

**Interreg
Sudoe**



Co-funded by
the European Union

Phos4Cycle

Jornada Phos4Cycle



**Gobierno
de La Rioja**



Instituto de
Ciencias de la
Vid y del Vino



Gobierno
de La Rioja



CONSEJO SUPERIOR
DE INVESTIGACIONES
CIENTÍFICAS



UNIVERSIDAD
DE LA RIOJA

Manejo sostenible y calidad del suelo

El fósforo en suelos agrarios

Logroño, 28 de noviembre 2024

Fósforo

- 1. Cerca de tres cuartas partes del fósforo total (en todas sus formas químicas) se emplean como fertilizante.
- 2. Representa aprox. 0,1% de la corteza terrestre, y Marruecos posee más del 77% de los recursos, y 2/3 de la producción la controla junto con China y EEUU.
- 3. La liberación mineral a formas asimilables es muy lenta.
- 4. ¿Suelos sin fósforo o con bajo fósforo disponible en Europa?.
- 5. Uno de los responsables de la eutrofización de aguas.
- 6. Elemento poco estudiado.

Elementos esenciales

Criterios de Esenciabilidad (Arnon and Stout, 1939)

Imprescindible: Sin el elemento, la planta no puede cumplir el ciclo vegetativo y reproductivo.

Insustituible: Deficiencia **específica** para cada elemento, sólo corregida aportando ese elemento concreto.

Elemento envuelto directamente en un proceso metabólico de la planta, ya sea:

- **Constituyente** de un metabolito esencial.
- Imprescindible en un paso **metabólico** concreto.

Elementos esenciales

Elementos esenciales

Macroelementos:

C
O

H

N
PK
CaMg
S

Microelementos:

Fe
MnCu
ZnB
MoCl
(Ni, Co, Se)

Esenciales para algunos cultivos y Beneficiosos

Si
NaVa
CoAl
SrBa
Ru

Necesidades de nutrientes

¿Necesidades?

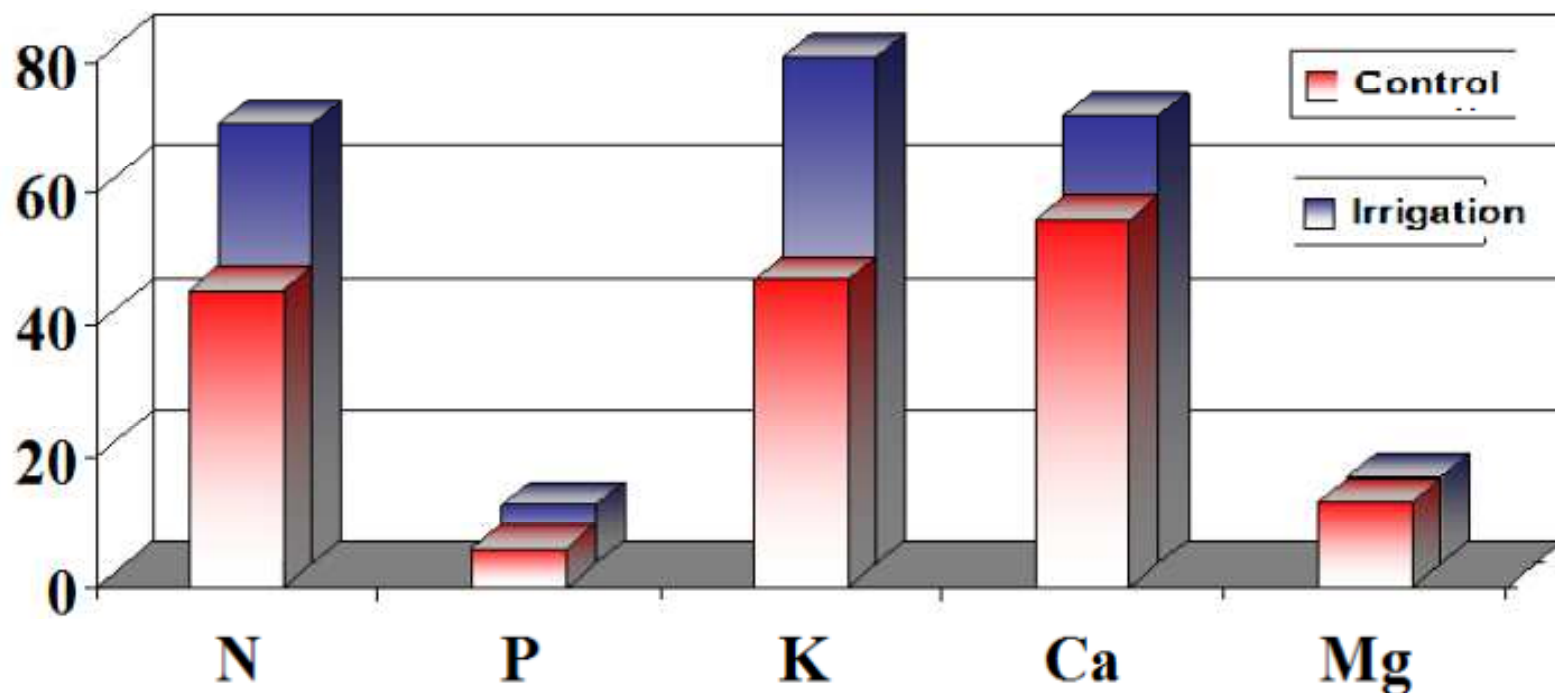
Nutrient	Average uptake
N	52 (20-70)
P ₂ O ₅	16 (4-25)
K ₂ O	60 (20-70)
CaO	73 (40-120)
MgO	15 (5-25)

10% a madera, raíces y reservas



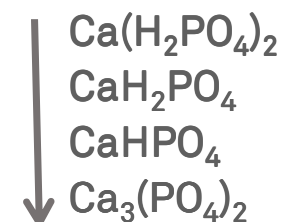
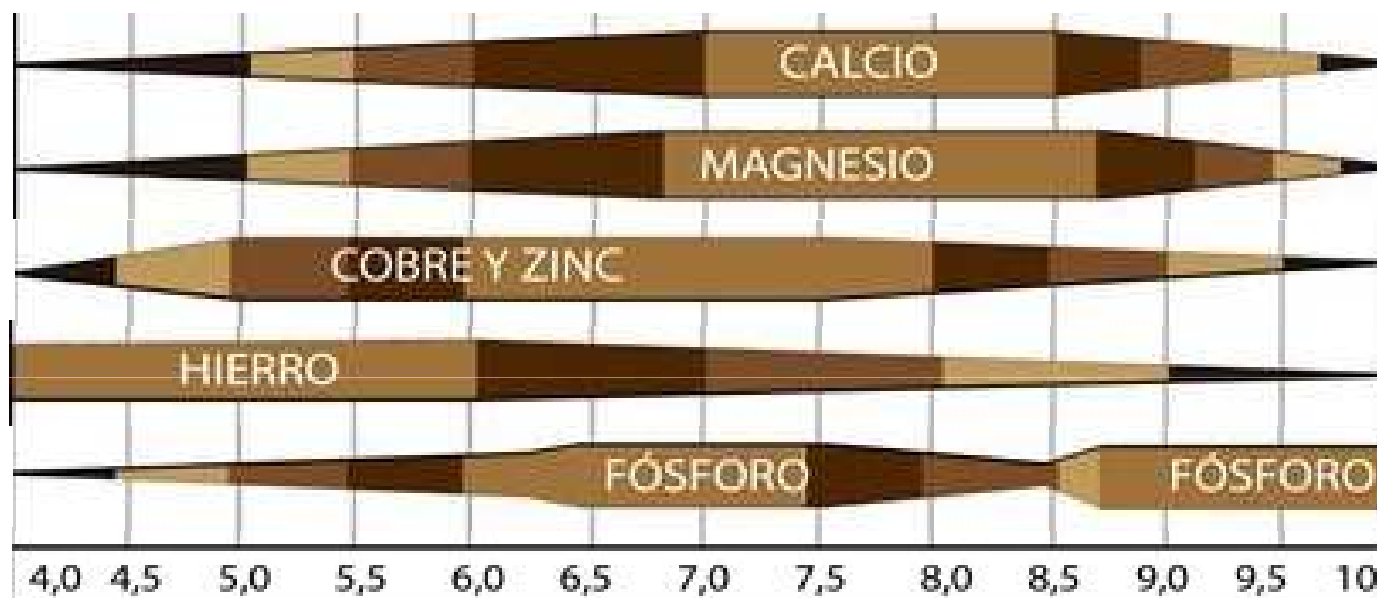
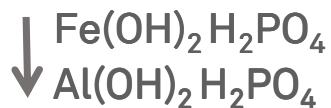
Necesidades de nutrientes

- Ensayo: 1994 (Alfaro, Rioja Baja)
- Variedad: Tempranillo / R-110
- Plantación: 1982
- Tratamientos:
 - Secano
 - Riego



García-Escudero et al.

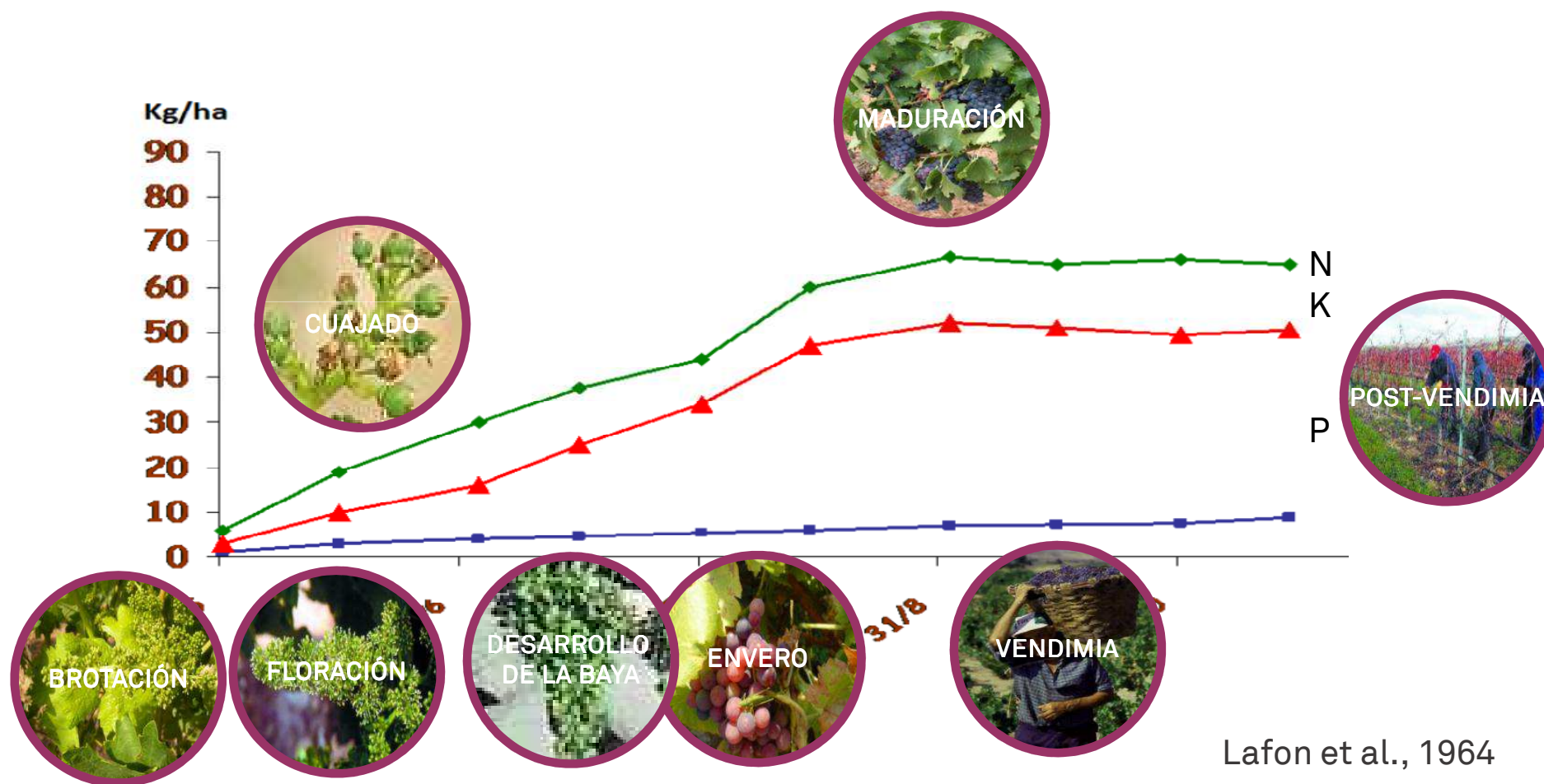
Fósforo en el suelo en f(pH)



- Arcillas- HPO_4
- Arcillas-Ca- HPO_4^-
- Fe, Mg, Al, ...
- M.org-COO-Ca- H_2PO_4

• Microorganismos

Necesidades de nutrientes



Métodos de análisis

• Método Mehlich I

HCl 50 mM + H₂SO₄ 12,5 mM

- Infravalora la disponibilidad de P ligado a Ca, Al y Fe
- No muy bueno en suelos arcillosos
- No recomendable en suelos alcalinos

• Método Mehlich III

HNO₃ 13mM + NH₄NO₃ 0,25M
CH₃COOH 0,2N + NH₄F 15mM
EDTA 1mM pH 2,5

- Mejora la valoración de P disponible ligado a Al y Ca

• Método Olsen

NaHCO₃ 0,5M + EDTA 10mM
+ 0,5 g de Superfloc 127

- El P aumenta según aumenta el pH
- Superfloc es un floculante aniónico

• Método Bray-Kurtz

NH₄F 30mM + HCl 25mM

- Para suelos ácidos

Referencias



P Olsen (ppm)	Muy bajo	Ópt. Vid	Óptimo Secano	Alto	Muy alto
Arenoso	0 - 4	5 - 8	9 - 12	13 - 20	21 - 32
Franco	0 - 6	7 - 12	13 - 18	19 - 30	31 - 48
Arcilloso	0 - 8	9 - 16	17 - 24	25 - 40	41 - 64
			Riego		
Arenoso	0 - 6	7 - 12	13 - 18	19 - 30	31 - 48
Franco	0 - 8	9 - 16	17 - 24	25 - 40	41 - 64
Arcilloso	0 - 10	11 - 20	21 - 30	31 - 50	51 - 80
			Riego intensivo		
Arenoso	0 - 8	9 - 16	17 - 24	25 - 40	41 - 64
Franco	0 - 10	11 - 20	21 - 30	31 - 50	51 - 80
Arcilloso	0 - 12	12 - 24	25 - 36	36 - 60	61 - 96

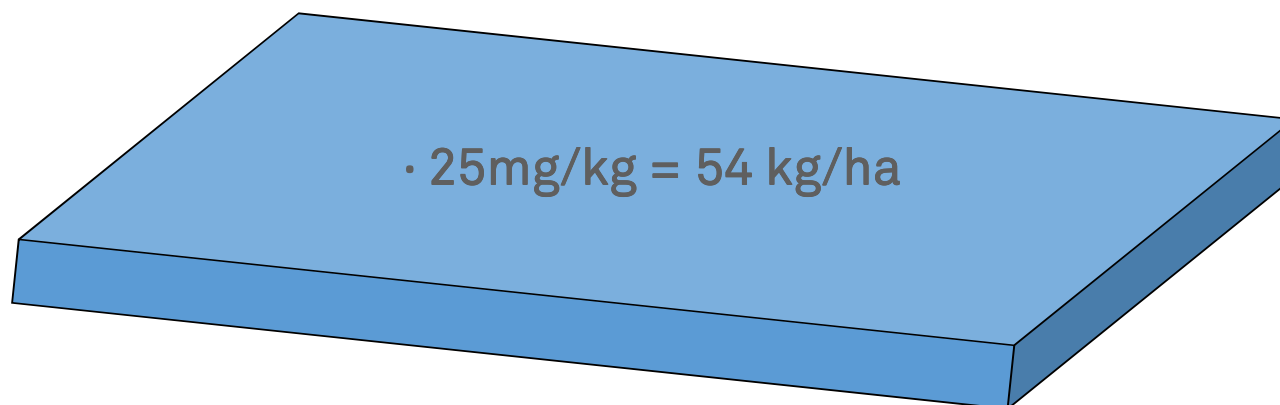
Referencias

P Olsen (ppm)		Muy bajo	Bajo	Óptimo	Alto	Muy alto
Yáñez, (1989)				Secano		
Arenoso		0 - 4	5 - 8	9 - 12	13 - 20	21 - 32
Franco		0 - 6	7 - 12	13 - 18	19 - 30	31 - 48
Arcilla		0 - 8	9 - 16	17 - 24	25 - 40	41 - 64
P Olsen (ppm)		Muy bajo	Bajo	Óptimo	Alto	Muy alto
López y López, (1978)				Cereal, forraje, Maíz, Patata tardía		
Areno/franco		0 - 5	5 - 15	15 - 25	25 - 35	> 35
Arcilla		0 - 3	3 - 8	8 - 13	13 - 18	> 18
				Remolacha, frutales, patata temprana		
Areno/franco		0 - 9	9 - 19	19 - 37	37 - 72	> 72
Arcilla		0 - 6	6 - 11	11 - 21	21 - 41	> 41
				Hortícolas y ornamentales		
Areno/franco		0 - 17	17 - 35	35 - 71	71 - 142	> 142
Arcilla		0 - 11	11 - 21	21 - 41	41 - 80	> 80

Disponibilidad de P vs Necesidades

40% áridos

$$1 \text{ ha} = 10.000 \text{ m}^2 \times 0.3 \text{ m} \times 1,2 \text{ T/m}^3 = 3600 \text{ T/ha} \longrightarrow = 2160 \text{ T/ha}$$



• Necesidades anuales vid:

Nutrient	Average uptake
N	52 (20-70)
P ₂ O ₅	16 (4-25)
K ₂ O	60 (20-70)
CaO	73 (40-120)
MgO	15 (5-25)

Necesidades de nutrientes

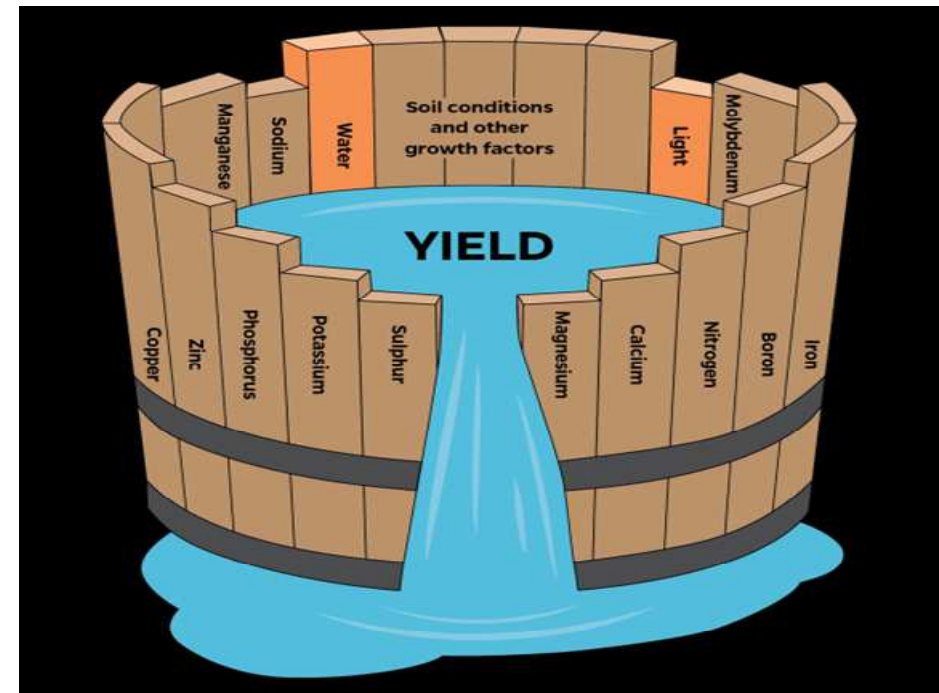
Von Liebig (1840)

Ley del mínimo: El crecimiento o desarrollo está limitado por el elemento con mayor deficiencia (en términos relativos)

Factor limitante:

Mejorar los demás factores no mejorará el estado de la planta ni ayudará a alcanzar los objetivos de producción.

Ley de restitución: Si no se restituyen los elementos consumidos, aparecerán nuevas limitaciones.



Fertilizantes con fósforo

- 1. Superfosfato : $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$
- 2. Superfosfato concentrado: $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{H}_3\text{PO}_4$
- 3. Ácido fosfórico: H_3PO_4
- 4. Fertilizantes compuestos NPK (N-P₂O₅-K₂O):
 - $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$
 - $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$
 - NP, NPK, PK
- 5. Escorias, fertilizantes, residuos orgánicos o minerales:
 - Escoria Thomas. $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)\text{SiO}_2$
 - Etc...

Fertilizantes con fósforo

- 1. Fertilizante $\text{N-P}_2\text{O}_5\text{-K}_2\text{O}$: 15 – 15 – 15 → N-P-K: 15–11,6– 14
- 2. Necesidades de viñedo (Kg/ha): 45 (N) – 15 (P) – 45 (K)
- 3. Si ajustamos el N: 300 kg/ha (35 kg P y 42 de K)
- 4. Si ajustamos el K: 321 kg/ha (48 kg N y 37 de P)

Pérdidas de fósforo

- 1. Elemento poco móvil que difícilmente se filtraría por lixiviación.
- 2. La actividad biológica acaba facilitando la disponibilidad.
- 3. Los excesos no se padecen aparentemente.

Interreg
Sudoe



Co-funded by
the European Union

Phos4Cycle

Pérdidas de fósforo



FRANCIA

- FRI Nouvelle-Aquitaine (FRI3 Poitou-Charentes, FRI1 Aquitaine, FRI2 Limousin),
- FRJ Occitanie (FRJ2 Midi-Pyrénées, FRJ1 Languedoc-Roussillon)
- FRK1 Auvergne

ESPAÑA

- ES11 Galicia
- ES12 Principado de Asturias
- ES13 Cantabria
- ES21 País Vasco
- ES22 Comunidad Foral de Navarra
- ES23 La Rioja
- ES24 Aragón
- ES30 Comunidad de Madrid
- ES41 Castilla y León
- ES42 Castilla-La Mancha
- ES43 Extremadura
- ES51 Cataluña
- ES52 Comunidad Valenciana
- ES53 Illes Balears
- ES61 Andalucía
- ES62 Región de Murcia
- ES63 Ciudad Autónoma de Ceuta
- ES64 Ciudad Autónoma de Melilla

PORTUGAL

- PT11 Norte
- PT15 Algarve
- PT16 Centro (PT)
- PT17 Lisboa
- PT18 Alentejo

ANDORRA

- AND Andorra



Jornada Phos4Cycle

SUDOE, 2024-2026

Consorcio Phos4Cycle

Duración del proyecto:

01/01/2024 - 31/12/2026

Grupo de Investigación principal: ITAGRA

Centro Tecnológico Agrario y Agroalimentario (CyL)

ENTIDADES PARTICIPANTES

Consorcio

	País	Entidad	
1	España	ITAGRA Centro Tecnológico Agrario y Agroalimentario	
2	España	Gobierno de la Rioja Dirección General de Agricultura y Ganadería	
3	España	FEDEHESA Federación Española de la Dehesa	
4	España	AQUACORP	
6	Portugal	ESAC - Escola Superior Agrária de Coimbra	
7	Portugal	CALCOB - Cooperativa	
8	Francia	ITAVI – Institut technique des filière avicole, cunicole et piscicole	
9	Francia	ADERA UT2A – Laboratoire d'Analyses Chimiques	

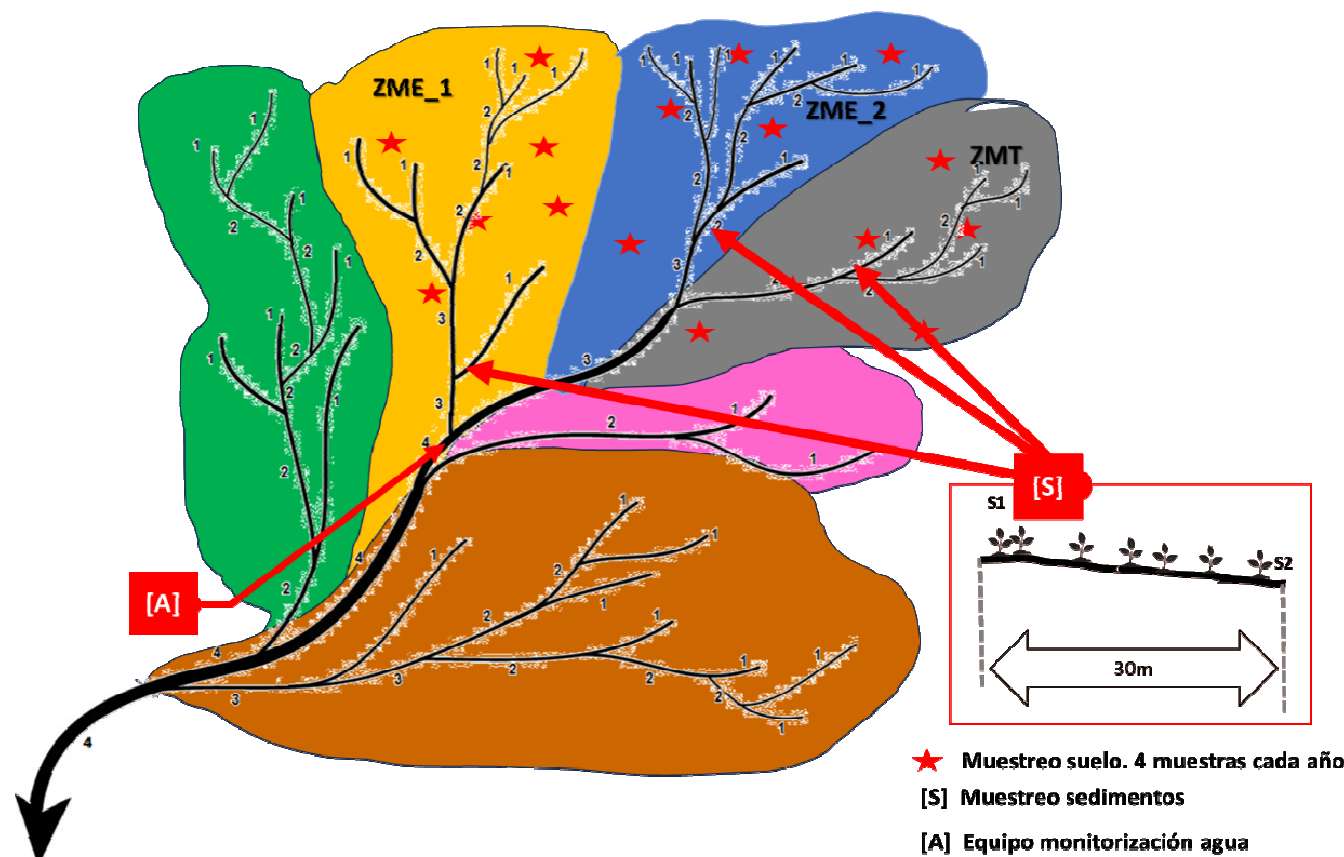
PILOTOS DE MONITORIZACIÓN DE FOSFATOS:

1. Sub-piloto 1: ES – Castilla y León – ITAGRA – REGADÍO: CEREAL
2. Sub-piloto 2: ES – La Rioja – Gob. Rioja – CULTIVOS PERMANENTES (VID Y OLIVO)
3. Sub-piloto 3: ES – Extremadura – FEDEHESA – GANADERÍA EXTENSIVA DE DEHESA
4. Sub-piloto 4: PT – Región Centro/Coimbra – ESAC – REGADÍO: HORTÍCOLAS
5. Sub-piloto 5: PT – Región Centro/Aveiro – ESAC – GANADERÍA INTENSIVA
6. Sub-piloto 6: FR – Nouvelle Aquitaine – ITAVI – AVICULTURA EXTENSIVA

Objetivos

ESTRATEGIAS PARA LA REDUCCIÓN DE FOSFATOS:

1. Desarrollar una **estrategia de actuación** de prácticas agroganaderas y un **plan de acción** para la adopción de dicha estrategia.
2. Diseño de **monitorización del flujo** de fosfatos en 6 sistemas agropecuarios diferentes para desarrollar un **modelo de predicción del riesgo de contaminación**.
3. Definición de un **plan de formación** de agricultores y ganaderos.
4. **Comunicación y difusión** del proyecto.



Actividad 2:

Establecimiento de parcelas experimentales para cada piloto.

01/03/2024 - 30/06/2024

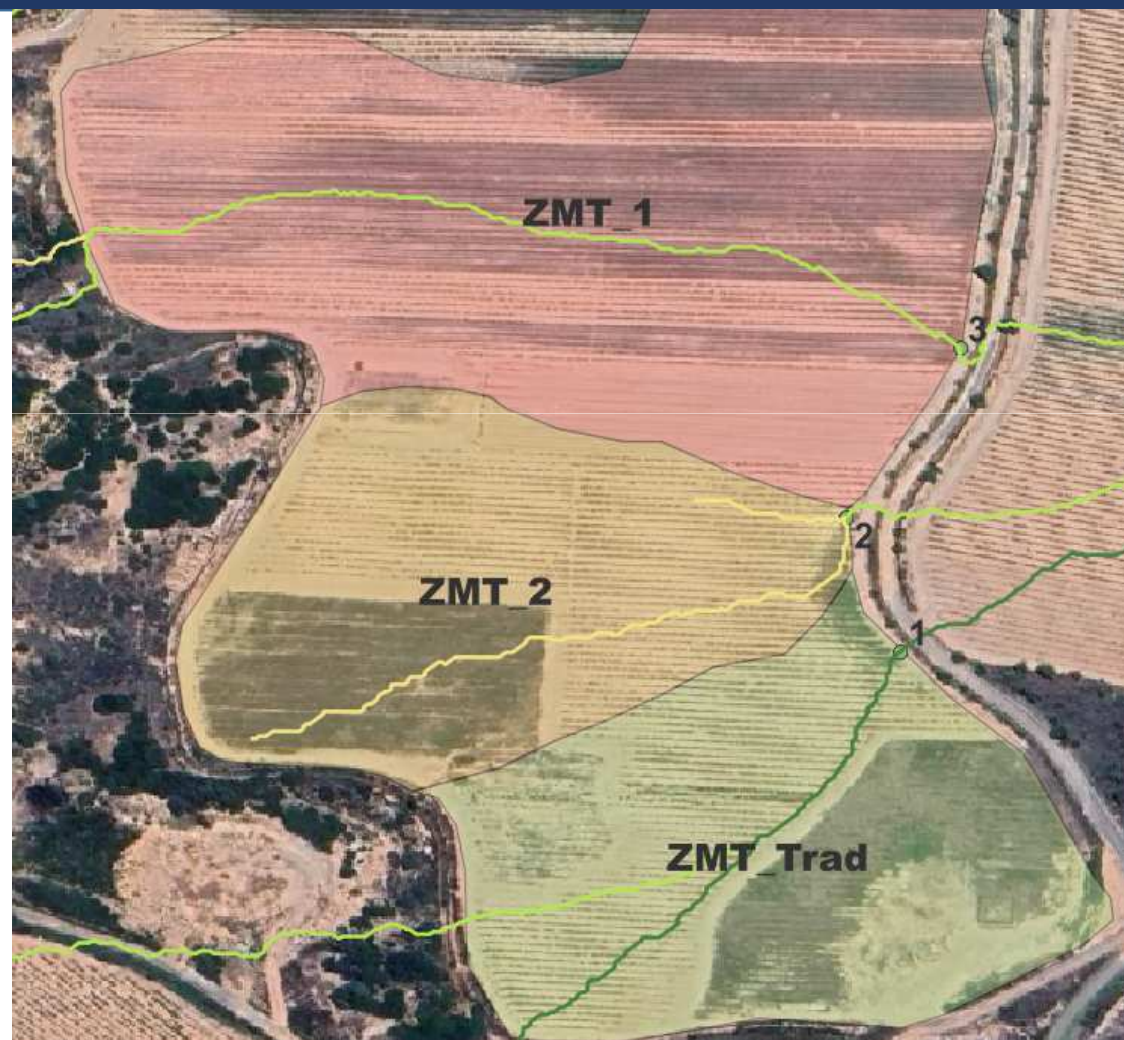
TÉCNICAS EXPERIMENTALES PROPUESTAS:

- 1. Empleo de biochar combinado con la fertilización de fosforo.**
2. Empleo de tecnologías de dosificación variable en función de los suelos/cultivos.
- 3. Empleo de cubiertas vegetales para reducir la erosión hídrica.**
4. Ajuste de fosforo en las raciones ganaderas.
5. Desarrollo de labores en key-line en el uso de recursos hídricos.
6. Cultivos de relevo. Técnicas de Multicultivo para reducir erosión y los nutrientes del cultivo anterior.
7. Manejo regenerativo/holístico de pastos. Acción en el fosforo y erosión.

Diseño del piloto

Diseño de los pilotos

Zonas de trabajo (**ITAGRA**) definidas mediante un **Modelo Digital de Elevación**



Interreg
Sudoe



Co-funded by
the European Union

Phos4Cycle

Diseño del piloto

Red de monitorización suelo



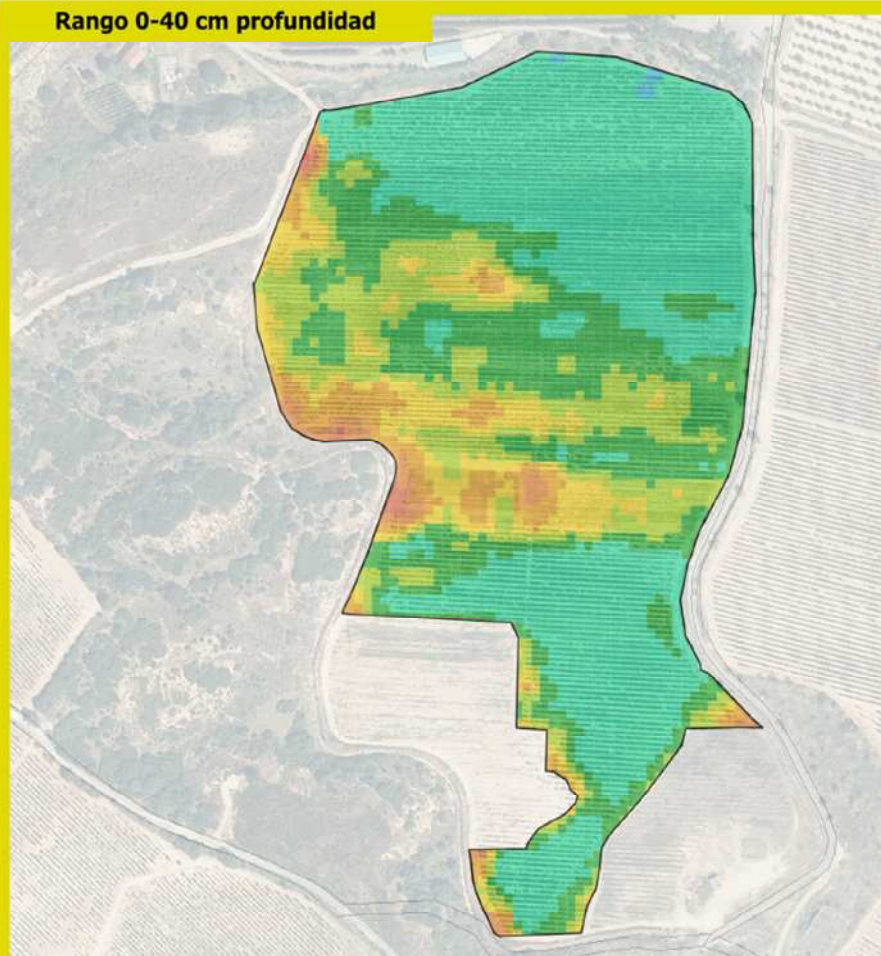
Sensor Veris - CE

Red de monitorización suelo

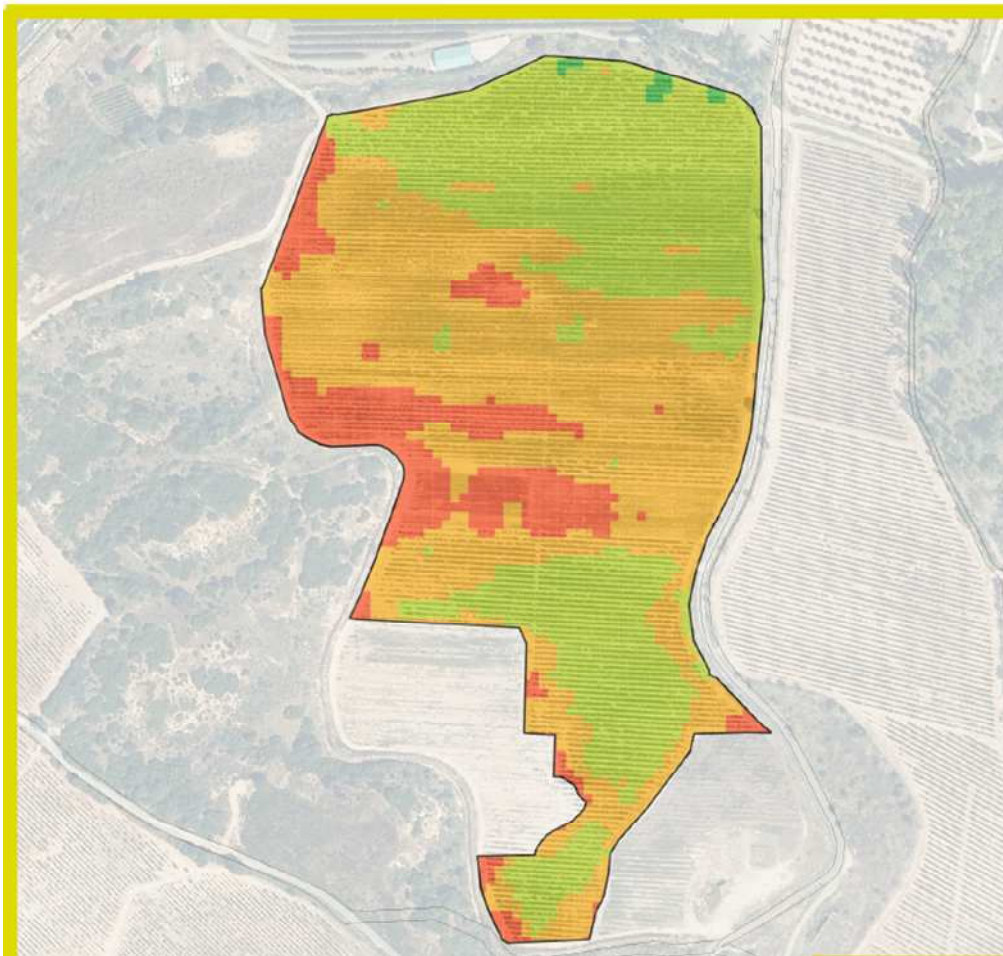
Zonas de trabajo definidas mediante un
Modelo de Conductividad Eléctrica Aparente

01. Textura. Conductividad eléctrica aparente

Rango 0-40 cm profundidad



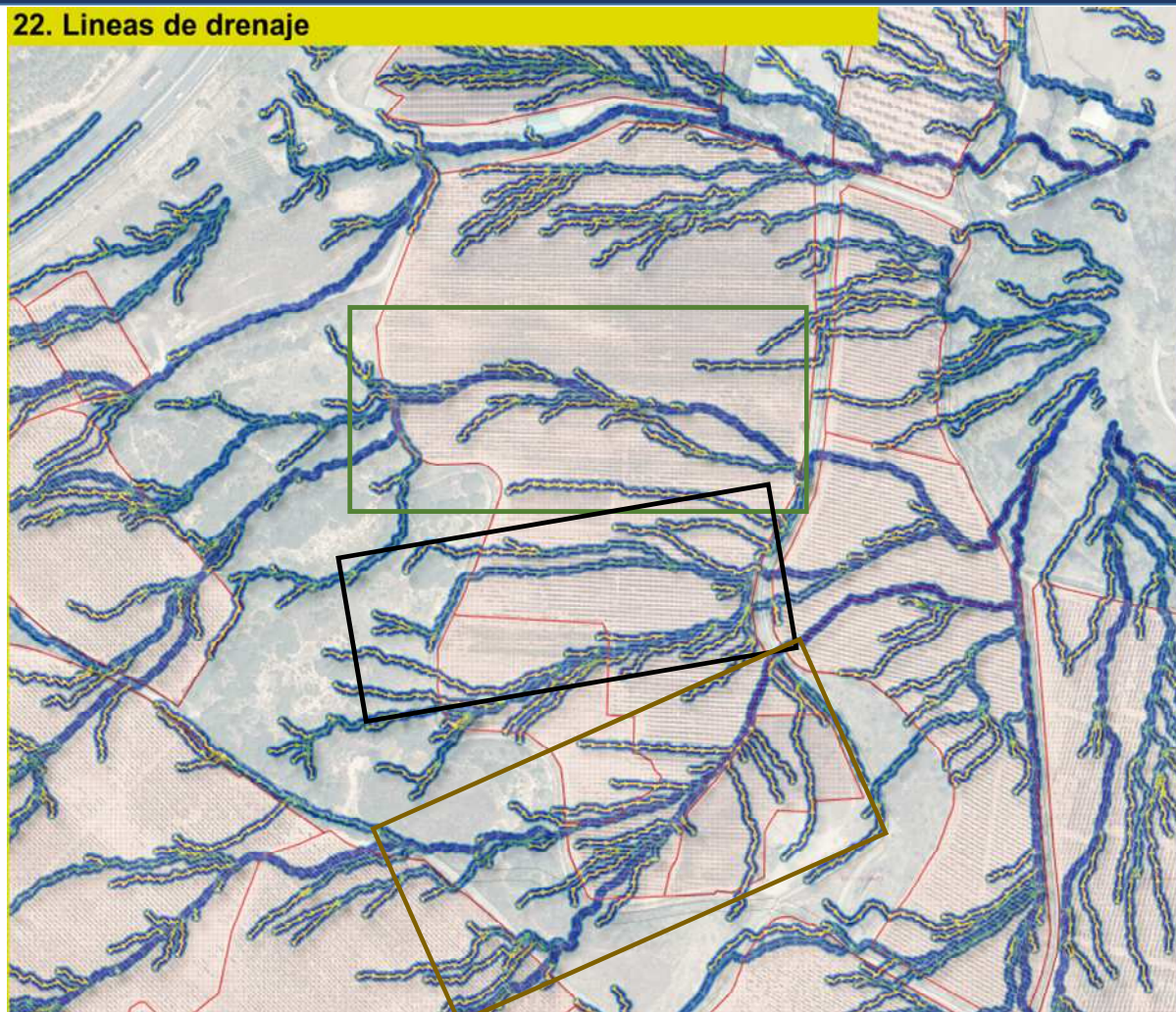
02. Conductividad hidráulica. Infiltración [m/día]



Red de monitorización suelo

Zonas de trabajo definidas mediante un
Modelo de Conductividad Eléctrica Apparente

22. Líneas de drenaje



Bodega viña

FINCA LA GRAJERA

SIMBOLOGÍA

Parcelas Hidro

Líneas drenaje topológico

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

COMENTARIOS

Mapa derivado del Modelo Digital de Elevación PNOA, 0cm de resolución. Clasificación de líneas de drenaje según el método de orden de Strahler.

La clasificación de arroyos aumenta cuando los arroyos del mismo orden intersecan. Por lo tanto, la intersección de dos vínculos de primer orden creará un vínculo de segundo orden, la intersección de dos vínculos de segundo orden creará un vínculo de tercer orden, y así sucesivamente. Sin embargo, la intersección de dos vínculos de distintos órdenes no aumentará el orden.

REVISIÓN: 01 5/7/2024

Elaborado por:

aGrae

www.aGrae.es

Red de monitorización

Caracterización inicial

Actividad 3:

Instalación de la red de monitorización en cada parcela experimental.

01/04/2024 - 30/09/2024

➤ Muestreo de Sedimentos.

Se ha realizado un muestreo de suelo con núcleo inalterado en el tramo más bajo de la línea de drenaje que define cada subcuenca.

➤ Muestreo de Suelos. Determinación de los puntos dónde se llevará a cabo el muestreo en cada subcuenca.

➤ Punto de medición de fosforo y sedimentos en agua.

- Discontinuo: Muestreo manual en los puntos seleccionados según diseño de piloto y subcuencas definidas.
- Continuo (AQUACORP)

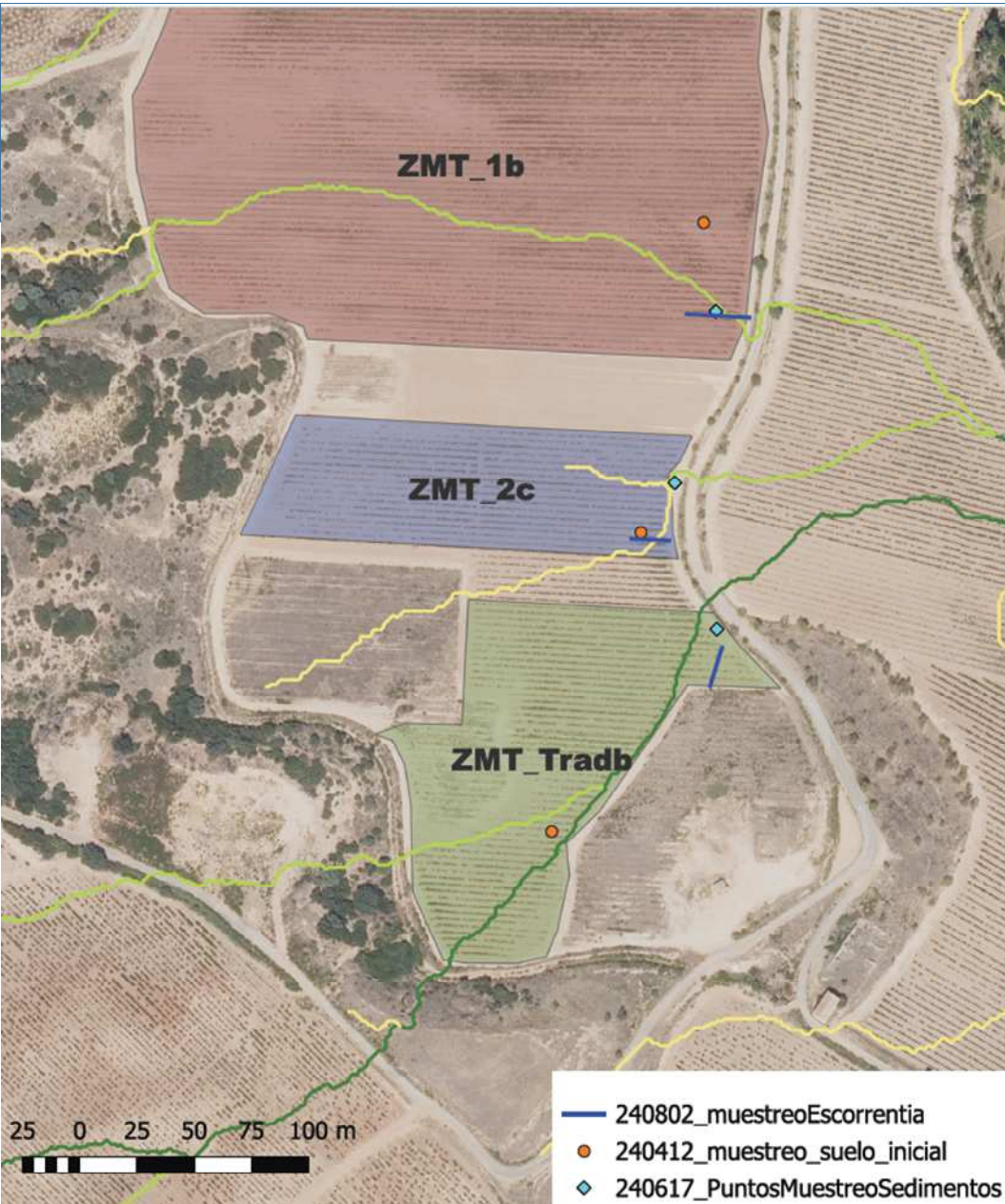
Se seleccionará la estación meteorológica más cercana para registrar eventos climáticos (SIAR)



A3.2 Muestreo de suelos

Muestreo inicial previo a la fertilización:

Muestras compuestas a 0-30 cm y 30-45 cm en cada Zona de Manejo.



Diseño del piloto

Actividad 2:

Establecimiento de parcelas experimentales para cada piloto.

01/04/2024 - 30/06/2024

Se proponen para LA RIOJA como manejos del suelo:

1. Empleo de BICHART (312 kg/ha) combinado con la fertilización de fosforo. ZM2-BIO
(Material producido a 450°C de maderas duras de Carpe blanco y Roble)
2. Empleo de cubiertas vegetales (1^{er} año espontánea), combinado con la fertilización. ZM1-CUB
3. Laboreo convencional con fertilización de fósforo. ZM-Trad

*** Abonado mineral (12 de abril) en todos los tratamientos: (400 kg/ha de 5-5-15)**





Parámetro	Unidad	Valor
pH (CaCl ₂)		7.5
Densidad aparente	g/cm ³	0.36
Tamaño partícula	mm	0.05-20*
Capacidad de retención de agua	%	214
Área específica (BET)	m ² /g	141
Conductividad	µS/cm	122
Nivel de sal	g/kg	0.35
Carbono organico (C _{org})	% (w/w)	85%
Oxígeno	% (w/w)	12
Hidrógeno	% (w/w)	3
Nitrógeno	g/kg	3.7
Fósforo (P ₂ O ₅)	g/kg	0.7
Potasio (K ₂ O)	g/kg	3.7
Magnesio (MgO)	g/kg	1.0
Relación H/C _{org}		0.42
Cenizas (550°C)	% (w/w)	< 4.5
Materias volátiles	% (w/w)	< 19
Contenido de PAH (EPA)	g/t	< 6

Seguimiento de indicadores

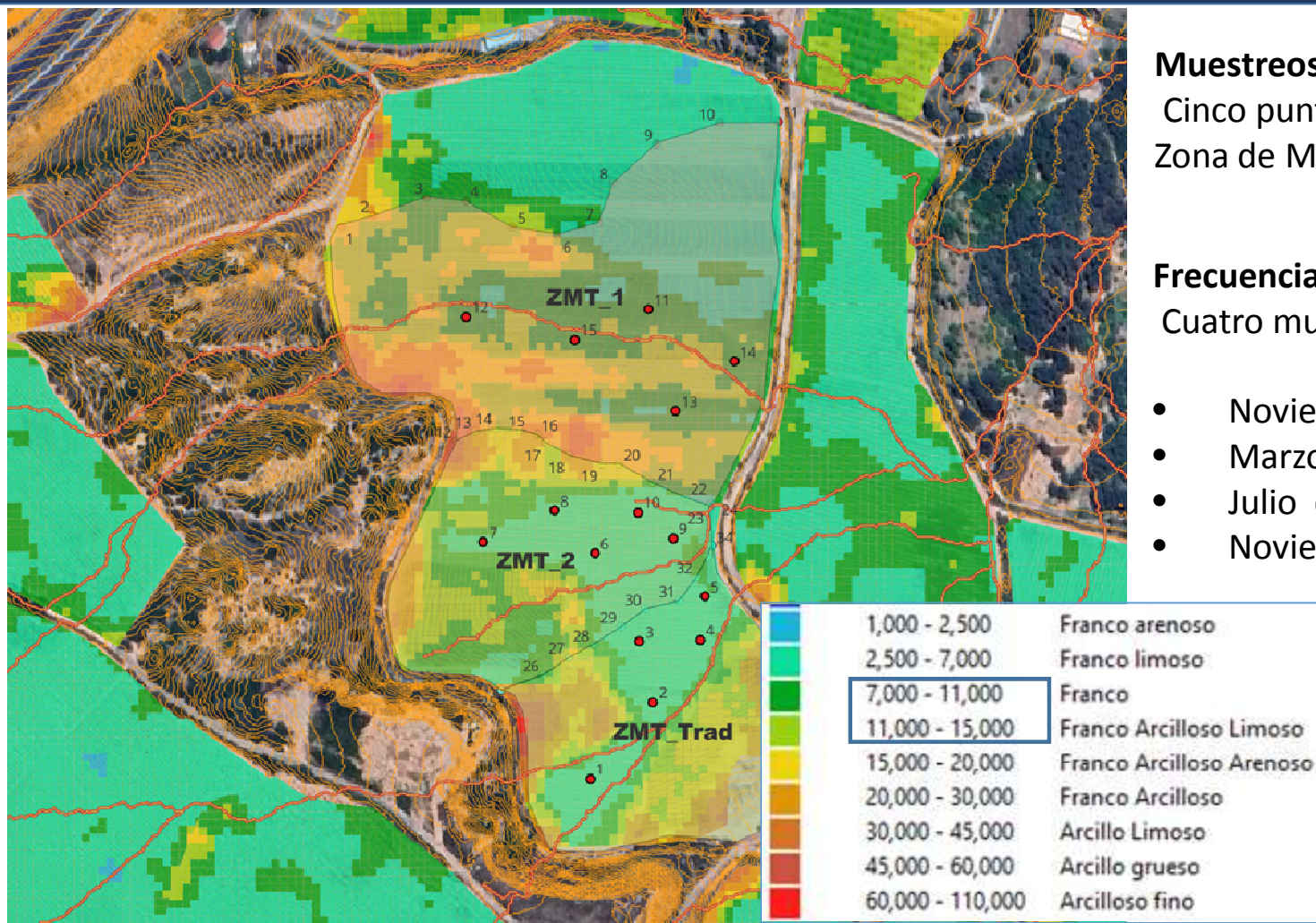
Actividad 4:

Seguimiento de indicadores.

01/04/2024 - 31/03/2026

- 1. MONITOREO DE SUELO: 5 puntos de muestreo de suelo en cada ZM (0-30 cm). Y 5 muestreos 2024-2025.
- 2. MONITOREO DE AGUA:
 - Continuo: Registro automático de los parámetros de fósforo y sólidos en suspensión.
 - Discontinuo: Eventos de precipitación o riego en las subcuencas.
- 3. REGISTRO DE ACTIVIDADES EN CAMPO: Cuaderno de registro con las actividades de campo (abonado, siembra, cosecha, precipitaciones, riego, etc.)
- 4. GESTIÓN DE DATOS: Directorio en línea de ITAGRA.

A3.3 Red de monitorización suelo



Muestreos de seguimiento:

Cinco puntos de muestreo a 0-30 cm en cada Zona de Manejo.

Frecuencia de muestreo:

Cuatro muestreos:

- Noviembre de 2024
- Marzo de 2025 (previo a fertilización 2025)
- Julio de 2025
- Noviembre de 2025

**Interreg
Sudoe**

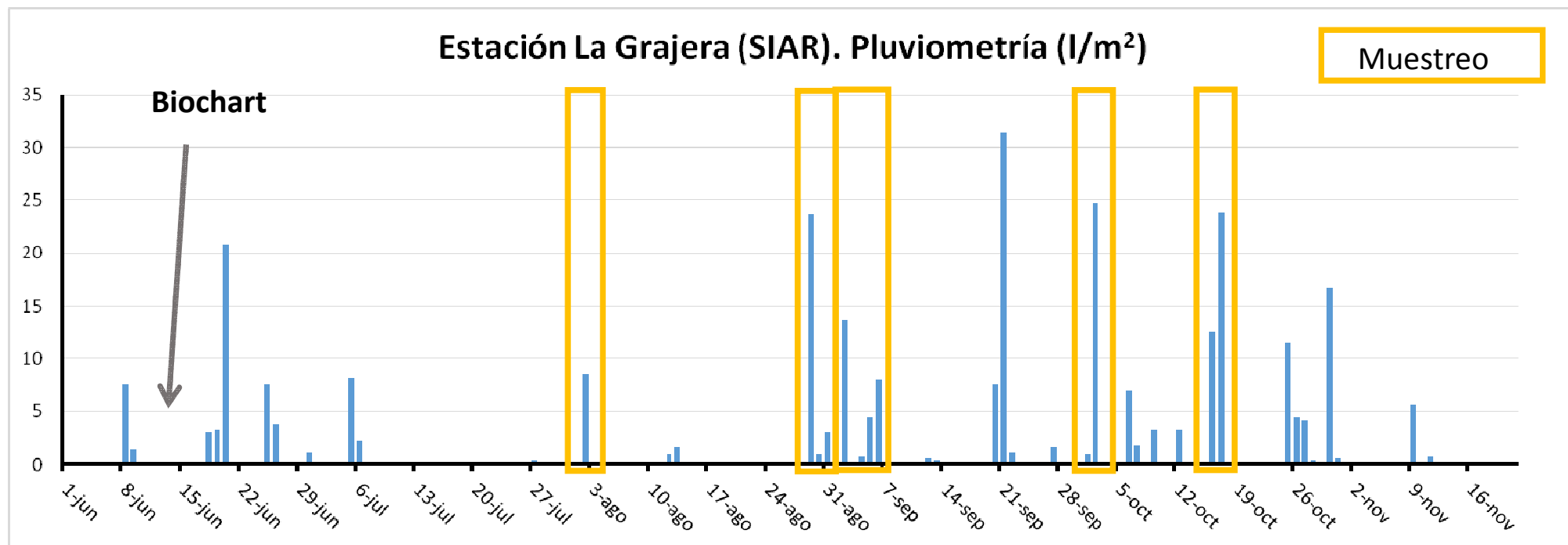


Co-funded by
the European Union

Phos4Cycle



Precipitaciones





ZM Biochart



Interreg
Sudoe



Co-funded by
the European Union

Phos4Cycle



ZM Cub



Interreg
Sudoe



Co-funded by
the European Union

Phos4Cycle

ZM Trad.



Interreg
Sudoe



Co-funded by
the European Union

Phos4Cycle

Unos días después



Interreg
Sudoe



Co-funded by
the European Union

Phos4Cycle

Unos días después



Modelización

Actividad 5:
Modelización.

01/01/2025 - 31/03/2026

DATOS RECOPIRADOS DEL
PROYECTO

OTROS DATOS ACCESIBLES

MODELO

Establecer índice de
riesgo para cada
subcuenca

WEB

Actividad 6:

Comunicación y difusión del proyecto.

01/03/2024 - 30/06/2026

Dar a conocer el diseño de cada piloto a los agentes y entidades territoriales relevantes.

Difusión de los resultados referentes al sistema de monitorización de fosfatos, al modelo de predicción del riesgo de contaminación y a las técnicas de manejo experimentadas en los pilotos.

Manual de buenas prácticas para la reducción de contaminación por fosfatos.

Conferencias y eventos técnicos que reunirán a las entidades interesadas: vitivinícola, ganadero, gestión de agua de riego.

Videos centrados en el ciclo del fósforo.

Interreg
Sudoe



Co-funded by
the European Union

Phos4Cycle



Gobierno
de La Rioja



Instituto de
Ciencias de la
Vid y del Vino



Gobierno
de La Rioja



CONSEJO SUPERIOR
DE INVESTIGACIONES
CIENTÍFICAS



UNIVERSIDAD
DE LA RIOJA

GRACIAS

OBRIGADO

MERCI

ignacio.martin@icvv.es / imartinr@larioja.org



CENTRO TECNOLÓGICO
AGRARIO Y AGROALIMENTARIO



La Rioja



CALCOB
COOPERATIVA AGRÍCOLA
DE OLIVENZA DO BARRO E VINHOS, CRL



Politécnico
de Coimbra



Escola Superior
Agrária

Politécnico de Coimbra



AQUACORP



ITAVI

