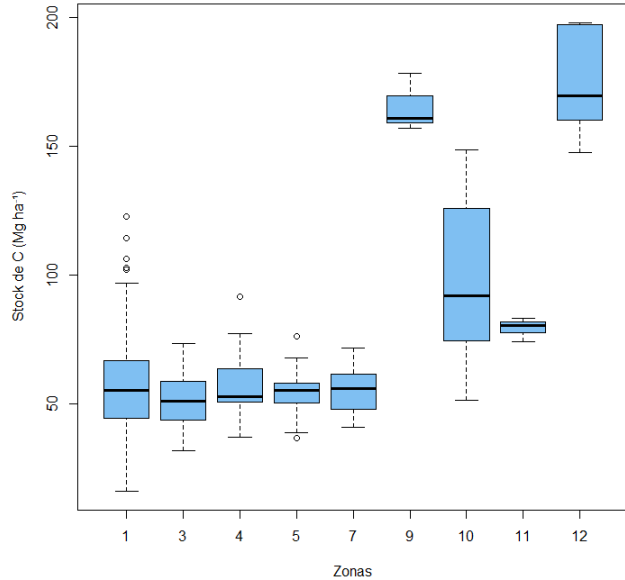
80	78	12	90	76	23	41	99	2	
60	29	87	48	66	7	92	19	45	57
70	80	10	79	40	88	33	78	21	83
77	28	91	93	16	67	54	51	37	15
64	32	47	35	24	58	8	53	71	
25	56	1	72	43	37	70	91	18	
59	41	68	39	22	85	17	42	74	
30	39	35	19	100	1	73	61	82	3
62	55	63	1	46	70	50	27	96	6
8	82	26	36	89	6	66	7	43	8

Manejos contrastados sobre la misma unidad de suelo



Diagnóstico de los suelos agrícolas de Navarra con indicadores de adaptabilidad en diferentes estrategias de manejo

6. EVALUACIÓN del ESTADO DE LOS SUELOS con respecto a los indicadores



Diagnóstico de los suelos agrícolas de Navarra con indicadores de adaptabilidad en diferentes estrategias de manejo

6. EVALUACIÓN del ESTADO DE LOS SUELOS con respecto a los indicadores



Materia orgánica



A. Conservación



Rotaciones

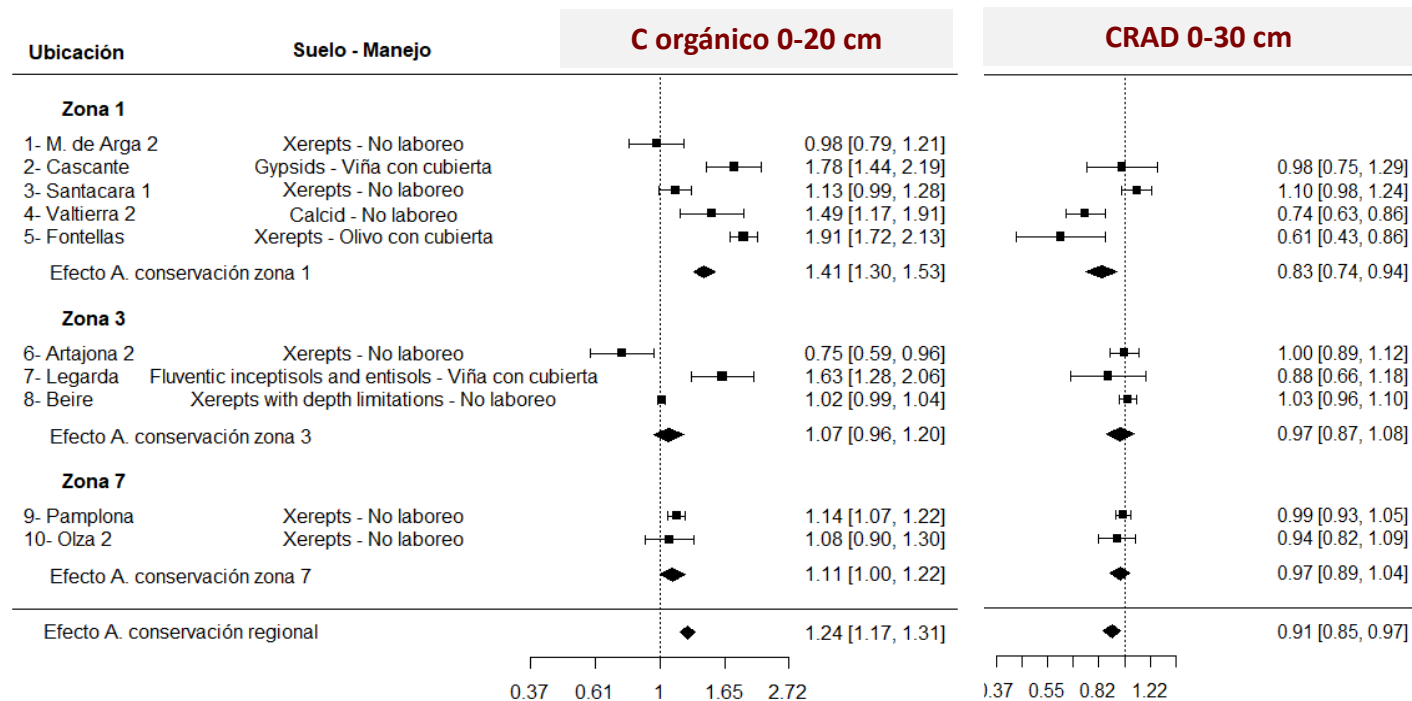
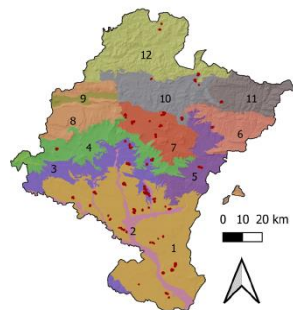


Figura 1. Gráfico "de bosque" para los ratios de respuesta (RR) frente al manejo convencional (vertedera), para los diferentes indicadores considerados en la parcela Ilundain Bosque (Agricultura de Conservación).

Diagnóstico de los suelos agrícolas de Navarra con indicadores de adaptabilidad en diferentes estrategias de manejo

6. EVALUACIÓN del ESTADO DE LOS SUELOS con respecto a los indicadores

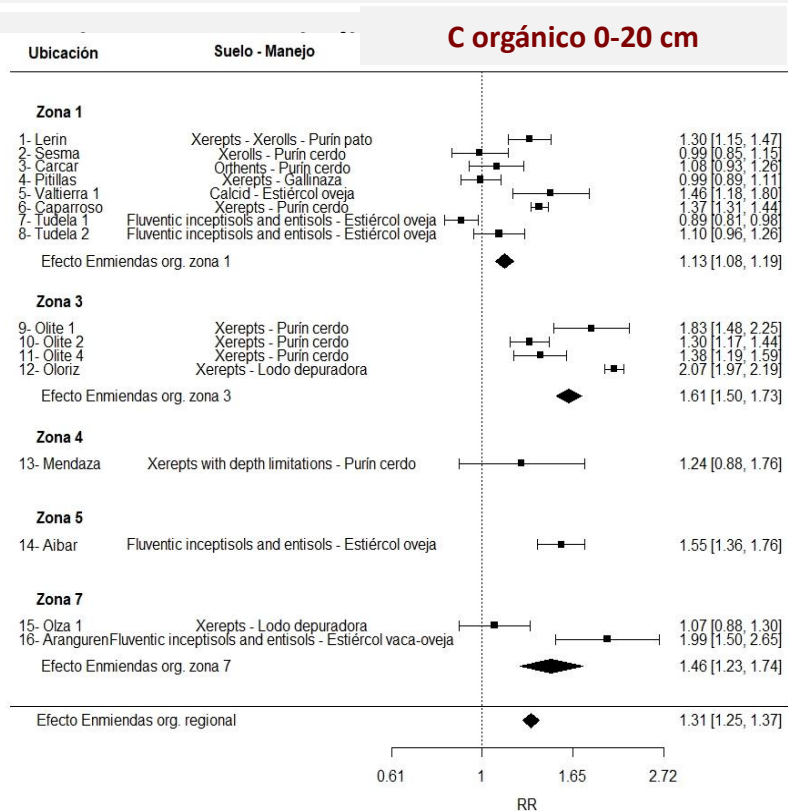
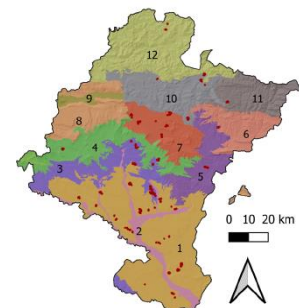
Evaluación de las estrategias por zona e indicador



Diagnóstico de los suelos agrícolas de Navarra con indicadores de adaptabilidad en diferentes estrategias de manejo

6. EVALUACIÓN del ESTADO DE LOS SUELOS con respecto a los indicadores

Evaluación de las est



Diagnóstico de los suelos agrícolas de Navarra con indicadores de adaptabilidad en diferentes estrategias de manejo

6. EVALUACIÓN del ESTADO DE LOS SUELOS con respecto a los indicadores

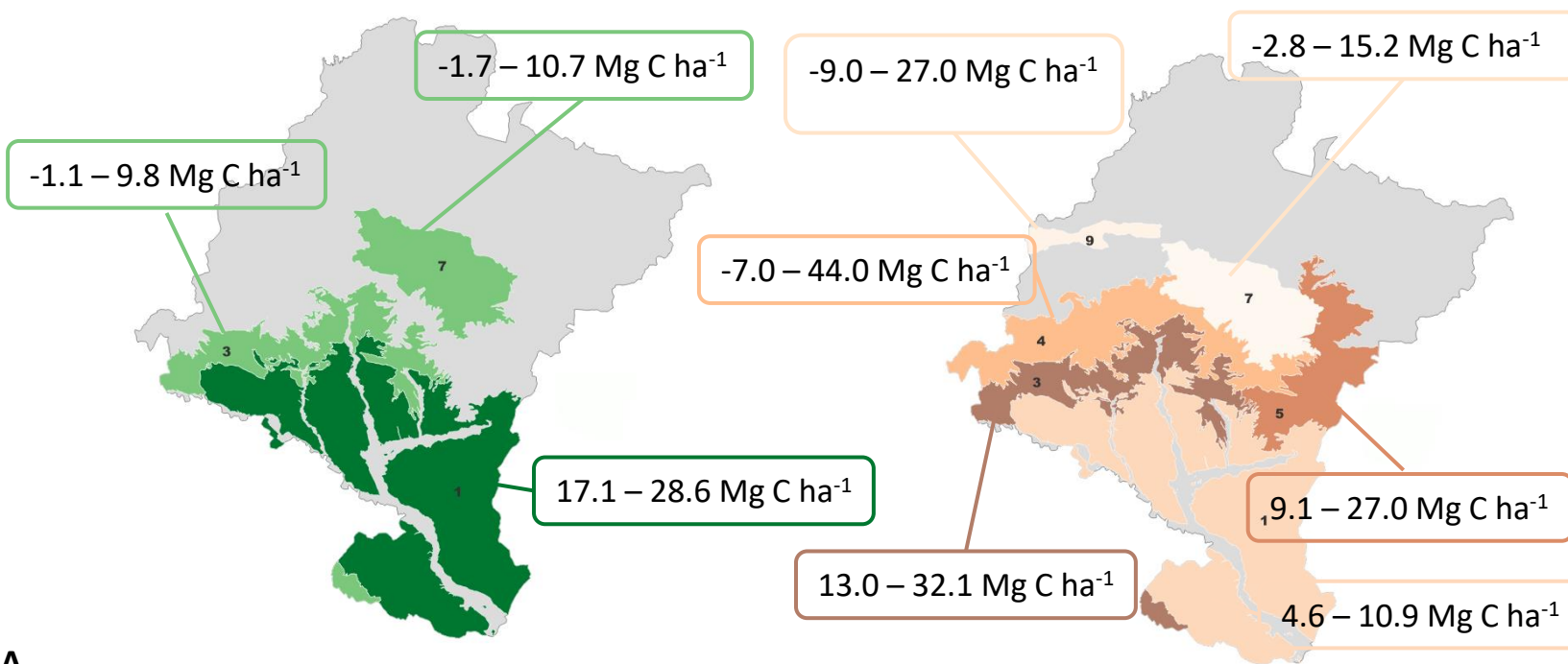
Evaluación de las estrategias por zona e indicador



Materia orgánica



A. Conservación



Diagnóstico de los suelos agrícolas de Navarra con indicadores de adaptabilidad en diferentes estrategias de manejo

7. EVALUACIÓN de la evolución en el TIEMPO

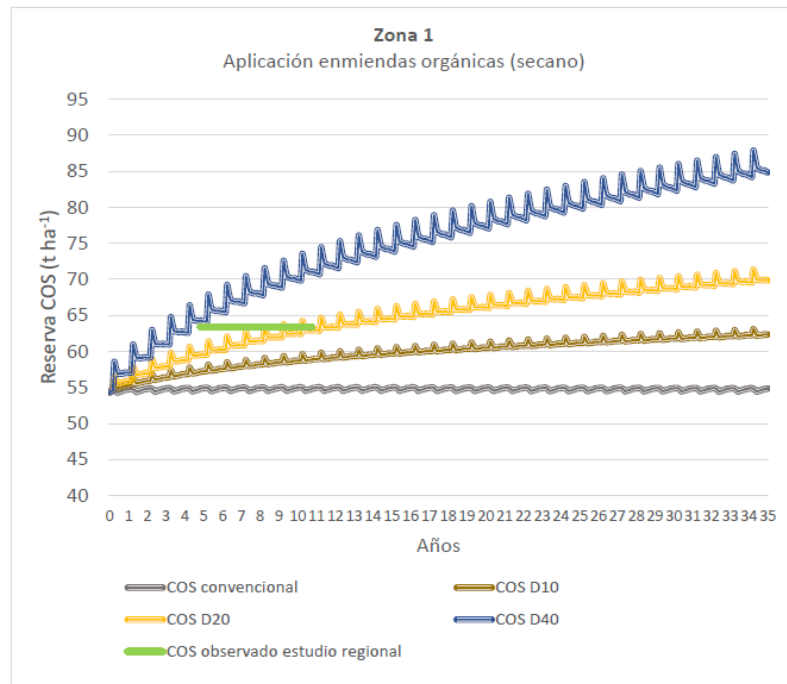
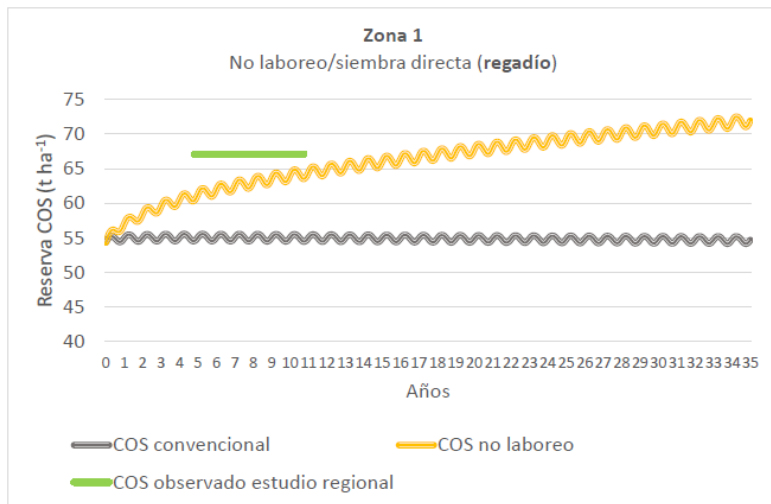
Evaluación de las estrategias por zona e indicador



Materia orgánica



A. Conservación



Diagnóstico de los suelos agrícolas de Navarra con indicadores de adaptabilidad en diferentes estrategias de manejo

7. EVALUACIÓN de la evolución en el TIEMPO

Evaluación de las estrategias por zona e indicador



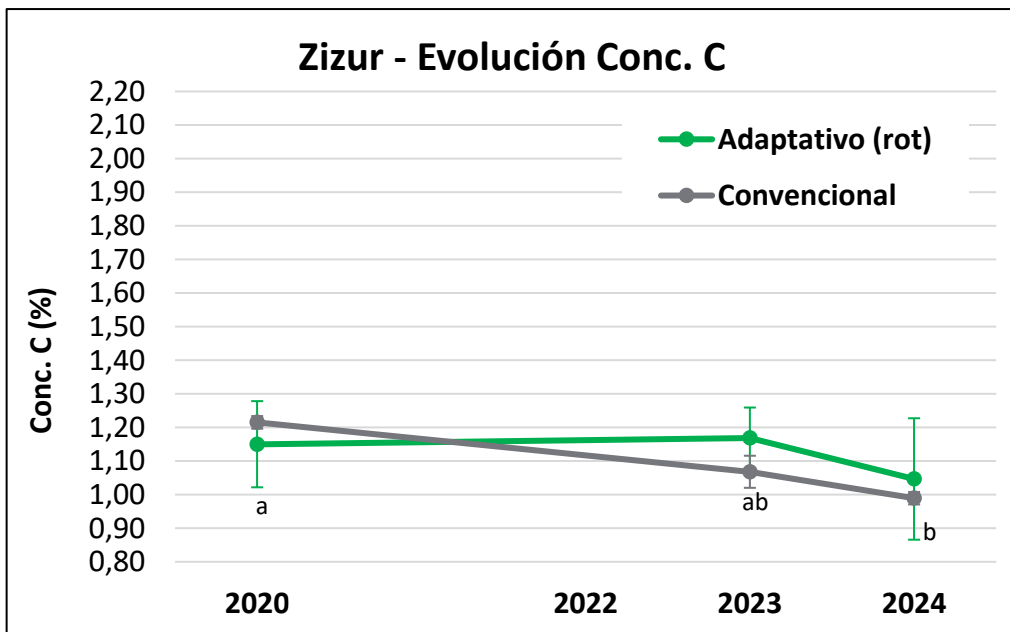
Materia orgánica



A. Conservación



Rotaciones

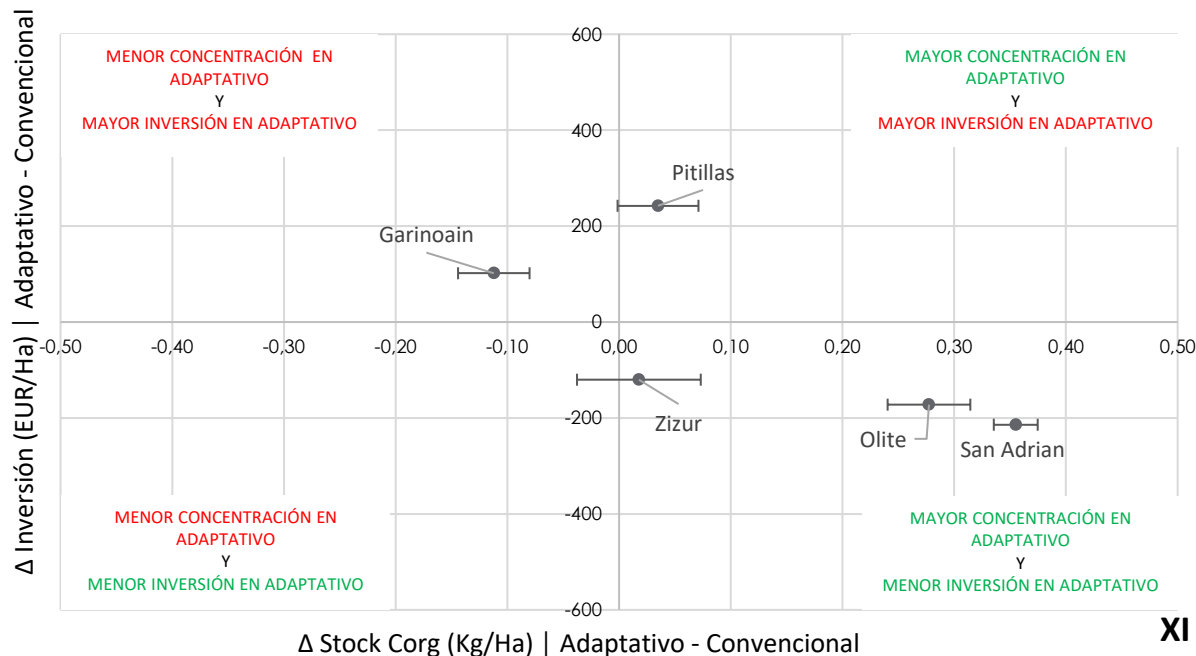


Diagnóstico de los suelos agrícolas de Navarra con indicadores de adaptabilidad en diferentes estrategias de manejo

7. EVALUACIÓN COMBINADA DE PARÁMETROS DE SUELO Y OTROS

Promedio campañas 2020/2021 y 2023/2024

Δ Stock Corg / Δ Inversión (Kg/EUR) | Adaptativo - Convencional



Diagnóstico de los suelos agrícolas de Navarra con indicadores de adaptabilidad en diferentes estrategias de manejo

RESUMEN - CONCLUSIONES

Una **evaluación de los suelos agrícolas** en función de sus condiciones de manejo, necesita:

- **Conocer bien los suelos** y sus características naturales o “genéticas”
- **Definir la finalidad de la evaluación** y elegir los **indicadores adecuados**
- En lo posible, generar un **muestreo aleatorio pero representativo**
- Definir un **horizonte temporal** de la evaluación

En el caso concreto de este estudio, la evaluación ha permitido:

- Conocer qué **manejos** resultan en **ganancias o pérdidas de C orgánico, CRAD o compactación**.
 - Las estrategias más eficaces para aumentar el COS son las que implican aportes externos (pero no las únicas)
 - El cambio en parámetros físicos es difícil de observar (o al menos, de cuantificar)
 - Las condiciones edafoclimáticas de cada zona pueden hacer variar los resultados
- Contrastar la **evolución real con las predicciones de los modelos**
- **Integrar los resultados de indicadores de suelo con otros** de interés (socioeconómicos y otros)

Diagnóstico de los suelos agrícolas de Navarra con indicadores de adaptabilidad en diferentes estrategias de manejo

Iñigo Virto. Área Edafología.
Departamento de Ciencias
Universidad Pública de Navarra

XI Encuentro Estatal INTERVEGAS
Teruel, 17-19/10/2025

