



DIVERFARMING

# Diversificación de cultivos y agricultura con pocos insumos en Europa: del compromiso de las partes implicadas y los servicios prestados por los ecosistemas al aumento de los ingresos y la organización de la cadena de valor





DIVERFARMING



# DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS DE CULTIVO DIVERSIFICADOS DIVERFARMING

Entregable D2.2

Versión 1.0

Fecha de publicación: 21/03/2018

Autores: Líderes de los casos de estudio de Diverfarming



This project has received funding from the *European Union's Horizon 2020 Research and Innovation Programme* under grant agreement No 728003

Copyright © DIVERFARMING Project and Consortium

[www.diverfarming.eu](http://www.diverfarming.eu)



DIVERFARMING



## Resumen del documento

Título del documento	Descripción de los sistemas de cultivo diversificados Diverfarming
Autor	Líderes de los casos de estudio (véase cada capítulo)
Correo electrónico del autor principal	raul.zornoza@upct.es
Beneficiario principal	Universidad Politécnica de Cartagena
N.º de entregable	D2.2
Paquete de trabajo (WP)	WP2. Selección de los sistemas de cultivo diversificados sostenibles
Tipo de difusión	Informe
Nivel de difusión	Público
Fecha establecida del entregable	28/02/2017 (mes 10)
Fecha de publicación	21/03/2018
Copyright	© 2018 DIVERFARMING Project and Consortium

Participantes en Diverfarming	ACRÓNIMO	PAÍS
Universidad Politécnica de Cartagena (Coordinador)	UPCT	España
Consiglio per la Ricerca in Agricoltura e l'Analisi dell'Economia Agraria	CREA	Italia
Agencia Estatal Consejo Superior de Investigaciones Científicas	CSIC	España
Universita degli Studi della Tuscia	UTu	Italia
Asociación Regional de Empresas Agrícolas y Ganaderas de la Comunidad Autónoma de Murcia	ASAJ	España
Consorzio Casalasco del Pomodoro Società Agricola cooperativa	CCP	Italia
Arento Grupo Cooperativo Agroalimentario de Aragón	GA	España
Barilla G.E.R. Fratelli SPA	Bar	Italia
Disfrimur Logística SL	DML	España
Universidad de Córdoba	UCO	España
Universidad de Wageningen	WU	Países Bajos
Firma Nieuw Bromo van Tilburg	NBT	Países Bajos
Industrias David S.L.U.	InDa	España
University of Portsmouth Higher Education Corporation	UPO	Reino Unido
Universität Trier	UT	Alemania
Eidgenössische Technische Hochschule Zürich	ETH	Suiza
Weingut Dr. Frey	WDF	Alemania
University of Exeter	Exeter	Reino Unido
Pecs Tudományegyetem - Universidad de Pecs	UP	Hungría
AKA Kft	AKA	Hungría
Nedel-Market Kft	NMT	Hungría
Luonnonvarakeskus	Luke	Finlandia
Paavolan kotijuustola	PK	Finlandia
Polven juustola	PJ	Finlandia
Ekoboerderijdelingehof	Eko	Países Bajos



## Resumen ejecutivo

En los últimos 60 años, los profundos cambios en las prácticas agrícolas han causado un incremento de la producción en toda Europa. Sin embargo, ha habido considerables efectos secundarios, con implicaciones para la sostenibilidad a largo plazo de los sistemas agrícolas y la calidad ambiental. Por lo tanto, es necesario cambiar los modelos de agronegocio para garantizar una auténtica sostenibilidad, siendo la diversificación de cultivos una estrategia eficaz para aumentar los ingresos de los agricultores y, al mismo tiempo, fomentar la obtención de servicios de los ecosistemas como productividad de la tierra, biodiversidad, captura de carbono o fertilidad y calidad del suelo. No obstante, para lograr que se adopte la diversificación de cultivos, se deben integrar y considerar en su conjunto a todos los sectores y actores de la cadena de valor, desde los agricultores hasta los consumidores. La mayoría de las alternativas a los sistemas de cultivo y prácticas agrícolas actuales han sido concebidas por investigadores que han tenido poco en cuenta los cambios sociales, culturales y de comportamiento necesarios para una adopción generalizada en las comunidades rurales. Los agricultores necesitan datos fiables sobre las ventajas de los sistemas de cultivo diversificados con prácticas agrícolas sostenibles que los animen a adoptarlos, y al mismo tiempo se deben tener en cuenta sus necesidades y problemas particulares a la hora de plantear nuevos sistemas y modelos de agronegocios.

Por ello, en este documento informamos sobre el diseño experimental de los distintos estudios de casos utilizados en Diverfarming para evaluar las ventajas e inconvenientes/barreras reales de la implantación de sistemas de cultivo diversificados en el territorio de la UE. Pensábamos que solo se podía conseguir más productividad y sostenibilidad eligiendo sistemas de cultivo adecuados definidos por una serie de asociaciones de cultivos adaptados a la zona, prácticas y tecnologías agrícolas ajustadas a cada cadena de valor para una región edafoclimática concreta. Con este propósito, definimos el diseño experimental después de un estudio minucioso de la bibliografía y las publicaciones de proyectos anteriores y el resultado de un proceso participativo con los actores y los interesados de la cadena de valor con diferentes trayectorias e intereses, valorando las distintas alternativas desde el punto de vista técnico, económico, social, cultural y medioambiental. Los sistemas de cultivo diversificados elegidos han sido adaptados para conseguir su aceptación social, incrementar la productividad de la explotación, aumentar los beneficios económicos, reducir los costes de producción y medioambientales, facilitar la adaptación de la cadena de valor, reducir la incidencia de plagas y enfermedades, aumentar la calidad y fertilidad del suelo, aumentar la captura de carbono y la biodiversidad, reducir la contaminación del suelo y del agua y disminuir las emisiones de GEI y las tasas de erosión. Además, los sistemas de cultivo diversificados elegidos se centran principalmente en el uso racional de los recursos naturales (el suelo y el agua) y el uso reducido de los insumos externos (fertilizantes, plaguicidas, energía y maquinaria).



1. Caso de estudio 1. Cultivos perennes de secano (almendras) en España.....	7
2. Caso de estudio 2. Cultivos perennes de regadío (cítricos) en España.....	23
3. Caso de estudio 3. Cultivos extensivos de secano y regadío en España.....	39
4. Caso de estudio 4. Cultivo perenne de secano (olivar) en España.....	57
5. Caso de estudio 5. Rotación de cultivos anuales diversificados en Italia.....	73
6. Caso de estudio 6. Rotación de cultivos anuales diversificados en Italia.....	89
7. Caso de estudio 7. Rotación de cultivos anuales diversificados en Italia.....	105
8. Caso de estudio 8. Forraje y patatas en los Países Bajos.....	133
9. Caso de estudio 9. Cultivo perenne (vid) en Alemania.....	150
10. Caso de estudio 10. Horticultura en Hungría.....	167
11. Caso de estudio 11. Cultivo perenne (vid) en Hungría.....	183
12. Caso de estudio 12. Producción de queso a escala de explotación agrícola en Finlandia.....	199
13. Caso de estudio 13. Producción de queso ecológico en Finlandia.....	214
14. Caso de estudio 14. Validación del prototipo de maquinaria en cultivos perennes (viñedos).....	229



**CASO DE  
ESTUDIO N.º 1**

**Cultivos perennes de secano (almendro) en España**



## ESTUDIO DE CASO N. ° 1

Socios participantes

CSIC, UPCT, ASAJA, DML

Autores:

Elvira Díaz-Pereira, María Martínez-Mena, Carolina Boix-Fayos, Joris de Vente, José A. Pascual, Margarita Ros (CSIC)

Raúl Zornoza, Virginia Sánchez-Navarro, Juan A. Fernández, Josefina Contreras, José María de la Rosa, Abdelmalek Temnani, Alejandro Pérez-Pastor, Silvia Martínez-Martínez, José A. Acosta (UPCT)

Fuensanta López, Elizabeth Torrecillas, Alfonso Gálvez (ASAJA)

Correo electrónico del autor principal

[ediazpereira@cebas.csic.es](mailto:ediazpereira@cebas.csic.es); [mmena@cebas.csic.es](mailto:mmena@cebas.csic.es)



## Caso de estudio 1: almendra de secano

- Región edafoclimática: SUR MEDITERRÁNEO
- País: ESPAÑA
- Lugar: MURCIA (REGIÓN DE MURCIA)
- Coordenadas geográficas: 37° 57' 31" N, 0° 56' 1"
- Temperatura media anual: 17,5 °C
- Precipitación media anual: 231 mm
- Evapotranspiración potencial anual: 1300 mm





# Caso de estudio 1: Características principales

- Extensión de la explotación: 2,63 ha
- Superficie de experimentación de Diverfarming: 0,19 ha (54 árboles)
- Cultivo actual: almendra (*Prunus dulcis*)
- Uso final del cultivo: alimentario
- Sistema de cultivo actual: monocultivo convencional de secano (marco de 7 × 7 m)
- Época de recolección: agosto-septiembre (floración en enero-febrero)
- Prácticas agrícolas actuales:
  - labranza reducida
- Cadena de valor actual:
  - Productor
  - Mayorista
  - Supermercado





# Caso de estudio 1: Principales problemas ambientales

- Poca biodiversidad subterránea y en superficie
- Erosión (laminar, regueros, cárcavas)
- Baja calidad del suelo
- Suelo con bajo contenido de materia orgánica
- Homogeneidad del paisaje, gran conectividad de los flujos de agua y sedimentos
- Poca resiliencia y adaptabilidad
- Infraoptimización de los recursos ecosistémicos relacionados con el suelo y la vegetación





# Caso de estudio 1: Sistemas de cultivo diversificados

- A. Monocultivo de almendra (MA)**
- B. Diversificación 1 (D1):** almendra intercalada con *Capparis spinosa* para uso alimentario (abril-septiembre), durante 2018, 2019 y 2020.
- C. Diversificación 2 (D2):** almendra intercalada con *Thymus hyemalis* para aceites esenciales (noviembre-marzo) y uso alimentario (abril-junio), durante 2018, 2019 y 2020.



## Caso de estudio 1: Cultivos intercalados

Se cultivarán plantas perennes en las calles entre las hileras de almendros, que están separadas 7 metros.





# Caso de estudio 1: Prácticas agrícolas con uso reducido de insumos

1. Control integrado de las plagas
2. Sin labranza
3. Secano
4. Sistema ecológico (sin fertilización)



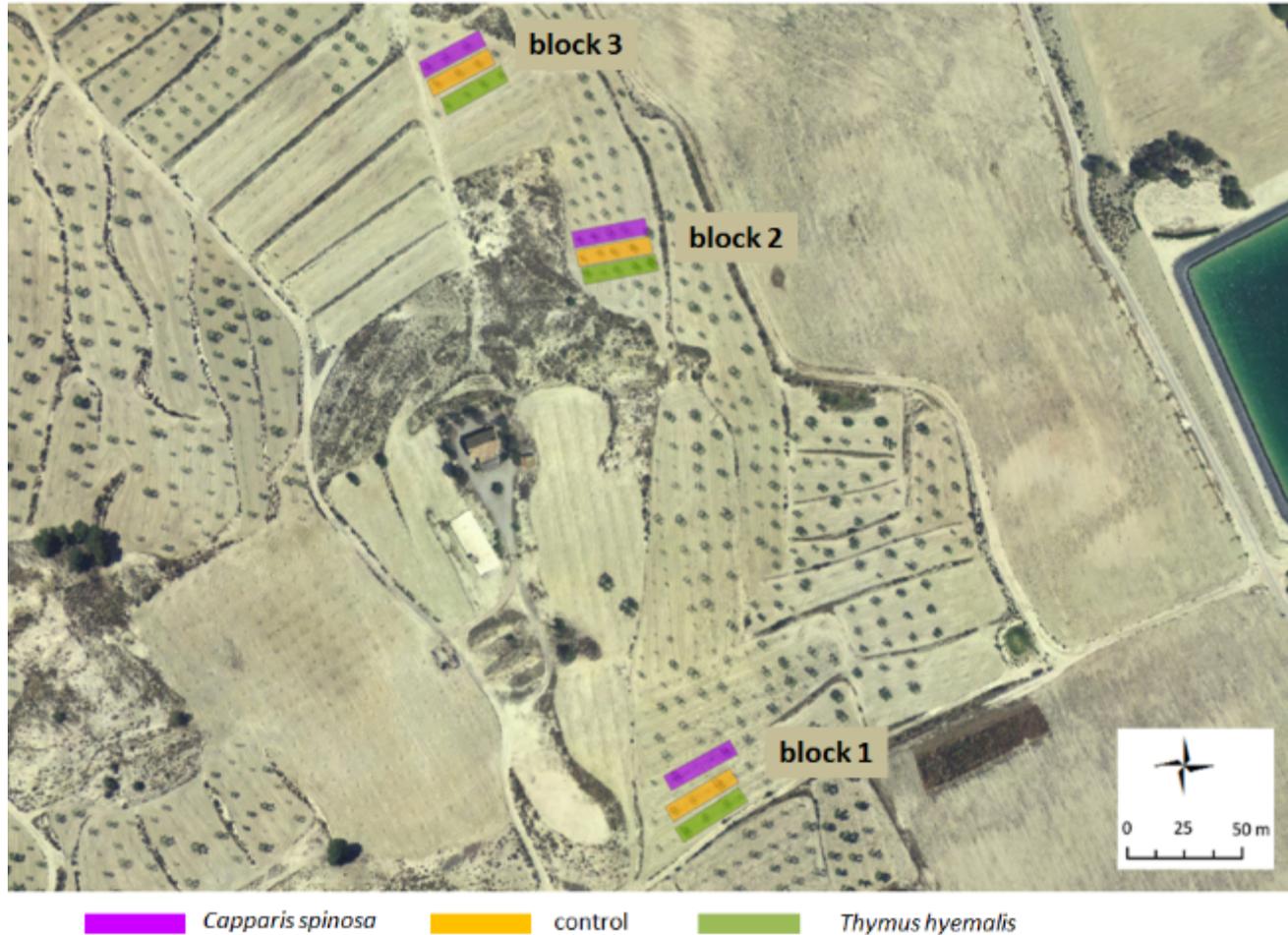


# Caso de estudio 1: Diseño experimental

- **Factor de estudio:** Diversificación de cultivos
- **Diseño experimental:** Parcela en franjas (*strip-plot*) en bloques de diversificación.
- **Réplicas:** Parcelas replicadas en tres campos.
- **Tamaño de la parcela:** 217 m<sup>2</sup>.
- **Control y muestreo del cultivo:** en la cosecha de cada cultivo y parcela. Solo se controlarán y muestrearán los cuatro árboles del centro de la hilera central de cada parcela. Los cultivos anuales se controlarán y muestrearán en ambas calles entre las hileras de árboles.
- **Muestreo del suelo:**
  - Época y frecuencia: cada principio de noviembre durante tres ciclos de cultivo.
  - Profundidad del suelo: capa arable (0-10 y 10-30 cm).
  - Número de muestras: tres muestras compuestas por parcela (nueve muestras por tratamiento) en el WP5. Para el WP4 se seleccionarán cinco de las nueve muestras por tratamiento.
- **Mediciones de las emisiones de gases de efecto invernadero:** 25 mediciones por año en las parcelas en las que se tomen muestras de suelo.
- **Mediciones de la erosión:** caracterización general del terreno al empezar el experimento a nivel de campo agrícola y basada en acontecimientos en todos los tratamientos.



# Caso de estudio 1: Estructura del experimento





# Caso de estudio 1: Variables medioambientales

- Elevación.
- Temperatura media anual.
- Precipitación media anual.
- ETP media anual.
- Radiación solar.
- Temperatura máxima diaria.
- Temperatura media diaria.
- Temperatura máxima diaria.
- Precipitación diaria acumulada.
- Humedad del aire.
- Velocidad del viento.



# Caso de estudio 1: Propiedades del cultivo

## 1. Crecimiento del cultivo

- Establecimiento del cultivo y biomasa superficial en los cultivos intercalados perennes.
- Altura del árbol, área de la sección transversal del tronco, índice de superficie foliar, tasa de asimilación neta, potencial hídrico del tallo, máxima contracción diaria del tronco, NDVI.

## 2. Incidencia de plagas y enfermedades

- Plantas afectadas por plagas o enfermedades, poblaciones de plagas, porcentaje de daños e incidencia de enfermedades.

## 3. Rendimiento del cultivo

- Rendimiento del cultivo en los cultivos perennes, rendimiento comercial.
- Ratio equivalente de tierra y productividad de la tierra.

## 4. Calidad del cultivo

- Variación del peso y tamaño del fruto.

## 5. Valoración nutricional

- Ninguna



# Caso de estudio 1: Propiedades biológicas del suelo

## 1. Estructura de la comunidad microbiana y patógenos del suelo

- Extracción de ADN del suelo, amplificación y secuenciación de nueva generación.

## 2. Actividad enzimática y genes funcionales

- Actividades de deshidrogenasa,  $\beta$ -glucosidasa, leucina aminopeptidasa, fosfatasa alcalina y arilsulfatasa.
- Nitrificación potencial.
- Transcriptoma de las poblaciones microbianas activas mediante PCR en tiempo real y secuenciación del ARN.

## 3. Lombrices

- Identificación, densidad y masa de la especie.
- Densidad y masa por grupo ecológico.
- Masa y densidad totales.
- Solo se miden al empezar y al terminar el periodo de experimentación.



# Caso de estudio 1: Propiedades de la biodiversidad vegetal

## 1. Especies de plantas

- Identificación y riqueza.

## 2. Vegetación

- Cobertura.
- Índice de similitud.
- Distribución espacial en general mediante evaluación óptica con vehículo aéreo no tripulado (VANT).

## 3. Captura de carbono de los cultivos leñosos

- Tasa de fotosíntesis neta, tasa de transpiración, conductancia estomática, superficie foliar, relación C/N foliar.



# Caso de estudio 1: Propiedades fisicoquímicas del suelo

## 1. Fertilidad y contaminantes del suelo

- N total, amonio, nitrato y cantidades disponibles de P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn y B.
- pH, conductividad eléctrica, capacidad de intercambio catiónico y suma de bases.

## 2. Estructura del suelo y captura de carbono

- Densidad aparente, contenido hídrico del suelo en el punto de marchitez y capacidad de campo, humedad real del suelo, textura, carbono orgánico total, fracciones funcionales de carbono orgánico, estabilidad de los agregados, distribución del tamaño de los agregados.

## 3. Tasas de erosión

- Caracterización básica de los procesos y las tasas de erosión y mediciones basadas en fenómenos de la erosión entre regueros, erosión en regueros, erosión en cárcavas, generación de escorrentía. Simulación de precipitaciones solo cuando no haya fenómenos.
- Medición de las pérdidas de nutrientes y carbono orgánico.

## 4. Emisiones de gases de efecto invernadero

- CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O y CH<sub>4</sub> del suelo.
- Emisiones totales mediante análisis del ciclo de vida.



# CASO DE ESTUDIO N.º 1 COORDINADORAS



**ELVIRA DÍAZ  
PEREIRA**

**MARÍA M-  
MENA**  
CEBAS-CSIC

[ediazpereira@cebas.csic.es](mailto:ediazpereira@cebas.csic.es)

[mmena@cebas.csic.es](mailto:mmena@cebas.csic.es)





**CASO DE  
ESTUDIO N.º 2**

**Cultivos perennes de regadío (cítricos) en España**



## ESTUDIO DE CASO N. ° 2

Socios participantes

UPCT, CSIC, ASAJA, DML

Autores:

Raúl Zornoza, Virginia Sánchez-Navarro, Juan A. Fernández, Josefina Contreras, José María de la Rosa, Abdelmalek Temnani, Alejandro Pérez-Pastor, Silvia Martínez-Martínez, José A. Acosta (UPCT)

María Martínez-Mena, Elvira Díaz-Pereira, Carolina Boix-Fayos, Joris de Vente, José A. Pascual, Margarita Ros (CSIC)

Fuensanta López, Elizabeth Torrecillas, Alfonso Gálvez (ASAJA)

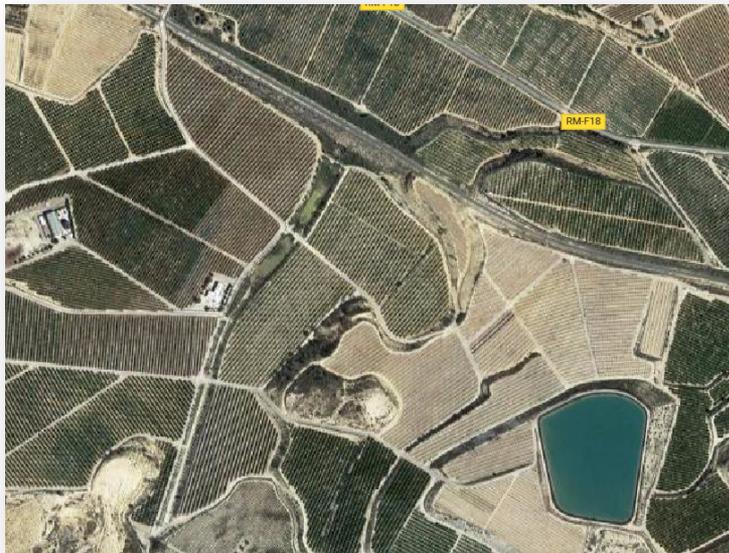
Correo electrónico del autor principal

raul.zornoza@upct.es



## Caso de estudio 2: cítricos de regadío

- Región edafoclimática: SUR MEDITERRÁNEO
- País: ESPAÑA
- Lugar: MURCIA (REGIÓN DE MURCIA)
- Coordenadas geográficas: 37° 57' 31" N, 0° 56' 1"
- Temperatura media anual: 17,5 °C
- Precipitación media anual: 231 mm
- Evapotranspiración potencial anual: 1300 mm





## Caso de estudio 2: Características principales

- Extensión de la explotación: 206 ha
- Superficie de experimentación de Diverfarming: 2,3 ha (1100 árboles)
- Cultivo actual: mandarinas (*Citrus reticulata* var. clemenvilla)
- Uso final del cultivo: alimentario
- Sistema actual de cultivo: monocultivo permanente convencional de regadío (marco 6 × 4 m)
- Época de recolección: enero-febrero (floración en marzo-abril)
- Prácticas agrícolas actuales:
  - Labranza intensiva
  - Fertilizante mineral
  - Plaguicidas (de mayo a septiembre)
  - Herbicidas
- Cadena de valor actual:
  - Productor
  - Calidad y certificación
  - Mayorista
  - Supermercado





## Caso de estudio 2: Principales problemas ambientales

- Poca biodiversidad subterránea y en superficie
- Erosión
- Baja calidad del suelo
- Suelo con bajo contenido de materia orgánica
- Contaminación del agua y el suelo
- Salinización del suelo
- Simplificación del paisaje





## Caso de estudio 2:

### A. Monocultivo de mandarina (MC)

**B. Diversificación 1 (D1):** mandarina intercalada con cultivos múltiples de veza/cebada (*Vicia sativa/Hordeum vulgare*) para pienso (febrero-julio) y habas (*Vicia faba*) para uso alimentario (septiembre-enero), durante 2018, 2019 y 2020.

### C. Diversificación 2 (D2):

 mandarina intercalada con rotaciones de:

- 2018: cultivos múltiples de veza/cebada (*Vicia sativa/Hordeum vulgare*) para pienso (febrero-julio) y habas (*Vicia faba*) para uso alimentario (septiembre-enero).
- 2019: cultivos múltiples de colleja o hierba conejera (*Silene vulgaris*) para uso alimentario (febrero-abril), verdolaga (*Portulaca oleracea*) para uso alimentario (mayo junio) y cardo (*Cynara cardunculus* var. *cardunculus*) para uso alimentario (octubre-diciembre).
- 2020: cultivos múltiples de judía de careta (*Vigna unguiculata*) para uso alimentario (mayo-agosto) y rúcula (*Eruca sativa*) para uso alimentario (octubre-enero).



## Caso de estudio 2: Cultivos intercalados

Se cultivarán plantas perennes en las calles entre las hileras de mandarinos, que están separadas 6 metros.





## Caso de estudio 2: Prácticas agrícolas con uso reducido de insumos

1. Adición de compost
2. Abono verde
3. Control integrado de las plagas
4. Labranza reducida
5. Cultivos de cobertura (en las hileras de árboles)
6. Riego deficitario controlado



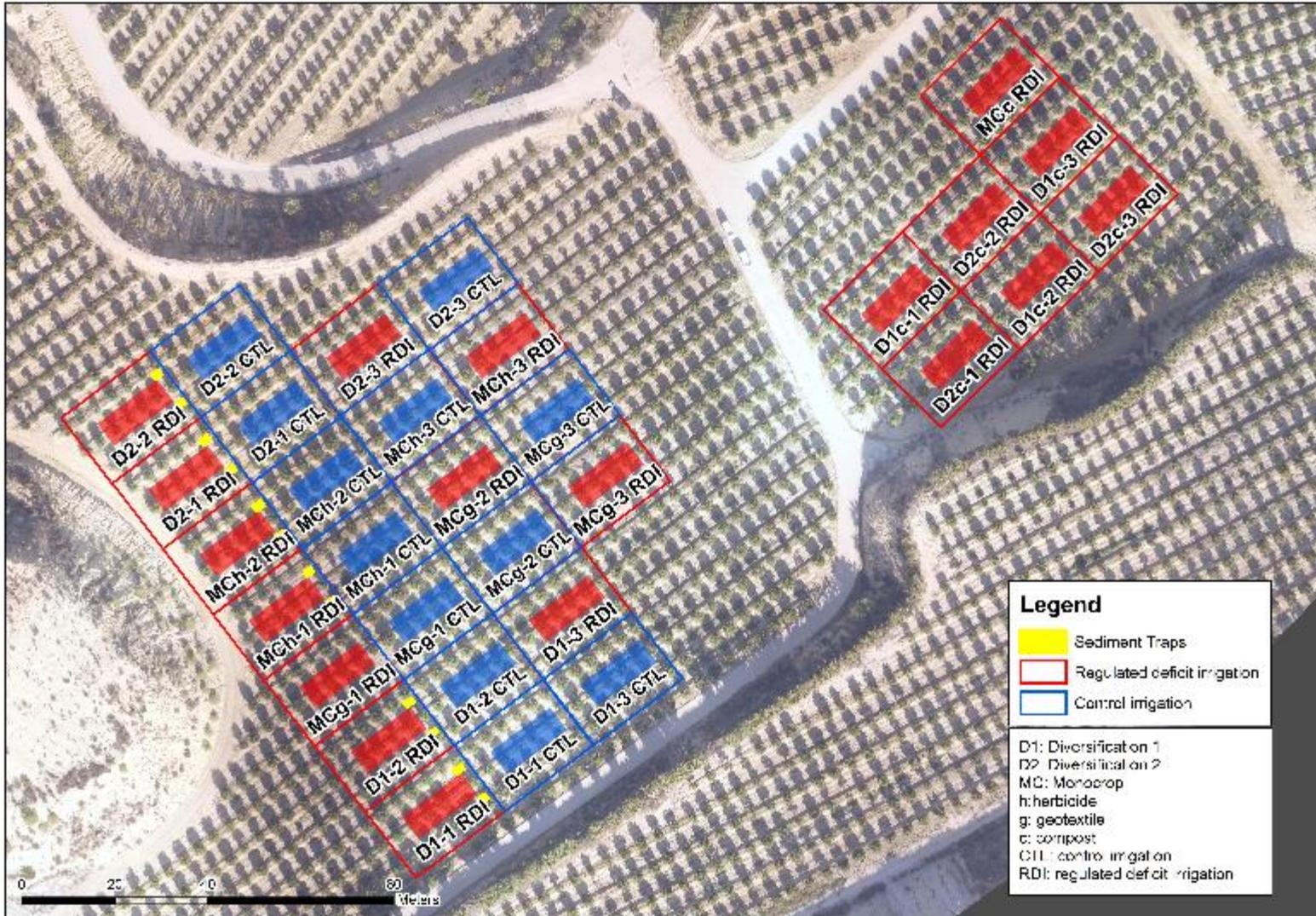


## Caso de estudio 2: Diseño experimental

- **Factores de estudio:** 1. Diversificación de cultivos, 2. Riego, 3. Adición de compost.
- **Diseño experimental:** Parcela en franjas (*strip-plot*) en bloques de diversificación.
- **Réplicas:** Parcelas replicadas en tres campos.
- **Tamaño de la parcela:** tres hileras de seis árboles, 288 m<sup>2</sup>.
- **Control y muestreo del cultivo:** en la cosecha de cada cultivo y parcela. Solo se controlarán y muestrearán los cuatro árboles del centro de la hilera central de cada parcela. Los cultivos anuales se controlarán y muestrearán en ambas calles entre las hileras de árboles.
- **Muestreo del suelo:**
  - Época y frecuencia: cada principio de noviembre durante tres ciclos de cultivo, solo en las franjas entre árboles de las parcelas con riego deficitario controlado y sin adición de compost.
  - Profundidad del suelo: capa arable (0-10 y 10-30 cm).
  - Número de muestras: tres muestras compuestas por parcela (nueve muestras por tratamiento) en el WP5. Para el WP4 se seleccionarán cinco de las nueve muestras por tratamiento.
- **Mediciones de las emisiones de gases de efecto invernadero:** 25 mediciones por año en las parcelas en las que se tomen muestras de suelo.
- **Mediciones de la erosión:** basada en fenómenos en los tratamientos con riego deficitario y sin adición de compost.



# Caso de estudio 2: Estructura del experimento





## Caso de estudio 2: Variables medioambientales

- Elevación.
- Temperatura media anual.
- Precipitación media anual.
- ETP media anual.
- Radiación solar.
- Temperatura máxima diaria.
- Temperatura media diaria.
- Temperatura máxima diaria.
- Precipitación diaria acumulada.
- Humedad del aire.
- Velocidad del viento.



# Caso de estudio 2: Propiedades del cultivo

## 1. Crecimiento del cultivo

- Establecimiento del cultivo y biomasa superficial en los cultivos intercalados anuales.
- Altura del árbol, área de la sección transversal del tronco, índice de superficie foliar, tasa de asimilación neta, potencial hídrico del tallo, máxima contracción diaria del tronco, NDVI.

## 2. Incidencia de plagas y enfermedades

- Plantas afectadas por plagas o enfermedades, poblaciones de plagas, porcentaje de daños e incidencia de enfermedades.

## 3. Rendimiento del cultivo

- Rendimiento del cultivo en los cultivos perennes y anuales, rendimiento comercial.
- Ratio equivalente de tierra y productividad de la tierra.

## 4. Calidad del cultivo

- Variación del peso y tamaño del fruto.
- Sólidos solubles, pH del jugo y acidez valorable de las mandarinas.

## 5. Valoración nutricional

- Ninguna



# Caso de estudio 2: Propiedades biológicas del suelo

## 1. Estructura de la comunidad microbiana y patógenos del suelo

- Extracción de ADN del suelo, amplificación y secuenciación de nueva generación.

## 2. Actividad enzimática y genes funcionales

- Actividades de deshidrogenasa,  $\beta$ -glucosidasa, leucina aminopeptidasa, fosfatasa alcalina y arilsulfatasa.
- Nitrificación potencial.
- Transcriptoma de las poblaciones microbianas activas mediante PCR en tiempo real y secuenciación del ARN.

## 3. Lombrices

- Identificación, densidad y masa de la especie.
- Densidad y masa por grupo ecológico.
- Masa y densidad totales.
- Solo se miden al empezar y al terminar el periodo de experimentación.



# Caso de estudio 2: Propiedades de la biodiversidad vegetal

## 1. Especies de plantas

- Identificación y riqueza.

## 2. Vegetación

- Cobertura.
- Índice de similitud.
- Distribución espacial en general mediante evaluación óptica con vehículo aéreo no tripulado (VANT).

## 3. Captura de carbono de los cultivos leñosos

- Tasa de fotosíntesis neta, tasa de transpiración, conductancia estomática, superficie foliar, relación C/N foliar.



# Caso de estudio 2: Propiedades fisicoquímicas del suelo

## 1. Fertilidad y contaminantes del suelo

- N total, amonio, nitrato y cantidades disponibles de P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn y B.
- Plaguicidas totales
- pH, conductividad eléctrica, capacidad de intercambio catiónico y suma de bases.

## 2. Estructura del suelo y captura de carbono

- Densidad aparente, contenido hídrico del suelo en el punto de marchitez y capacidad de campo, humedad real del suelo, fragmentos de roca y arenillas, textura, carbono orgánico total, fracciones funcionales de carbono orgánico, estabilidad de los agregados, distribución del tamaño de los agregados.

## 3. Tasas de erosión

- Caracterización básica de los procesos y las tasas de erosión y mediciones basadas en fenómenos de la erosión entre regueros, erosión en regueros, erosión en cárcavas, generación de escorrentía. Simulación de precipitaciones solo cuando no hay fenómenos.
- Medición de las pérdidas de nutrientes y carbono orgánico.

## 4. Emisiones de gases de efecto invernadero

- CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O y CH<sub>4</sub> del suelo.
- Emisiones totales mediante análisis del ciclo de vida.



## Caso de Estudio N. ° 2 Coordinadora



**VIRGINIA SÁNCHEZ-NAVARRO**  
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA

[virginia.sanchez@upct.es](mailto:virginia.sanchez@upct.es)

Tel.: +34 968 32 7073





**CASO DE  
ESTUDIO N. ° 3**

**Cultivos extensivos de secano y  
regadío en España**



### ESTUDIO DE CASO N. ° 3

Socios participantes

CSIC, ARENTO

Autores:

Jorge Álvaro-Fuentes, José Luis Arrúe, Carmen Castañeda (CSIC)

Eduardo López Gomollón (ARENTO)

Correo electrónico del autor principal

jorgeaf@eead.csic.es



## Caso de estudio 3: cultivos extensivos

- Región edafoclimática: SUR MEDITERRÁNEO
- País: ESPAÑA
- Lugar: Zaragoza (REGIÓN DE ARAGÓN)
- Coordinadas geográficas: 41° 43' 25" N, 0° 48' 50" W
- Temperatura media anual: 14,8 °C
- Precipitación media anual: 340 mm



Zaragoza

*Caso de estudio en  
secano*

*Caso de estudio en  
regadío*



## Caso de estudio 3: Características principales del secano

- Extensión de la explotación: 100 ha
- Superficie de experimentación de Diverfarming: 1 ha
- Cultivo actual: cereal de invierno en secano
- Uso final del cultivo: alimentos y piensos
- Sistema de cultivo actual: monocultivo convencional
- Época de recolección: julio
- Prácticas agrícolas actuales:
  - Labranza intensiva
  - Fertilizantes minerales
  - Plaguicidas
  - Herbicidas
- Cadena de valor actual:
  - Productor
  - Distribución
  - Agroindustria
  - Mayorista
  - Supermercado





## Caso de estudio 3: Características principales del regadío

- Extensión de la explotación: 40 ha
- Superficie de experimentación de Diverfarming: 1 ha
- Cultivo actual: maíz (*Zea mays* L.)
- Uso final del cultivo: alimentos y piensos
- Sistema de cultivo actual: monocultivo
- Sistema de riego: inundación
- Época de recolección: octubre
- Prácticas agrícolas actuales:
  - Labranza intensiva
  - Fertilizante mineral
  - Plaguicidas
  - Herbicidas
- Cadena de valor actual:
  - Productor
  - Distribución
  - Agroindustria
  - Mayorista
  - Supermercado





## Caso de estudio 3: Principales problemas ambientales

- Poca biodiversidad del suelo
- Suelo con bajo contenido de materia orgánica
- Estructura del suelo débil
- Contaminación del agua, el aire y el suelo





## Caso de estudio 3: Sistemas de cultivo diversificados en secano

- A. Monocultivo** (M): Monocultivo de trigo (*Triticum durum*)
  
- B. Diversificación** (D): trigo – cebada (*Hordeum vulgare*) – veza (*Vicia sativa*) rotación para alimento (trigo) y pienso (cebada y veza) durante 2018, 2019 y 2020. Las tres fases de la rotación se darán cada uno de los años del experimento.



## Caso de estudio 3: Sistemas de cultivo diversificados en regadío

- A. Monocultivo de maíz (*Zea mays*) (MC)**
- B. Diversificación 1 (D1):** cultivos múltiples de cebada – maíz para uso alimentario (maíz) y pienso (cebada) durante 2018, 2019 y 2020.
- C. Diversificación 2 (D2):** cultivos múltiples de guisante – maíz para uso alimentario (maíz) y pienso (guisante) durante 2018, 2019 y 2020.



## Caso de estudio 3: Prácticas agrícolas con uso reducido de insumos

**Condiciones en seco:**

- Reducción de la intensidad de labranza

**Condiciones en seco:**

- Optimización de la fertilización de N





## Caso de estudio 3: Diseño experimental en seco:

- **Factores de estudio:** 1. Diversificación de cultivos, 2. Labranza
- **Diseño experimental:** Diseño aleatorizado del bloque completo
- **Réplicas:** Parcelas replicadas en tres campos.
- **Tamaño de la parcela:** 6 × 40 m, 240 m<sup>2</sup>.
- **Control y muestreo del cultivo:** en la cosecha de cada cultivo y parcela. Se tomarán tres muestras por parcela.
- **Muestreo del suelo:**
  - Época y frecuencia: cada principio de octubre durante tres ciclos de cultivo.
  - Profundidad del suelo: capa arable (0-10 y 10-30 cm).
  - Número de muestras: tres muestras compuestas por parcela (nueve muestras por tratamiento) en el WP5. Para el WP4 se seleccionarán cinco de las nueve muestras por tratamiento.



## Caso de estudio 3: Diseño experimental en regadío

- **Factores de estudio:** 1. Diversificación de cultivos, 2. Optimización de la fertilización
- **Diseño experimental:** Diseño aleatorizado del bloque completo
- **Réplicas:** Parcelas replicadas en tres campos.
- **Tamaño de la parcela:** 6 × 30 m, 180 m<sup>2</sup>.
- **Control y muestreo del cultivo:** en la cosecha de cada cultivo y parcela. Se tomarán tres muestras por parcela.
- **Muestreo del suelo:**
  - Época y frecuencia: cada principio de octubre durante tres ciclos de cultivo.
  - Profundidad del suelo: capa arable (0-10 y 10-30 cm).
  - Número de muestras: tres muestras compuestas por parcela (nueve muestras por tratamiento) en el WP5. Para el WP4 se seleccionarán cinco de las nueve muestras por tratamiento.
- **Mediciones de las emisiones de gases de efecto invernadero:** 25 mediciones por año en las parcelas en las que se tomen muestras de suelo.



# Caso de estudio 3: Estructura del experimento (secano)





# Caso de estudio 3: Estructura del experimento (regadío)





## Caso de estudio 3: Variables medioambientales

- Elevación.
- Temperatura media anual.
- Precipitación media anual.
- ETP media anual.
- Radiación solar.
- Temperatura máxima diaria.
- Temperatura media diaria.
- Temperatura máxima diaria.
- Precipitación diaria acumulada.
- Humedad del aire.
- Velocidad del viento.



# Caso de estudio 3: Propiedades del cultivo

## 1. Crecimiento del cultivo

- Establecimiento del cultivo.
- Biomasa superficial.

## 2. Incidencia de plagas y enfermedades

- Porcentaje de daños.

## 3. Rendimiento del cultivo

- Rendimiento del cultivo.

## 4. Calidad del cultivo

- Peso de mil granos, peso específico del grano, humedad del grano.
- Proteína, gluten (trigo).

## 5. Valoración nutricional

- Ninguna



# Caso de estudio 3: Propiedades biológicas del suelo

## 1. Estructura de la comunidad microbiana y patógenos del suelo

- Extracción de ADN del suelo, amplificación y secuenciación de nueva generación.

## 2. Actividad enzimática y genes funcionales

- Actividades de deshidrogenasa,  $\beta$ -glucosidasa, leucina aminopeptidasa, fosfatasa alcalina y arilsulfatasa.
- Nitrificación potencial.
- Transcriptoma de las poblaciones microbianas activas mediante PCR en tiempo real y secuenciación del ARN.

## 3. Lombrices

- Identificación, densidad y masa de la especie.
- Densidad y masa por grupo ecológico.
- Masa y densidad totales.
- Solo se miden al empezar y al terminar el periodo de experimentación.



# Caso de estudio 3: Propiedades fisicoquímicas del suelo

## 1. Fertilidad y contaminantes del suelo

- N total, amonio, nitrato y cantidades disponibles de P, K, Ca, Mg.
- pH, conductividad eléctrica, capacidad de intercambio catiónico y suma de bases.

## 2. Estructura del suelo y captura de carbono

- Densidad aparente, contenido hídrico del suelo en el punto de marchitez y capacidad de campo, humedad real del suelo, textura, carbono orgánico total, fracciones funcionales de carbono orgánico, estabilidad de los agregados, distribución del tamaño de los agregados.

## 3. Emisiones de gases de efecto invernadero (para el caso de estudio de regadío)

- $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  y  $\text{CH}_4$  del suelo.
- Emisiones totales mediante análisis del ciclo de vida.



## Caso de estudio n.º 3 Coordinador



**JORGE ÁLVARO-FUENTES**

CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS (CSIC)

[jorgeaf@eead.csic.es](mailto:jorgeaf@eead.csic.es)

Tel.: +34 976 71 6123



**CASO DE  
ESTUDIO N.º 4**

**Cultivo perenne de secano  
(olivar) en España**



## CASO DE ESTUDIO N.º 4

Socios participantes

UCO, ASAJA, DFM

Autores:

Luis Parras, Beatriz Lozano, Eloísa Agüera, Purificación de la Haba, Elena Lázaro, Manuel Parras, Francisco José Torres Ruiz, Manuela Vega Zamora, Manuel González, (UCO)

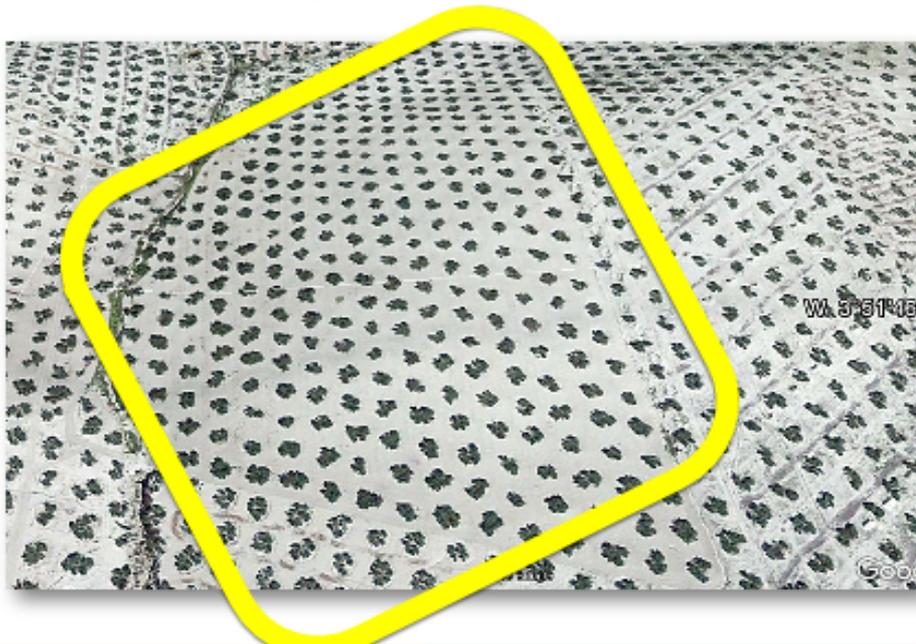
Correo electrónico del autor principal

[luis.parras@uco.es](mailto:luis.parras@uco.es)



## Caso de estudio 4: Olivar de secano

- Región edafoclimática: SUR MEDITERRÁNEO
- País: ESPAÑA
- Lugar: TORREDELCAMPO-JAÉN (REGIÓN DE ANDALUCÍA)
- Coordenadas geográficas: 37° 46' 26" N, 3° 54' 41.5" W
- Temperatura media anual: 17 °C
- Precipitación media anual: 645,7 mm
- Evapotranspiración potencial anual: 916 mm





## Caso de estudio 4: Características principales

- Extensión de la explotación: 6 ha
- Superficie de experimentación de Diverfarming: 3 ha (200 árboles)
- Cultivo actual: Oliva (*Olea europaea* var. picual)
- Uso final del cultivo: alimentario
- Sistema actual de cultivo: monocultivo permanente convencional de secano (marco 12 × 12 m)
- Época de recolección: diciembre-febrero (floración en abril-mayo)
- Prácticas agrícolas actuales:
  - Labranza intensiva (pases anuales de grada de disco y cultivador en primavera, seguidos por rastra de púas en verano)
  - Fertilizante mineral (urea, 46 % N) aplicado en años alternos en invierno, justo después de la cosecha.
  - Plaguicidas
  - Herbicidas (aplicación de un herbicida de amplio espectro en otoño para controlar las malas hierbas bajo los árboles)
  - Restos de poda 6 Mg ha<sup>-1</sup> cada 2 años.
- Cadena de valor actual: (A granel o embotellado)
  1. Productor, agroindustria, comercialización directa
  2. Productor, agroindustria, distribución, calidad y certificación, exportador, minorista, supermercado





## Caso de estudio 4: Principales problemas ambientales

- Poca biodiversidad subterránea y en superficie
- Erosión causada por el agua
- Baja calidad del suelo
- Suelo con bajo contenido de materia orgánica





## Caso de estudio 4: Sistemas de cultivo diversificados

### A. Monocultivo de olivo (MC)

**B. Diversificación 1 (D1):** olivos intercalados con avena y veza (*Avena sativa* y *Vicia sativa*) para pienso (enero-mayo), durante 2018, 2019 y 2020.

**C. Diversificación 2 (D2):** olivos intercalados con rotaciones de:

- 2018-2020: cultivo de azafrán (*Crocus sativus*) para uso alimentario (septiembre-octubre).
- 2018-2020: cultivo de alcaparra (*Capparis spinosa*) para uso alimentario (mayo-septiembre).



## Caso de estudio 4: Cultivos intercalados

Se pueden producir cultivos anuales entre las hileras de olivos, que están separadas 5 m.





## Caso de estudio 4: Prácticas agrícolas con uso reducido de insumos

1. Sin labranza.
2. Cultivos de cobertura (en las hileras de árboles)
3. Acolchado (*mulching*) con restos de poda triturados



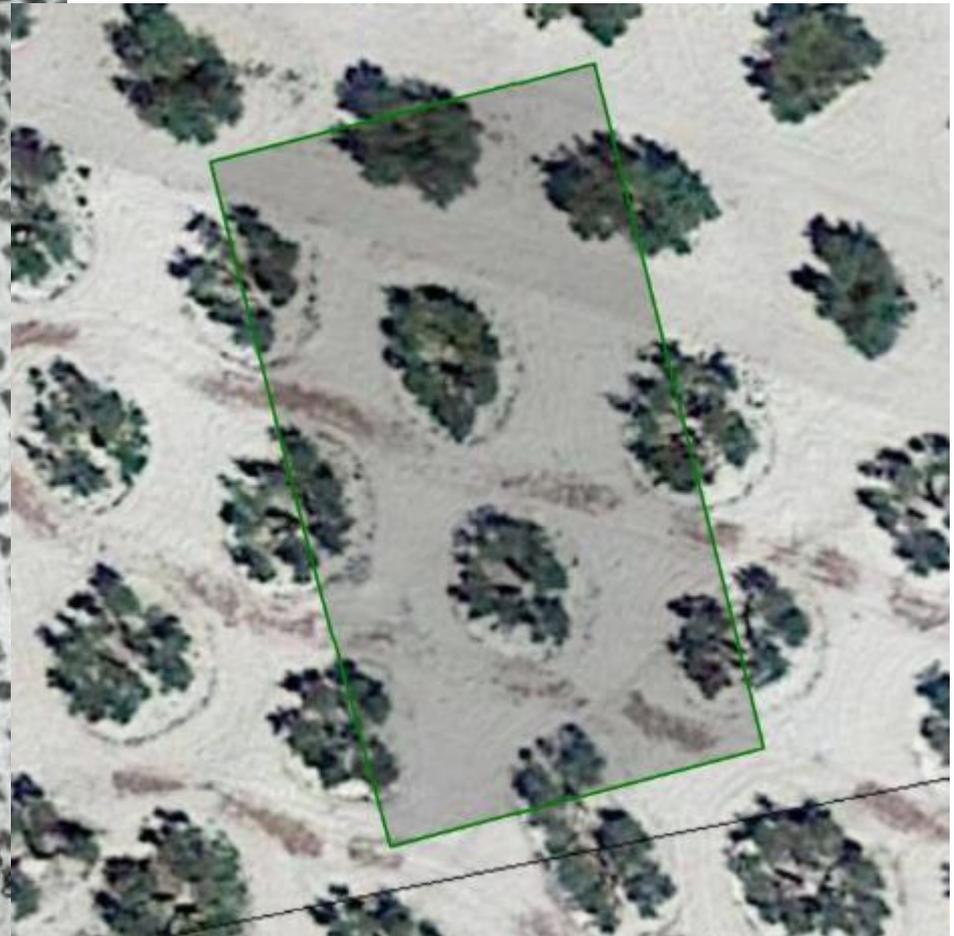
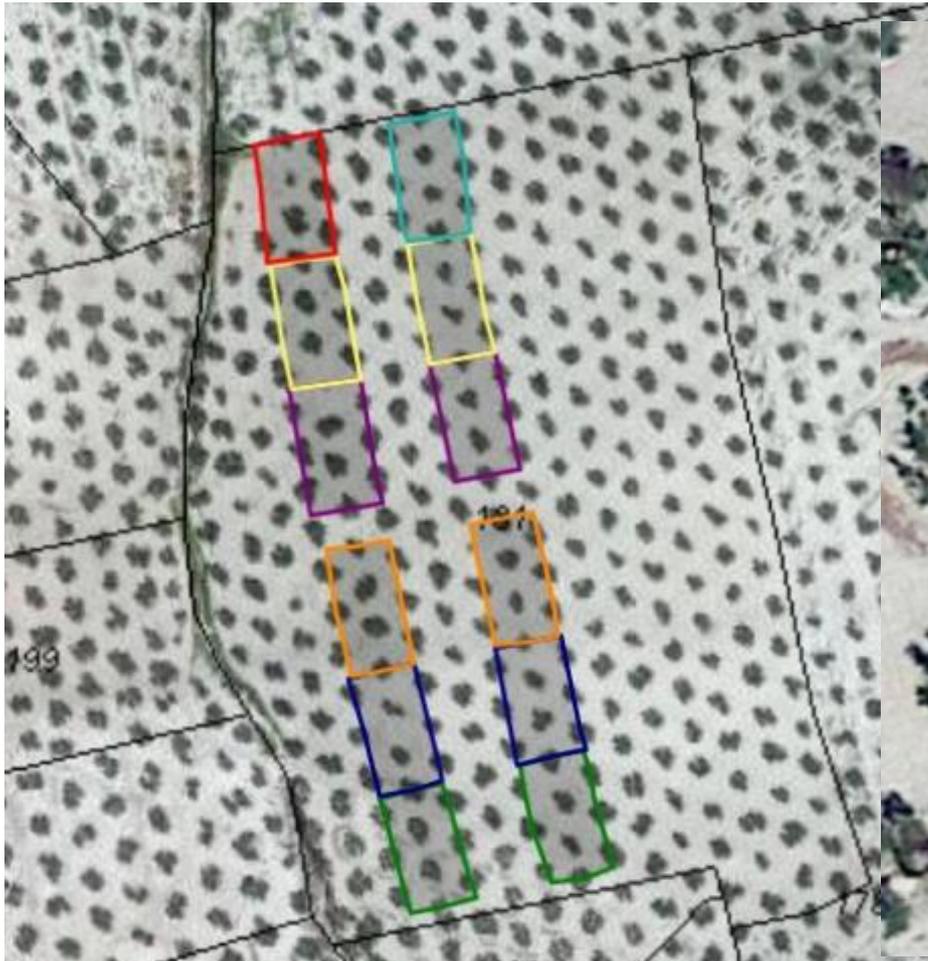


## Caso de estudio 4: Diseño experimental

- **Factores de estudio:** 1. Diversificación de cultivos, 2. Restos de poda triturados, 3. Cultivos de cobertura.
- **Diseño experimental:** Parcela en franjas (*strip-plot*) en bloques de diversificación.
- **Réplicas:** Parcelas replicadas en tres campos.
- **Tamaño de la parcela:** tres hileras de ocho árboles, 800 m<sup>2</sup>.
- **Control y muestreo del cultivo:** en la cosecha de cada cultivo y parcela. Solo se controlarán y muestrearán los dos árboles del centro de la hilera central de cada parcela. Los cultivos anuales se controlarán y muestrearán en ambas calles entre las hileras de árboles.
- **Muestreo del suelo:**
  - Época y frecuencia: cada principio de noviembre durante tres ciclos de cultivo, solo en las calles de las parcelas.
  - Profundidad del suelo: capa arable (0-10 y 10-30 cm).
  - Número de muestras: tres muestras compuestas por parcela (nueve muestras por tratamiento) en el WP5. Para el WP4 se seleccionarán cinco de las nueve muestras por tratamiento.
- **Mediciones de las emisiones de gases de efecto invernadero:** 25 mediciones por año en las parcelas en las que se tomen muestras de suelo.
- **Mediciones de la erosión:** basada en fenómenos en los tratamientos con riego deficitario.



# Caso de estudio 4: Estructura del experimento





## Caso de estudio 4: Variables medioambientales

- Elevación.
- Temperatura media anual.
- Precipitación media anual.
- ETP media anual.
- Radiación solar.
- Temperatura máxima diaria.
- Temperatura media diaria.
- Temperatura máxima diaria.
- Precipitación diaria acumulada.
- Humedad del aire.
- Velocidad del viento.



# Caso de estudio 4: Propiedades del cultivo

## 1. Crecimiento del cultivo

- Biomasa superficial en los cultivos intercalados anuales.
- Altura del árbol, área de la sección transversal del tronco, índice de superficie foliar, tasa de asimilación neta.

## 2. Incidencia de plagas y enfermedades

- Plantas afectadas por plagas o enfermedades, poblaciones de plagas, porcentaje de daños e incidencia de enfermedades.

## 3. Rendimiento del cultivo

- Rendimiento del cultivo en los cultivos perennes y anuales, rendimiento comercial.
- Ratio equivalente de tierra y productividad de la tierra.

## 4. Calidad del cultivo

- Peso específico, humedad del grano, proteína, gluten, alveograma, valor panadero, contenido de grasa, peso de mil granos).
- Variación del peso y tamaño del fruto.
- Grano y peso de la biomasa.
- Sólidos solubles, grado de acidez y calidad de la materia grasa de las olivas.

## 5. Valoración nutricional

- Ninguna



# Caso de estudio 4: Propiedades biológicas del suelo

## 1. Estructura de la comunidad microbiana y patógenos del suelo

- Extracción de ADN del suelo, amplificación y secuenciación de nueva generación.

## 2. Actividad enzimática y genes funcionales

- Actividades de deshidrogenasa,  $\beta$ -glucosidasa, leucina aminopeptidasa, fosfatasa alcalina y arilsulfatasa.
- Nitrificación potencial.
- Transcriptoma de las poblaciones microbianas activas mediante PCR en tiempo real y secuenciación del ARN.

## 3. Lombrices

- Identificación, densidad y masa de la especie.
- Densidad y masa por grupo ecológico.
- Masa y densidad totales.
- Solo se miden al empezar y al terminar el periodo de experimentación.



# Caso de estudio 4: Propiedades de la biodiversidad vegetal

## 1. Especies de plantas

- Identificación y riqueza.

## 2. Vegetación

- Cobertura.
- Índice de similitud.
- Distribución espacial en general mediante evaluación óptica con vehículo aéreo no tripulado (VANT).

## 3. Captura de carbono de los cultivos leñosos

- Tasa de fotosíntesis neta, tasa de transpiración, conductancia estomática, superficie foliar, relación C/N foliar.



# Caso de estudio 4: Propiedades fisicoquímicas del suelo

## 1. Fertilidad y contaminantes del suelo

- N total, amonio, nitrato y cantidades disponibles de P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, y Zn.
- Plaguicidas totales
- pH, conductividad eléctrica, capacidad de intercambio catiónico y suma de bases.

## 2. Estructura del suelo y captura de carbono

- Densidad aparente, contenido hídrico del suelo en el punto de marchitez y capacidad de campo, humedad real del suelo, textura, carbono orgánico total, fracciones funcionales de carbono orgánico, estabilidad de los agregados, distribución del tamaño de los agregados, conductividad hidráulica saturada, infiltración del agua.

## 3. Tasas de erosión

- Caracterización básica de los procesos y las tasas de erosión y mediciones basadas en fenómenos de la erosión entre regueros, erosión en regueros, erosión en cárcavas, generación de escorrentía. Simulación de precipitaciones solo cuando no hay fenómenos.
- Medición de las pérdidas de nutrientes y carbono orgánico.

## 4. Emisiones de gases de efecto invernadero

- CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O y CH<sub>4</sub> del suelo.



## Caso de estudio n.º 4 Coordinador



**LUIS PARRAS ALCÁNTARA**

UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

[luis.parras@uco.es](mailto:luis.parras@uco.es)  
Tel.: +34 957211092





**CASO DE  
ESTUDIO N. ° 5**

**Rotación de cultivos anuales  
diversificados en Italia**



## CASO DE ESTUDIO N. ° 5

Socios participantes

CCP, UT, CREA, Barilla

Autores:

Davide Rocca (CCP), Emanuele Blasi (UT), Roberta Farina (CREA)

Correo electrónico del autor principal

[roberta.farina@crea.gov.it](mailto:roberta.farina@crea.gov.it)



## Caso de estudio 5: Tierra cultivable con trigo duro (DW) y tomate (TO)

- Región edafoclimática: NORTE MEDITERRÁNEO
- País: ITALIA
- Lugar: Valle del Po – Región de Lombardía - Provincia de Mantua
- Coordenadas geográficas: 45° 16,529' N, 10° 30,855' E
- Temperatura media anual: 13,2 °C
- Precipitación media anual: 684 mm





## Caso de estudio 5: Características principales

- Extensión de la explotación: 131 ha
- Superficie de experimentación de Diverfarming: 18,2 ha
- Cultivo actual: trigo duro y tomate
- Uso final del cultivo: alimentario
- Sistema de cultivo actual: rotación bienal
  - secano (*Triticum durum Desf.* )
  - regadío (*Solanum lycopersicum L.* )
- Época de recolección: final de primavera - verano
- Prácticas agrícolas actuales:
  - Labranza intensiva
  - Fertilizante mineral
  - Control integrado de las plagas
- Cadena de valor actual:
  - Productor
  - Calidad y certificación
  - Mayorista y transformador
  - Supermercado





## Caso de estudio 5: Principales problemas ambientales

- Suelo con bajo contenido de materia orgánica
- Compactación del suelo y baja estabilidad de los agregados
- Riesgo de escasez del agua de riego
- Contaminación del agua y el suelo
- Gestión del nitrato
- Simplificación del paisaje





## Caso de estudio 5: Sistemas de cultivo diversificados

- A. **Tomate-Trigo** (T-W): situación actual
- B. **Diversificación 1** (D1): introducción de un cultivo de leguminosas en la rotación (guisante para uso alimentario)
- C. **Diversificación 2** (D2): introducción del tomate como segundo cultivo de la rotación después del guisante (cultivos múltiples)



## Caso de estudio 5: nuevo cultivo en la rotación y abono orgánico





## Caso de estudio 5: Prácticas agrícolas con uso reducido de insumos

1. Uso de abono orgánico (purines de cerdo/dos dosis)
2. Labranza reducida
3. Riego integrado, control de las plagas y los fertilizantes (uso de la siembra directa en seco en el cultivo del trigo duro)





## Caso de estudio 5: Diseño experimental

- **Factores del experimento:** 1. Explotaciones (bloque), 2. Diversificación de cultivos, 3. Administración de fertilizantes (dosis de purines de cerdo)
- **Diseño experimental:** Bloque aleatorizado considerando todos los casos de estudio como bloques (CS5, CS6, CS7). Diseño de bloque en franjas en cada explotación.
- **Réplicas:** Dentro de la explotación, la parcela principal es el cultivo (3 réplicas × 3 cultivos + control) y la subparcela (3 réplicas) es la dosis de purín de cerdo (2 dosis)
- **Tamaño de la parcela:** parcela principal 5 ha, subparcela aproximadamente 1/2 de la parcela principal
- **Control y muestreo del cultivo:** control en estados fenológicos concretos del tomate y el trigo duro, en la cosecha de cada cultivo, parcelas y subparcelas. Evaluación de la calidad
- **Muestreo del suelo:**
  - Época y frecuencia: cada año de acuerdo con el ciclo de los cultivos o la temporada de cultivo (3 muestras por cada subparcela).
  - Profundidad del suelo: capa arable (0-10 y 10-30 cm).
  - Número de muestras: 3 muestras compuestas por parcela en WP5 (3 cultivos + control × 2 dosis × 2 profundidades × 3 réplicas = 48 muestras). Para el WP4, se seleccionarán 4 de cada 9 muestras por tratamiento (cultivo) + 1 del control.
- **Mediciones de las emisiones de gases de efecto invernadero:** 25 mediciones por año y explotación (unas 300 muestras).



# Caso de estudio 5: Estructura del experimento





## Caso de estudio 5: Variables medioambientales

- Elevación.
- Temperatura media anual.
- Precipitación media anual.
- ETP media anual.
- Radiación solar.
- Temperatura máxima diaria.
- Temperatura media diaria.
- Temperatura máxima diaria.
- Precipitación diaria acumulada.
- Humedad del aire.
- Velocidad del viento.



# Caso de estudio 5: Propiedades del cultivo

## 1. Crecimiento del cultivo

- Biomasa del cultivo
- Establecimiento del cultivo (plantas/m<sup>2</sup>)

## 2. Incidencia de plagas y enfermedades

- Plantas afectadas por plagas o enfermedades, poblaciones de plagas, porcentaje de daños e incidencia de enfermedades.

## 3. Rendimiento del cultivo

- Rendimiento del cultivo, rendimiento comercial.
- Productividad de la tierra.

## 4. Calidad del cultivo

- Calidad del tomate (grados brix, licopeno, propiedades físicas).
- Calidad del trigo (peso de mil granos, peso específico del grano, humedad del grano, proteína, índice de gluten).

## 5. Valoración nutricional

- Ninguna



# Caso de estudio 5: Propiedades biológicas del suelo

## 1. Estructura de la comunidad microbiana y patógenos del suelo

- Extracción de ADN del suelo, amplificación y secuenciación de nueva generación.

## 2. Actividad enzimática y genes funcionales

- Actividades de deshidrogenasa,  $\beta$ -glucosidasa, leucina aminopeptidasa, fosfatasa alcalina y arilsulfatasa.
- Nitrificación potencial.
- Transcriptoma de las poblaciones microbianas activas mediante PCR en tiempo real y secuenciación del ARN.

## 3. Lombrices

- Masa y densidad totales.
- Solo se miden al empezar y al terminar el periodo de experimentación.



# Caso de estudio 5: Propiedades de la biodiversidad vegetal

## 1. Especies de plantas

- Identificación y riqueza.

## 2. Vegetación

- Cobertura.
- Índice de similitud.





# Caso de estudio 5: Propiedades fisicoquímicas del suelo

## 1. Fertilidad y contaminantes del suelo

- N total, amonio, nitrato y cantidades disponibles de P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn y B.
- Cd, Pb, Ni, Cr, As, Al
- pH, conductividad eléctrica, capacidad de intercambio catiónico y suma de bases.

## 2. Estructura del suelo y captura de carbono

- Densidad aparente (principio/final), contenido hídrico del suelo en el punto de marchitez y capacidad de campo (solo una vez), humedad real del suelo (en el momento del muestreo), textura (solo una vez), carbono orgánico total, carbonatos, estabilidad de los agregados (principio/final), distribución del tamaño de los agregados (principio/final).

## 4. Emisiones de gases de efecto invernadero

- CO<sub>2</sub> y N<sub>2</sub>O del suelo.
- Emisiones totales mediante modelado.



## Caso de estudio n. ° 5 Coordinadores



**DAVIDE ROCCA**

Consorzio Casalasco  
del Pomodoro

[drocca@ccdp.it](mailto:drocca@ccdp.it)

+39 3497473469

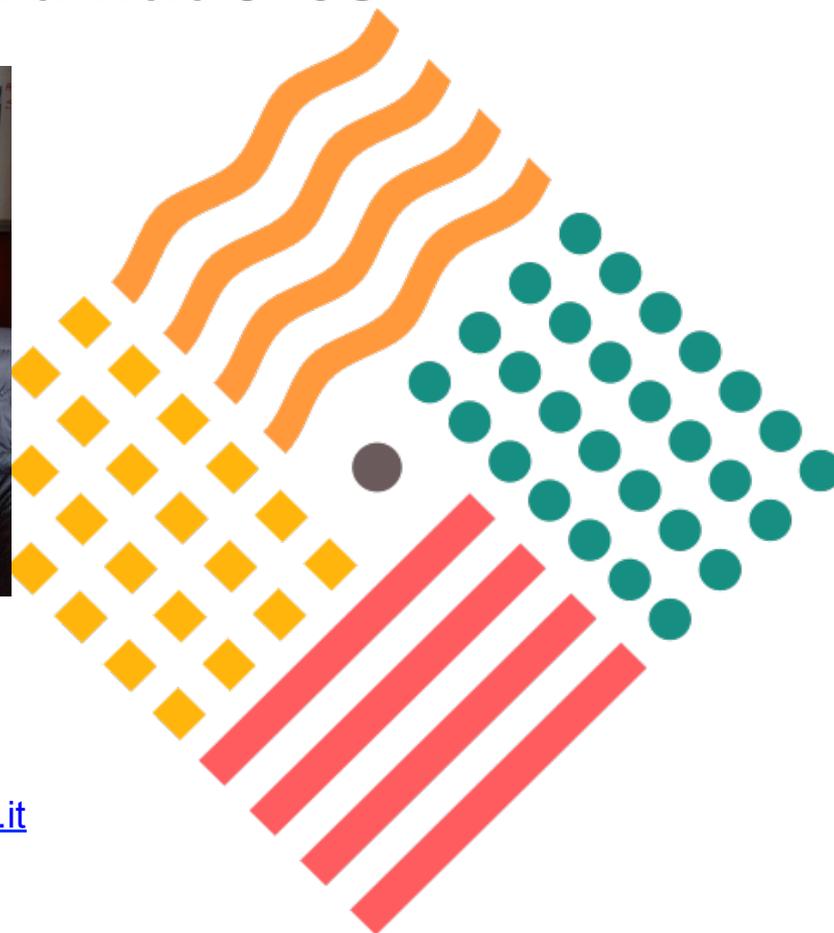


**ROBERTA  
FARINA**

CREA-AA

[roberta.farina@crea.gov.it](mailto:roberta.farina@crea.gov.it)

+39 3281555714





**CASO DE  
ESTUDIO N. ° 6**

**Rotación de cultivos anuales  
diversificados en Italia**



## CASO DE ESTUDIO N. ° 6

Socios participantes

CCP, UTu, CREA, Barilla

Autores:

Davide Rocca (CCP), Emanuele Blasi (UTu), Roberta Farina (CREA)

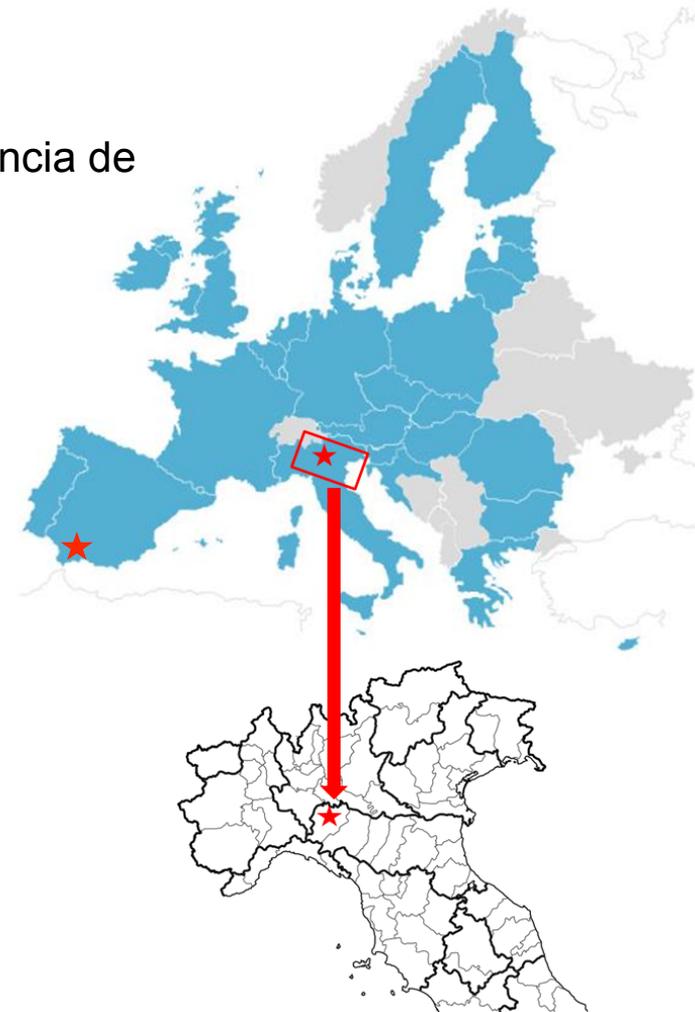
Correo electrónico del autor principal

roberta.farina@crea.gov.it



## Caso de estudio 6: Cultivo intensivo de trigo duro (DW) y tomate (TO)

- Región edafoclimática: NORTE MEDITERRÁNEO
- País: ITALIA
- Lugar: Valle del Po – Región de Emilia Romagna - Provincia de Piacenza
- Coordenadas geográficas: 44° 55.740' N, 9° 48.754' E
- Temperatura media anual: 11,8 °C
- Precipitación media anual: 836 mm





## Caso de estudio 6: Características principales

- Extensión de la explotación: 48 ha
- Superficie de experimentación de Diverfarming: 18 ha
- Cultivo actual: trigo duro o tomate
- Uso final del cultivo: alimentario
- Sistema de cultivo actual – rotación bienal:
  - trigo de secano (*Triticum durum*) - tomate de regadío (*Solanum lycopersicum*)
- Época de recolección: final de primavera - verano
- Prácticas agrícolas actuales:
  - Labranza intensiva
  - Fertilizante mineral
  - Control integrado de las plagas
- Cadena de valor actual:
  - Productor
  - Calidad y certificación
  - Mayorista y transformador
  - Supermercado





## Caso de estudio 6: Principales problemas ambientales

- Suelo con bajo contenido de materia orgánica
- Compactación del suelo y baja estabilidad de los agregados
- Riesgo de escasez del agua de riego
- Contaminación del agua y el suelo
- Gestión del nitrato
- Simplificación del paisaje





## Caso de estudio 6: Sistemas de cultivo diversificados

- A. **Tomate-Trigo** (T-W): situación actual
- B. **Diversificación 1** (D1): introducción de un cultivo de leguminosas en la rotación (guisante para uso alimentario)
- C. **Diversificación 2** (D2): introducción del tomate como segundo cultivo de la rotación después del guisante (cultivos múltiples)



## Caso de estudio 6: rotación de cultivos y uso de digestato

El digestato es el subproducto del proceso de digestión anaerobia del biogás. La disponibilidad de digestato es muy grande en la zona y casi se puede conseguir gratis. Podría representar una alternativa viable a los fertilizantes minerales. Es necesario evaluar su efecto sobre el sistema suelo-cultivo-agua.





## Caso de estudio 6: Prácticas agrícolas con uso reducido de insumos

1. Uso de abono orgánico (digestato/dos dosis)
2. Labranza reducida (para el trigo)
3. Riego integrado, control de las plagas y los fertilizantes (uso de la siembra directa en seco en el cultivo del trigo duro)





## Caso de estudio 6: Diseño experimental

- **Factores del experimento:** 1. Explotaciones (bloque), 2. Diversificación de cultivos, 3. Gestión de la fertilización (dosis de digestato)
- **Diseño experimental:** Bloque aleatorizado considerando todos los casos de estudio como bloques (CS5, CS6, CS7). Diseño de bloque en franjas en cada explotación.
- **Réplicas:** Dentro de la explotación, la parcela principal es el cultivo (3 réplicas × 3 cultivos + control) y la subparcela (3 réplicas) es la dosis de digestato (2 dosis)
- **Tamaño de la parcela:** parcela principal 5 ha, subparcela aproximadamente 1/2 de la parcela principal
- **Control y muestreo del cultivo:** control en estados fenológicos concretos del tomate y el trigo duro, en la cosecha de cada cultivo, parcelas y subparcelas. Evaluación de la calidad
- **Muestreo del suelo:**
  - Época y frecuencia: cada año de acuerdo con el ciclo de los cultivos o la temporada de cultivo (3 muestras por cada subparcela).
  - Profundidad del suelo: capa arable (0-10 y 10-30 cm).
  - Número de muestras: 3 muestras compuestas por parcela en WP5 ([3 cultivos + control] × 2 dosis × 2 profundidades × 3 réplicas = 48 muestras)]. Para el WP4, se seleccionarán 4 de cada 9 muestras por tratamiento (cultivo) + 1 del control.
- **Mediciones de las emisiones de gases de efecto invernadero:** 25 mediciones por año y explotación (unas 300 muestras).



## Caso de estudio 6: Estructura del experimento





## Caso de estudio 6: Variables medioambientales

- Elevación.
- Temperatura media anual.
- Precipitación media anual.
- ETP media anual.
- Radiación solar.
- Temperatura máxima diaria.
- Temperatura media diaria.
- Temperatura máxima diaria.
- Precipitación diaria acumulada.
- Humedad del aire.
- Velocidad del viento.





# Caso de estudio 6: Propiedades del cultivo

## 1. Crecimiento del cultivo

- Biomasa del cultivo
- Establecimiento del cultivo (plantas/m<sup>2</sup>)

## 2. Incidencia de plagas y enfermedades

- Plantas afectadas por plagas o enfermedades, poblaciones de plagas, porcentaje de daños e incidencia de enfermedades.

## 3. Rendimiento del cultivo

- Rendimiento del cultivo, rendimiento comercial.
- Productividad de la tierra.

## 4. Calidad del cultivo

- Calidad del tomate (grados brix, licopeno, propiedades físicas).
- Calidad del trigo (peso de mil granos, humedad del grano, proteína, índice de gluten).

## 5. Valoración nutricional

- Ninguna



# Caso de estudio 6: Propiedades biológicas del suelo

## 1. Estructura de la comunidad microbiana y patógenos del suelo

- Extracción de ADN del suelo, amplificación y secuenciación de nueva generación.

## 2. Actividad enzimática y genes funcionales

- Actividades de deshidrogenasa,  $\beta$ -glucosidasa, leucina aminopeptidasa, fosfatasa alcalina y arilsulfatasa.
- Nitrificación potencial.
- Transcriptoma de las poblaciones microbianas activas mediante PCR en tiempo real y secuenciación del ARN.

## 3. Lombrices

- Masa y densidad totales.
- Solo se miden al empezar y al terminar el periodo de experimentación.



# Caso de estudio 6: Propiedades de la biodiversidad vegetal

## 1. Especies de plantas

- Identificación y riqueza.

## 2. Vegetación

- Cobertura.
- Índice de similitud.





# Caso de estudio 6: Propiedades fisicoquímicas del suelo

## 1. Fertilidad y contaminantes del suelo

- N total, amonio, nitrato y cantidades disponibles de P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn y B.
- Cd, Pb, Ni, Cr, As, Al
- pH, conductividad eléctrica, capacidad de intercambio catiónico y suma de bases.

## 2. Estructura del suelo y captura de carbono

- Densidad aparente (principio/final), contenido hídrico del suelo en el punto de marchitez y capacidad de campo (solo una vez), humedad real del suelo (en el momento del muestreo), textura (solo una vez), carbono orgánico total, carbonatos, estabilidad de los agregados (principio/final), distribución del tamaño de los agregados (principio/final).

## 4. Emisiones de gases de efecto invernadero

- CO<sub>2</sub> y N<sub>2</sub>O del suelo.
- Emisiones totales mediante modelado.



## Caso de estudio n. ° 6 Coordinadores



**DAVIDE ROCCA**

Consorzio Casalasco  
del Pomodoro

[drocca@ccdp.it](mailto:drocca@ccdp.it)

+39 3497473469



**ROBERTA  
FARINA**

CREA-AA

[roberta.farina@crea.gov.it](mailto:roberta.farina@crea.gov.it)

+39 3281555714





# **CASO DE ESTUDIO N. ° 7**

**Rotación de cultivos anuales  
diversificados en Italia**



<b>CASO DE ESTUDIO N. ° 7</b>	
Socios participantes	CCP, UTu, CREA, Barilla
Autores:	Davide Rocca (CCP), Emanuele Blasi (UTu), Roberta Farina (CREA)
Correo electrónico del autor principal	roberta.farina@crea.gov.it



## Caso de estudio 7: Cultivo intensivo trigo duro (DW) y tomate (TO)

- Región edafoclimática: NORTE MEDITERRÁNEO
- País: ITALIA
- Lugar: Valle del Po – Región de Lombardía - Provinc Cremona
- Textura del suelo: suelo limoso
- Coordinadas geográficas 7: 45° 4.997' N, 10° 26.04E
- Temperatura media anual: 13,2 °C
- Precipitación media anual: 760 mm





## Caso de estudio 7: Características principales

- Extensión de las explotaciones: 84,3 ha
- Superficie de experimentación de Diverfarming: 18,1 ha
- Cultivo actual: trigo duro o tomate
- Uso final del cultivo: alimentario
- Sistema de cultivo actual: rotación bienal
  - secano (*Triticum durum Desf.* )
  - regadío (*Solanum lycopersicum L.* )
- Época de recolección: final de primavera - verano
- Prácticas agrícolas actuales:
  - Labranza intensiva
  - Fertilizante mineral
  - Control integrado de las plagas
- Cadena de valor actual:
  - Productor
  - Calidad y certificación
  - Mayorista y transformador
  - Supermercado





## Caso de estudio 7: Principales problemas ambientales

- Suelo con bajo contenido de materia orgánica
- Compactación del suelo y baja estabilidad de los agregados
- Riesgo de escasez del agua de riego
- Contaminación del agua y el suelo
- Gestión del nitrato
- Simplificación del paisaje





## Caso de estudio 7: Sistemas de cultivo diversificados

- A. **Tomate-Trigo** (T-W): situación actual
- B. **Diversificación 1** (D1): introducción de un cultivo de leguminosas en la rotación (guisante para uso alimentario)
- C. **Diversificación 2** (D2): introducción del tomate como segundo cultivo de la rotación después del guisante (cultivos múltiples)



## Caso de estudio 7: rotación de cultivos y uso de digestato

El digestato es el subproducto del proceso de digestión anaerobia del biogás. La disponibilidad de digestato es muy grande en la zona y casi se puede conseguir gratis. Podría representar una alternativa viable a los fertilizantes minerales. Es necesario evaluar su efecto sobre el sistema suelo-cultivo-agua.





## Caso de estudio 7: Prácticas agrícolas con uso reducido de insumos

1. Uso de abono orgánico (digestato/dos dosis)
2. Labranza reducida (para el trigo)
3. Riego integrado, control de las plagas y los fertilizantes (uso de la siembra directa en seco en el cultivo del trigo duro)





## Caso de estudio 7: Diseño experimental

- **Factores del experimento:** 1. Explotaciones (bloque), 2. Diversificación de cultivos, 3. Gestión de la fertilización (dosis de digestato)
- **Diseño experimental:** Bloque aleatorizado considerando todos los casos de estudio como bloques (CS5, CS6, CS7). Diseño de bloque en franjas en cada explotación.
- **Réplicas:** Dentro de la explotación, la parcela principal es el cultivo (3 réplicas × 3 cultivos + control) y la subparcela (3 réplicas) es la dosis de digestato (2 dosis)
- **Tamaño de la parcela:** parcela principal 5 ha, subparcela aproximadamente 1/2 de la parcela principal
- **Control y muestreo del cultivo:** control en estados fenológicos concretos del tomate y el trigo duro, en la cosecha de cada cultivo, parcelas y subparcelas. Evaluación de la calidad
- **Muestreo del suelo:**
  - Época y frecuencia: cada año de acuerdo con el ciclo de los cultivos o la temporada de cultivo (3 muestras por cada subparcela).
  - Profundidad del suelo: capa arable (0-10 y 10-30 cm).
  - Número de muestras: 3 muestras compuestas por parcela en WP5 ([3 cultivos + control] × 2 dosis × 2 profundidades × 3 réplicas = 48 muestras)]. Para el WP4, se seleccionarán 4 de cada 9 muestras por tratamiento (cultivo) + 1 del control.
- **Mediciones de las emisiones de gases de efecto invernadero:** 25 mediciones por año y explotación (unas 300 muestras).



## Caso de estudio 7: Estructura del experimento





## Caso de estudio 7: Variables medioambientales

- Elevación.
- Temperatura media anual.
- Precipitación media anual.
- ETP media anual.
- Radiación solar.
- Temperatura máxima diaria.
- Temperatura media diaria.
- Temperatura máxima diaria.
- Precipitación diaria acumulada.
- Humedad del aire.
- Velocidad del viento.





# Caso de estudio 7: Propiedades del cultivo

## 1. Crecimiento del cultivo

- Biomasa del cultivo
- Establecimiento del cultivo (plantas/m<sup>2</sup>)

## 2. Incidencia de plagas y enfermedades

- Plantas afectadas por plagas o enfermedades, poblaciones de plagas, porcentaje de daños e incidencia de enfermedades.

## 3. Rendimiento del cultivo

- Rendimiento del cultivo, rendimiento comercial.
- Productividad de la tierra.

## 4. Calidad del cultivo

- Calidad del tomate (grados brix, licopeno, propiedades físicas).
- Calidad del trigo (peso de mil granos, humedad del grano, proteína, índice de gluten).

## 5. Valoración nutricional

- Ninguna



# Caso de estudio 7: Propiedades biológicas del suelo

## 1. Estructura de la comunidad microbiana y patógenos del suelo

- Extracción de ADN del suelo, amplificación y secuenciación de nueva generación.

## 2. Actividad enzimática y genes funcionales

- Actividades de deshidrogenasa,  $\beta$ -glucosidasa, leucina aminopeptidasa, fosfatasa alcalina y arilsulfatasa.
- Nitrificación potencial.
- Transcriptoma de las poblaciones microbianas activas mediante PCR en tiempo real y secuenciación del ARN.

## 3. Lombrices

- Masa y densidad totales.
- Solo se miden al empezar y al terminar el periodo de experimentación.



# Caso de estudio 6: Propiedades de la biodiversidad vegetal

## 1. Especies de plantas

- Identificación y riqueza.

## 2. Vegetación

- Cobertura.
- Índice de similitud.





# Caso de estudio 7: Propiedades fisicoquímicas del suelo

## 1. Fertilidad y contaminantes del suelo

- N total, amonio, nitrato y cantidades disponibles de P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn y B.
- Cd, Pb, Ni, Cr, As, Al
- pH, conductividad eléctrica, capacidad de intercambio catiónico y suma de bases.

## 2. Estructura del suelo y captura de carbono

- Densidad aparente (principio/final), contenido hídrico del suelo en el punto de marchitez y capacidad de campo (solo una vez), humedad real del suelo (en el momento del muestreo), textura (solo una vez), carbono orgánico total, carbonatos, estabilidad de los agregados (principio/final), distribución del tamaño de los agregados (principio/final).

## 4. Emisiones de gases de efecto invernadero

- CO<sub>2</sub> y N<sub>2</sub>O del suelo.
- Emisiones totales mediante modelado.



## Caso de estudio n. ° 7 Coordinadores



**DAVIDE ROCCA**

Consorzio Casalasco  
del Pomodoro

[drocca@ccdp.it](mailto:drocca@ccdp.it)

+39 3497473469



**ROBERTA  
FARINA**

CREA-AA

[roberta.farina@crea.gov.it](mailto:roberta.farina@crea.gov.it)

+39 3281555714





**CASO DE  
ESTUDIO N.º  
7bis**

**Rotación de cultivos  
Rotación de cultivos anuales  
diversificados en Italia**



## CASO DE ESTUDIO N. ° 7

Socios participantes

CCP, Utu, CREA, Barilla

Autores:

Davide Rocca (CCP), Emanuel Blasi (UTu), Cesare Ronchi (Barilla),  
Roberta Farina (CREA), Antonio Troccoli (CREA)

Correo electrónico del autor principal

antonio.troccoli@crea.gov.it  
roberta.farnia@crea.gov.it



# Caso de estudio 7bis: Rotación de cultivos

- Región edafoclimática: SUR MEDITERRÁNEO
- País: ITALIA
- Lugar: Foggia (REGIÓN DE APULIA)
- Coordinadas geográficas: 41° 27' 57.3" N, 15° 30' 19.8" E
- Temperatura media anual: 15,8 °C
- Precipitación media anual: 529 mm (63 años)
- Evapotranspiración potencial anual: 734 mm (10 años)





## Caso de estudio 7bis: Características principales

- **Extensión de la explotación:** 150 ha
- **Superficie de experimentación de Diverfarming:** 12 ha
- **Cultivos actuales:** trigo duro, tomate y/o barbecho desnudo
- **Uso final del cultivo:** alimentario (trigo duro, tomate)
- **Sistema de cultivo actual:** rotación bienal:
  - secano (*Triticum durum Desf.*)
  - regadío (*Lycopersicon esculentum L.*)
- **Época de recolección:** verano
- **Prácticas agrícolas actuales:**
  - labranza intensiva
  - fertilizante mineral
  - riego
  - Control integrado de las plagas
- **Cadena de valor actual:**
  - productor
  - calidad y certificación
  - mayorista y transformador
  - supermercado





## Caso de estudio 7bis: Principales problemas ambientales

- Suelo con bajo contenido de materia orgánica
- Compactación del suelo y baja estabilidad de los agregados
- Riesgo de escasez del agua de riego
- Contaminación del agua y el suelo
- Gestión del nitrato
- Simplificación del paisaje





## Caso de estudio 7bis: Sistemas de cultivo diversificados

- A. Tomate-Trigo duro (T-DW):** situación actual
- B. Diversificación 1 (D1):** introducción de un cultivo de leguminosas en la rotación (habas para abono verde)
- C. Diversificación 2 (D2):** introducción de la gestión de los residuos de la cosecha;
- D. Diversificación 3 (D3):** en el tomate, aplicar un riego reducido del 20 %

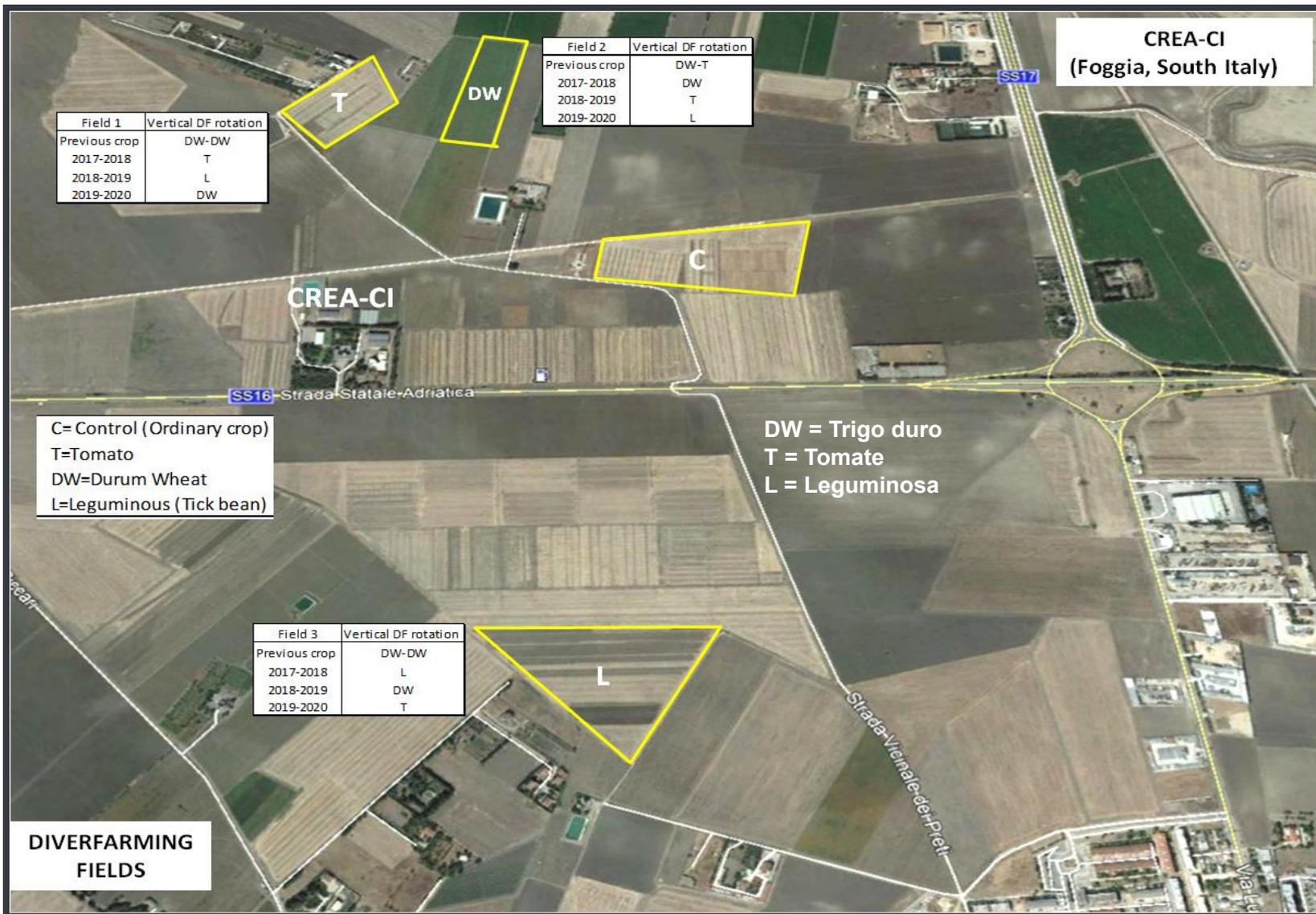


## Caso de estudio 7bis: Diseño experimental

- **Factores de estudio:** Rotación de DiverFarming (DF) vs. Cultivo ordinario de la explotación (C, Control)
- **Diseño experimental:** cada año, tres campos representan la rotación DF frente a un campo de control (C)
- **Réplicas:** tres réplicas aleatorizadas dentro de cada campo
- **Tamaño de la parcela:** campos de al menos 3 ha y subparcelas de muestreo de 300 m<sup>2</sup>
- **Control y muestreo del cultivo:** control en estados fenológicos concretos de los cultivos en curso y control de calidad de cada cultivo.
- **Muestreo del suelo:**
  - **Época y frecuencia:** cada año de acuerdo con el ciclo de los cultivos o la temporada de cultivo (3 muestras por cada subparcela).
  - **Profundidad del suelo:** capa arable (0-10 y 10-30 cm).
  - **Número de muestras:** 3 muestras compuestas por parcela ([3 cultivos + control] × 2 dosis × 2 profundidades × 3 réplicas = 24 muestras]).



# Caso de estudio 7bis: distribución





## Caso de estudio 7bis: Variables medioambientales

- Elevación.
- Temperatura media anual.
- Precipitación media anual.
- ETP media anual.
- Radiación solar.
- Temperatura máxima diaria.
- Temperatura media diaria.
- Temperatura mínima diaria.
- Temperatura media diaria del suelo.
- Precipitación diaria acumulada.
- Humedad del aire.
- Velocidad del viento.





# Caso de estudio 7bis: Propiedades del cultivo

## 1. Crecimiento del cultivo

- Biomasa del cultivo
- Establecimiento del cultivo (plantas/m<sup>2</sup>)

## 2. Incidencia de plagas y enfermedades

- Plantas afectadas por plagas o enfermedades, poblaciones de plagas, porcentaje de daños e incidencia de enfermedades.

## 3. Rendimiento del cultivo

- Rendimiento del cultivo, rendimiento comercial.
- Productividad de la tierra.

## 4. Calidad del cultivo

- Calidad del tomate (grados brix, licopeno, propiedades físicas).
- Calidad del trigo (peso de mil granos, peso específico del grano, humedad del grano, proteína, índice de gluten).

## 5. Valoración nutricional

- Ninguna



# Caso de estudio 7bis: Propiedades fisicoquímicas del suelo

## 1. Fertilidad y contaminantes del suelo

- N total, amonio, nitrato y cantidades disponibles de P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn y B.
- Cd, Pb, Ni, Cr, As, Al
- pH, conductividad eléctrica, capacidad de intercambio catiónico y suma de bases.

## 2. Estructura del suelo y captura de carbono

- Densidad aparente (principio/final), contenido hídrico del suelo en el punto de marchitez y capacidad de campo (solo una vez), humedad real del suelo (en el momento del muestreo), textura (solo una vez), carbono orgánico total, carbonatos, estabilidad de los agregados (principio/final), distribución del tamaño de los agregados (principio/final).



## Caso de estudio n. ° 7bis: Coordinadores



**ROBERTA FARINA**

CREA-AA

[roberta.farina@crea.gov.it](mailto:roberta.farina@crea.gov.it)

+39 3281555714

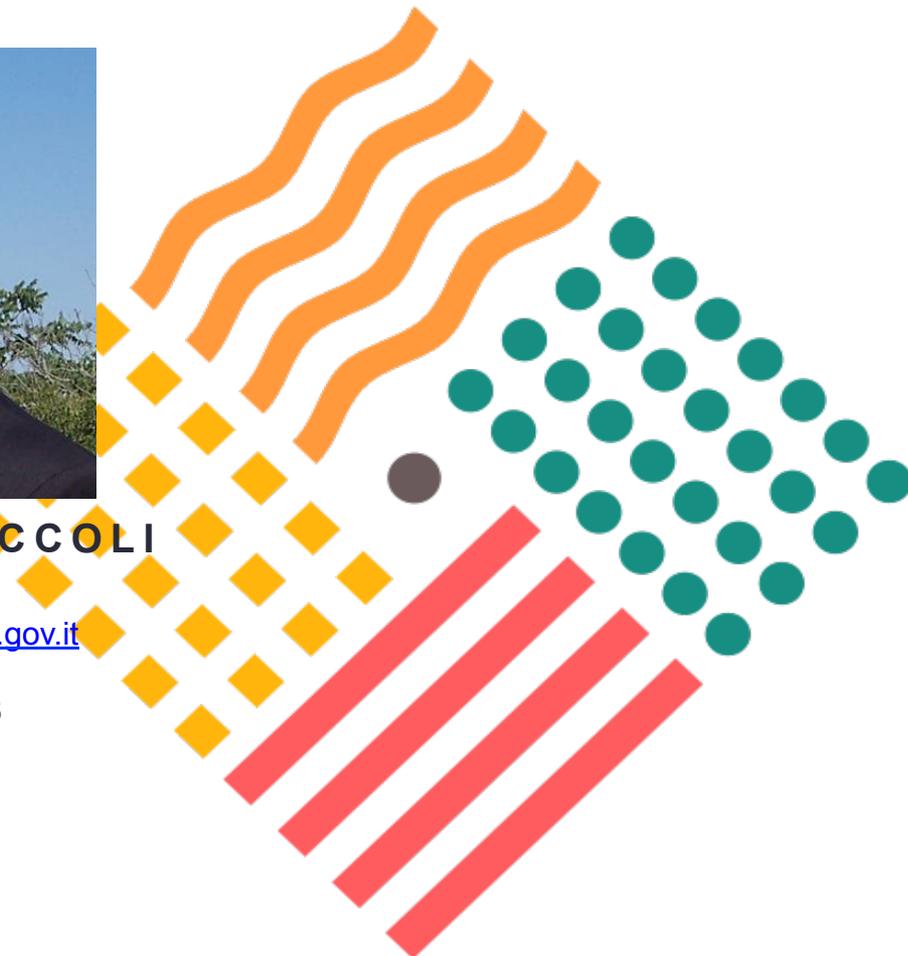


**ANTONIO TROCCOLI**

CREA-CI

[antonio.troccoli@crea.gov.it](mailto:antonio.troccoli@crea.gov.it)

+39 3281588598





**CASO DE  
ESTUDIO N.º 8**

**Cultivos forrajeros y patatas en los Países Bajos**



## CASO DE ESTUDIO N. ° 8

Socios participantes	WU, Ben van Tilburg (Bromo, Wadden Max), Ekoboerderij de Lingehof
Actores involucrados	SPNA, BioBakker
Autores:	Coen Ritsema, Violte Geissen, Esperanza Huerta Lwanga, Hennie Gertsen, Nicolas Beriot, Benjamin van Schothorst (WU) Ben van Tilburg, Mieke Frieters (Bromo, Wadden Max), Carina Rietema (SPNA) Jan Willem Bakker (BioBakker) Petra Derkzen (Ekoboerderij de Lingehof)
Correo electrónico del autor responsable	esperanza.huertalwanga@wur.nl

# Caso de estudio 8: Cultivos forrajeros y patatas

- Región edafoclimática: Atlántico central
- País: LOS PAÍSES BAJOS
- Lugar: Groningen (FRISIA OCCIDENTAL)
- Coordenadas geográficas: 53° 22' 52.3" N, 6° 19' 42.2" E
- Temperatura media anual: 9,4 °C
- Precipitación media anual: 780 mm



Cultivo  
forrajero

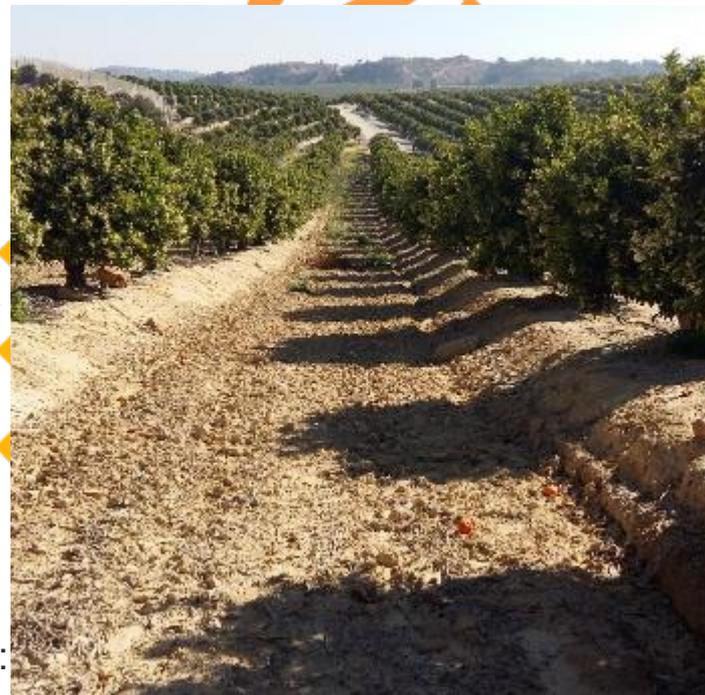
Cultivo de  
patata





## Caso de estudio 8: Características principales

- Extensión de la explotación:
  - Cultivo forrajero: 25 ha
  - Cultivo de patata: 112 ha y 64 ha
- Superficie de experimentación de Diverfarming: 0,72 ha
- Cultivos actuales: Forraje (pradera) y patatas
- Uso final del cultivo: pienso y alimentación
- Sistema de cultivo actual. Forraje: biodinámico, Patata: cultivo convencional y cultivo múltiple biodinámico
- Época de recolección: Forraje: diciembre. Patata: agosto
- Prácticas agrícolas actuales: Forraje: cultivo biodinámico con rotación y labranza. Patata: labranza, uso de plaguicidas. Patatas biodinámicas: labranza, cultivos intercalados, cultivos múltiples, rotación
- Cadena de valor actual:
  - Productor
  - Calidad y certificación
  - Mayorista
  - Supermercado





## Caso de estudio 8: Principales problemas ambientales

- Poca biodiversidad subterránea y en superficie
- Baja calidad del suelo
- Suelo con bajo contenido de materia orgánica
- Enfermedades de las plantas (cultivo de patata)
- Residuos de plaguicida desconocido en los suelos





## Caso de estudio 8: Sistemas de cultivo diversificados

El entorno experimental se establecerá en tres lugares:

- 1) Cultivo forrajero biodinámico (para comprobar el efecto de la rotación/ cultivos múltiples frente a la no diversificación)
- 2) Finca experimental de patatas de cultivo tradicional (para comprobar el efecto de la rotación/cultivos múltiples frente a la no diversificación)
- 3) Finca biodinámica de patatas (para comprobar el efecto de 10 años de rotación frente a 20 años de rotación)



## Caso de estudio 8: Sistemas de cultivo diversificados

- A. Pradera (forraje) y patatas (MC)**
- B. Diversificación 1 Forraje (D1):** Trigo-guisante (mayo-agosto 2018), pradera (septiembre-diciembre 2018)
- C. Diversificación 2 Forraje (D2):** Maíz (mayo-noviembre 2019), trigo-guisante (mayo-agosto 2020), pasto (septiembre-diciembre 2020)
- D. Diversificación 1 Patata convencional (D1):** Avena (julio-marzo 2018), patata (abril-agosto 2018) (en finca experimental)
- E. Diversificación 2 Patata convencional (D2):** SolaRigol DSV (fertilizante verde, septiembre-febrero 2019), patata (abril-agosto 2019), avena (septiembre 2019-marzo 2020), patata (abril-julio 2020) (en finca experimental)
- F. Diversificación 1 Patata biodinámica.** Trébol (enero-abril 2018), coliflor (marzo-junio 2018), avena (julio-diciembre 2018)
- G. Diversificación 2 Patata biodinámica.** Avena (enero-marzo 2019), patata (abril-agosto 2019), Phacelia/Vicia (septiembre-diciembre 2019), coliflor/avena negra/trébol de Alejandría (marzo-octubre 2020), zanahoria o apio/avena (noviembre-diciembre 2020)



## Caso de estudio 8: Cultivos intercalados

Los cultivos estacionales se cultivarán antes y después del cultivo principal, pradera para alimentación animal en el caso del cultivo de forraje, avena para uso alimentario en el caso de las patatas convencionales y coliflor para uso alimentario en el caso de las patatas biodinámicas.





## Caso de estudio 8: Prácticas agrícolas con uso reducido de insumos

1. Adición de materia orgánica (estiércol, compost, etc.)
2. Mantenimiento de la cobertura vegetal (natural o cultivos de cobertura)
3. Uso de abono verde
4. Control integrado de las plagas
5. Uso de abono verde
6. Agricultura de precisión para optimizar el control de las malas hierbas



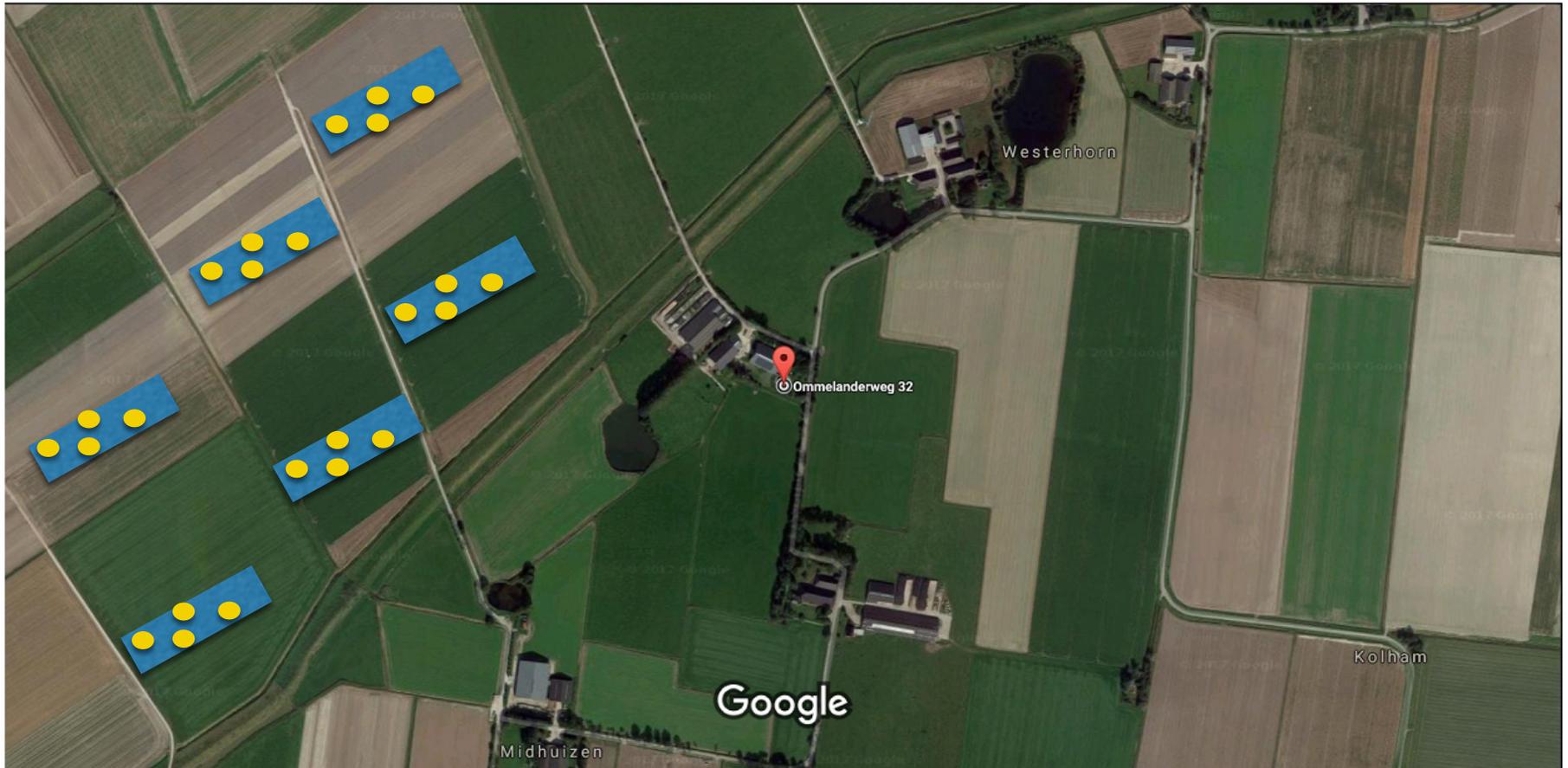


## Caso de estudio 8: Diseño experimental

- **Factores de estudio:** 1. Diversificación de cultivos, 2. Control de las plagas, 3. Años de cultivos biodinámicos (10 años frente a 20 años), 4. Cultivo biodinámico frente a convencional
- **Diseño experimental:** Parcela en franjas (*strip-plot*) en bloques de diversificación.
- **Réplicas:** Parcelas replicadas en tres campos.
- **Tamaño de la parcela:** Cultivo forrajero y patatas biodinámicas: 210 m<sup>2</sup>; patatas convencionales: 200 m<sup>2</sup>.
- **Control y muestreo del cultivo:** en la cosecha de cada cultivo y parcela.
- **Muestreo del suelo:**
  - Época y frecuencia: una vez al año, cuando las condiciones meteorológicas propicien el mejor estado de fertilidad del suelo (mediados de mayo)
  - Profundidad del suelo: capa arable (0-10 y 10-30 cm).
  - Número de muestras: 5 muestras compuestas por parcela (15 muestras por tratamiento) en WP5. Para el WP4 se seleccionarán 5 de las 15 muestras por tratamiento.



## Caso de estudio 8: Estructura del experimento



Ejemplo en cultivo forrajero



## Caso de estudio 8: Variables medioambientales

- Elevación.
- Temperatura media anual.
- Precipitación media anual.
- ETP media anual.
- Radiación solar.
- Temperatura máxima diaria.
- Temperatura media diaria.
- Temperatura máxima diaria.
- Precipitación diaria acumulada.
- Humedad del aire.
- Velocidad del viento.



# Caso de estudio 8: Propiedades del cultivo

## 1. Crecimiento del cultivo

- Establecimiento del cultivo y biomasa superficial en los cultivos intercalados anuales.

## 2. Incidencia de plagas y enfermedades

- Plantas afectadas por plagas o enfermedades, poblaciones de plagas, porcentaje de daños e incidencia de enfermedades.

## 3. Rendimiento del cultivo

- Rendimiento del cultivo en todos los cultivos.
- Productividad de la tierra.

## 4. Calidad del cultivo

- Peso de mil granos, humedad y contenido de proteína para el forraje.

## 5. Valoración nutricional

- Ninguna



# Caso de estudio 8: Propiedades biológicas del suelo

## 1. Estructura de la comunidad microbiana y patógenos del suelo

- Extracción de ADN del suelo, amplificación y secuenciación de nueva generación.

## 2. Actividad enzimática y genes funcionales

- Actividades de deshidrogenasa,  $\beta$ -glucosidasa, leucina aminopeptidasa, fosfatasa alcalina y arilsulfatasa.
- Nitrificación potencial.
- Transcriptoma de las poblaciones microbianas activas mediante PCR en tiempo real y secuenciación del ARN.

## 3. Lombrices

- Identificación, densidad y masa de la especie.
- Densidad y masa por grupo ecológico.
- Masa y densidad totales.
- Solo se miden al empezar y al terminar el periodo de experimentación.



# Caso de estudio 8: Propiedades de la biodiversidad vegetal

## 1. Especies de plantas

- Identificación y riqueza.

## 2. Vegetación

- Cobertura.
- Índice de similitud.



# Caso de estudio 8: Propiedades fisicoquímicas del suelo

## 1. Fertilidad y contaminantes del suelo

- N total, amonio, nitrato y cantidades disponibles de P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn y B.
- Plaguicidas totales
- pH, conductividad eléctrica, capacidad de intercambio catiónico y suma de bases.

## 2. Estructura del suelo y captura de carbono

- Densidad aparente, contenido hídrico del suelo en el punto de marchitez y capacidad de campo, humedad real del suelo, fragmentos de roca y arenillas, textura, carbono orgánico total, fracciones funcionales de carbono orgánico, estabilidad de los agregados, distribución del tamaño de los agregados.



# CASO DE ESTUDIO N.º 8

## COORDINADORA



**ESPERANZA HUERTA LWANGA**  
WAGENINGEN UNIVERSITY & RESEARCH

[esperanza.huertalwanga@wur.nl](mailto:esperanza.huertalwanga@wur.nl)  
Tel.: +31 61 66 50 961





**CASO DE  
ESTUDIO N. ° 9**

**Cultivo perenne (vid) en Alemania**



## CASO DE ESTUDIO N. ° 3

Socios participantes

UT, WDF, ETH

Autores

Sören Thiele-Bruhn, Manuel Seeger, Thomas Iserloh, Felix Dittrich (UT)

Katharina Frey-Treseler, Cord-Henrich Treseler (WDF)

Roman Hüppi (ETH)

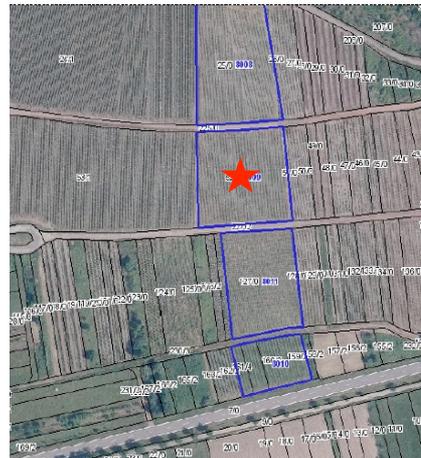
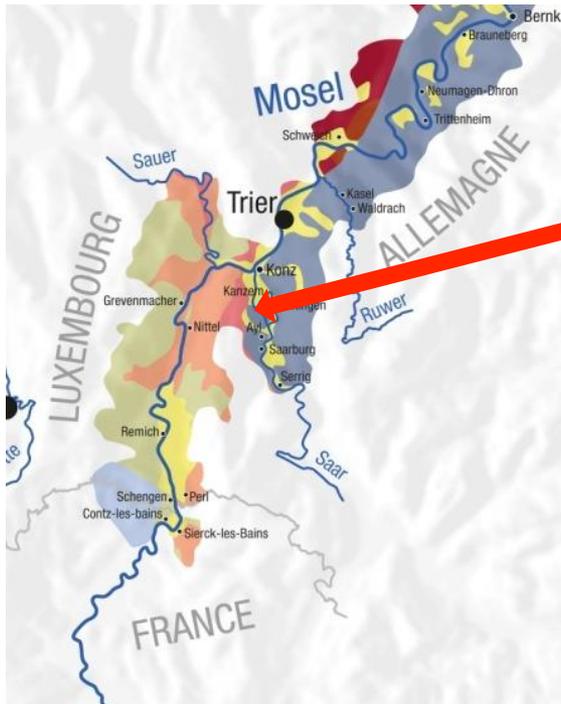
Correo electrónico del autor principal

seeger@uni-trier.de



# Caso de estudio 9: viña

- Región edafoclimática: CONTINENTAL
- País: ALEMANIA
- Lugar: WAWERN (RHEINLAND-PFALZ)
- Coordenadas geográficas: 49° 39' 23.976" N, 6° 33' 27.936" E
- Temperatura media anual: 11,2 °C
- Precipitación media anual: 727 mm
- Evapotranspiración potencial anual: 672 mm





## Caso de estudio 9: Características principales

- Extensión de la explotación: 5 ha
- Superficie de experimentación de Diverfarming: 0,3 ha (1500 vides)
- Cultivo actual: vid (*Vitis vinifera* L.), Riesling
- Uso final del cultivo: consumo alimentario
- Sistema actual de cultivo: monocultivo permanente ecológico de secano (marco 2 × 1 m)
- Época de recolección: septiembre a noviembre (floración en junio)
- Prácticas agrícolas actuales:
  - Labranza / escarda / siega de la vegetación natural
  - Control ecológico de las plagas (mayo a agosto) y fertilización ecológica
- Cadena de valor actual:
  - Productor (certificación)
  - Tiendas / clientes privados / restaurantes (comercialización directa)
  - Mayorista





## Caso de estudio 9: Principales problemas ambientales

- Manejo mecánico de las malas hierbas bajo las vides
  - ✓ Para evitar la competencia por el agua
  - ✓ Para evitar enfermedades (infecciones por hongos)
- Erosión del suelo
- Pérdida de materia orgánica del suelo
- Daños a las vides





## Caso de estudio 9: Sistemas de cultivo diversificados

- A. **Diversificación 1** (CS9a): vides intercaladas con *Origanum vulgare* L. para diversos usos durante 2018 (establecimiento), 2019 y 2020.
- B. **Diversificación 2** (CS9a): vides intercaladas con *Thymus vulgaris* L. para diversos usos durante 2018 (establecimiento), 2019 y 2020.
- C. **Diversificación 3** (CS9a): vides intercaladas con *Sideritis spp.* para usos alimentarios durante 2018 (establecimiento), 2019 y 2020.
- D. **Monocultivo de vid** (CS9d)





# Caso de estudio 9: Cultivos intercalados

Hierbas perennes en las calles entre las vides





## Caso de estudio 9: Prácticas agrícolas con uso reducido de insumos

1. Producción de vino ecológico
2. Control ecológico de las plagas
3. Abono orgánico
4. Cultivo de cobertura perenne en las hileras (sin labranza)
5. Vegetación de cobertura (en las calles)



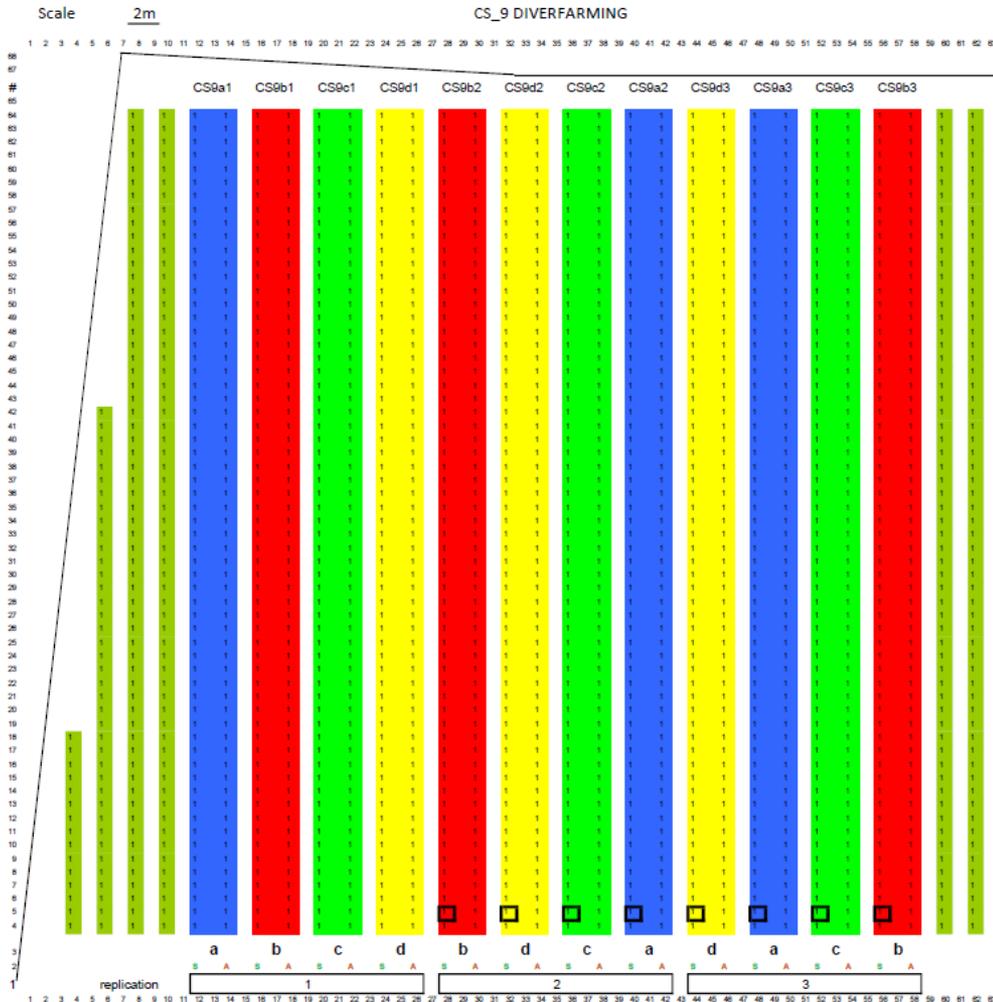


## Caso de estudio 9: Diseño experimental

- **Factores de estudio:** 1. Diversificación de cultivos (3 hierbas), 2. Estrategia de establecimiento (plantación/siembra en primavera y otoño)
- **Diseño experimental:** Parcelas en franjas (*strip-plots*) en bloques de diversificación.
- **Réplicas:** Parcelas replicadas en tres campos.
- **Tamaño de la parcela:** dos hileras de 55 vides, 220 m<sup>2</sup>.
- **Control y muestreo del cultivo:** control semanal durante la época de vegetación y en la cosecha en cada cultivo y parcela. Solo se controlarán y muestrearán seis vides de cada parcela. Las hierbas se controlarán y muestrearán en puntos similares.
- **Muestreo del suelo:**
  - Época y frecuencia: dos veces al año
  - Profundidad del suelo: capa arable (0-10 y 10-30 cm).
  - Número de muestras: tres por parcela (9 muestras por tratamiento) en WP5. Para el WP4 se seleccionarán cinco de las nueve muestras por tratamiento.
- **Mediciones de las emisiones de gases de efecto invernadero:** 25 mediciones por año en las parcelas en las que se tomen muestras de suelo.
- **Mediciones de la erosión:** Combinación de mediciones directas, observaciones y evaluación experimental. Mediciones semanales en trampas de sedimento (cada tratamiento en dos réplicas), controles basados en fenómenos (monitorización terrestre y aérea a gran escala) y experimentos de precipitaciones y escorrentía.



# Caso de estudio 9: Estructura del experimento



### Variations

- a Echter Dost / Oregano (*Origanum vulgare* L.)
- b Thymian /Thyme (*Thymus vulgaris* L.)
- c Griechischer Bergtee / mountain tea (*Sideritis* spp.)
- d Control (open soil/mowing)
- S planting (Spring)
- A planting (Autumn)
- Sediment traps in rows between wine plants



## Caso de estudio 9: Variables medioambientales

- Parámetros de relieve.
- Temperatura media anual.
- Precipitación media anual.
- ETP media anual.
- Radiación solar.
- Temperatura máxima diaria.
- Temperatura media diaria.
- Temperatura mínima diaria.
- Precipitación diaria acumulada.
- Duración de las precipitaciones.
- Intensidad de las precipitaciones.
- Humedad del aire.
- Velocidad del viento.
- Dirección del viento.



## Caso de estudio 9: Prevención de la erosión y la contaminación (WP5)

- Efectos en la fertilidad y los contaminantes del suelo
- Mejora de la estructura del suelo, la disponibilidad de agua y de la captura de carbono en el suelo
- Efecto de la diversificación de cultivos con prácticas con bajo uso de insumos sobre la captura de carbono por parte de la biomasa
- Reducción de las tasas de erosión
- Mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero
- Ventajas, inconvenientes y limitaciones de la maquinaria adaptada a los sistemas de cultivo diversificados





# Caso de estudio 9: Propiedades del cultivo

## 1. Crecimiento del cultivo

- Establecimiento del cultivo y biomasa superficial en los cultivos intercalados perennes (hierbas).
- Crecimiento de la cepa (número, longitud, diámetro), índice de superficie foliar, potencial hídrico foliar.

## 2. Incidencia de plagas y enfermedades

- Plantas afectadas por plagas o enfermedades, poblaciones de plagas, porcentaje de daños e incidencia de enfermedades.

## 3. Rendimiento del cultivo

- Rendimiento del cultivo de las hierbas perennes, rendimiento comercial.
- Rendimiento de uvas (kg) y mosto (l).
- Ratio equivalente de tierra y productividad de la tierra.

## 4. Calidad del cultivo

- Esencias de hierbas y contaminantes residuales
- Contenido de azúcar ( $^{\circ}\text{Oe}$ ), acidez valorable y pH del mosto.

## 5. Valoración nutricional

- Ninguna



# Caso de estudio 9: Propiedades biológicas del suelo

## 1. Estructura de la comunidad microbiana y patógenos del suelo

- Extracción de ADN del suelo, amplificación y secuenciación de nueva generación.

## 2. Actividad enzimática y genes funcionales

- Ciclos del C-, N, y P-: actividades de deshidrogenasa,  $\beta$ -glucosidasa, leucina aminopeptidasa, fosfatasa alcalina y arilsulfatasa.
- Ciclo del N: nitrificación potencial; análisis del gen funcional 16S ADNr con PCR en tiempo real.
- Transcriptoma de las poblaciones microbianas activas mediante PCR en tiempo real y secuenciación del ADN.

## 3. Lombrices

- Identificación, densidad y masa de la especie.
- Densidad y masa por grupo ecológico.
- Masa y densidad totales.
- Solo se miden al empezar y al terminar el periodo de experimentación.



# Caso de estudio 9: Propiedades de la biodiversidad vegetal

## 1. Especies de plantas

- Identificación y riqueza.

## 2. Vegetación

- Cobertura.
- Índice de similitud.
- Distribución espacial en general mediante evaluación óptica con vehículo aéreo no tripulado (VANT).

## 3. Captura de carbono de los cultivos leñosos

- Tasa de fotosíntesis neta, tasa de transpiración, conductancia estomática, superficie foliar, relación C/N foliar.



# Caso de estudio 2: Propiedades fisicoquímicas del suelo

## 1. Fertilidad y contaminantes del suelo

- N total, amonio, nitrato y cantidades disponibles de P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn y B.
- Plaguicidas totales
- pH, conductividad eléctrica, capacidad de intercambio catiónico y suma de bases.

## 2. Estructura del suelo y captura de carbono

- Densidad aparente, contenido hídrico del suelo en el punto de marchitez y capacidad de campo, humedad real del suelo, textura, carbono orgánico total, fracciones funcionales de carbono orgánico, estabilidad de los agregados, distribución del tamaño de los agregados.

## 3. Tasas de erosión

- Caracterización básica de los procesos y las tasas de erosión y mediciones basadas en fenómenos de la erosión entre regueros, erosión en regueros, erosión en cárcavas, generación de escorrentía.
- Medición de las pérdidas de nutrientes y carbono orgánico.

## 4. Emisiones de gases de efecto invernadero

- CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O y CH<sub>4</sub> del suelo.



## Caso de estudio n. ° 9 Coordinador



**KARL MANUEL SEEGER**

UNIVERSITÄT TRIER

seeger@uni-trier.de  
Tel.: +49651201 4557





**CASO DE  
ESTUDIO N.º 10**

**Horticultura en Hungría**





## CASO DE ESTUDIO N. ° 10

Socios participantes

NMT, UP, ETH, UT,

Autores

Ferenc Tarjányi, József Dezső, Dénes Lóczy, Tamás Móricz, László Horváth, Tamás Weidinger, Roman Hüppi, Johan Six, Sören Thiele-Bruhn, Manuel Seeger, Thomas Iserloch

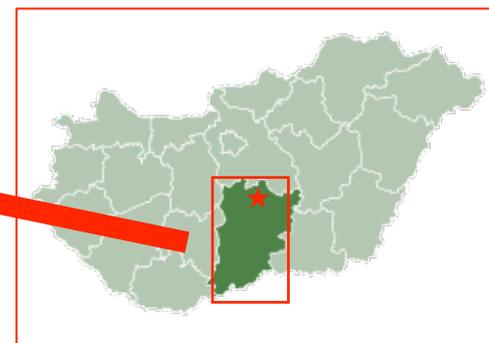
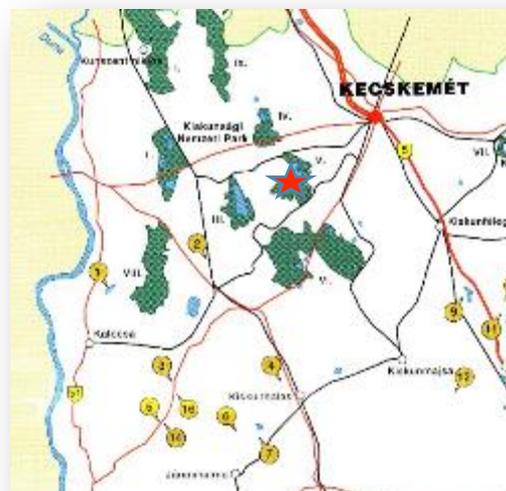
Correo electrónico del autor principal

[dejozsi@gamma.ttk.pte.hu](mailto:dejozsi@gamma.ttk.pte.hu)



## Caso de estudio 10: horticultura

- Región edafoclimática: Panónica
- País: Hungría
- Lugar: Jakabszállás (entre los ríos Danubio y Tisza)
- Coordinadas geográficas: 46° 44' 52.6" N  
19° 34' 25.7 "E
- Temperatura media anual: 10,8 °C
- Precipitación media anual: 538 mm
- Evapotranspiración potencial anual: 848 mm





## Caso de estudio 10: Características principales

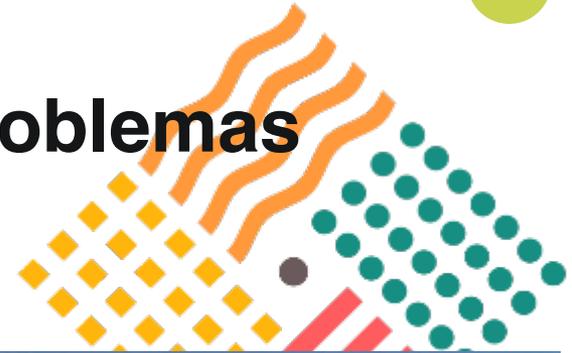
- Extensión de la explotación: 280 ha
- Superficie de experimentación de Diverfarming: 1.3 ha (28 hileras)
- Cultivo actual: Espárragos (*Asparagus officinalis*)
- Uso final del cultivo: alimentario
- Sistema de cultivo actual. 7-10 años monocultivo (hileras)
- Época de recolección: abril - mayo
- Prácticas agrícolas actuales:
  - Feb. - abril: preparar los caballones, cubrir con lámina de plástico
  - Junio: rotación, destrucción de los caballones
  - Fertilizante mineral (2/3 de la dosis anual en junio, 1/3 en agosto)
  - Control integrado de las plagas
- Cadena de valor actual:
  - Productor
  - Calidad y certificación
  - Mayorista





## Caso de estudio 10: Principales problemas ambientales

- Escasa biodiversidad y patrón del paisaje
- Erosión eólica, falta de cobertura del suelo
- Baja calidad del suelo (suelo arenoso rocoso)
- Suelo con bajo contenido de materia orgánica
- Problemas de balance hídrico/escasez de agua





# Caso de estudio 10: Sistemas de cultivo diversificados

**A. Monocultivo de espárrago**

**B. Diversificación 1 (D1):** calles con cultivo de guisante forrajero (*Pisum sativum* L.) (marzo - junio) para el balance de nitrógeno

**C. Diversificación 2 (D2):** calles con cultivo de avena (*Avena sativa*) (marzo - junio) para aumentar la materia orgánica y/o la producción comercial



## Caso de estudio 10: Cultivos intercalados

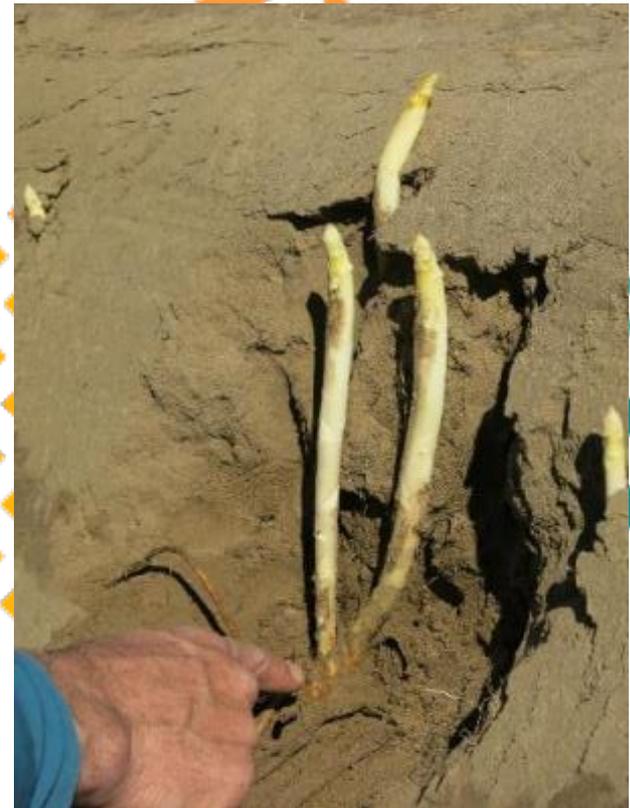
Cultivos anuales (judías, avena) entre las hileras de espárragos, que están separadas 1,8 metros.





# Caso de estudio 10: Prácticas agrícolas con uso reducido de insumos

1. Adición de “GreenSoil” (abono orgánico granulado mezclado con fertilizante mineral)
2. Abono verde
3. Control integrado de las plagas
4. Cultivos de cobertura (en las calles entre hileras)
5. Riego controlado
6. Bacterias que descompongan la celulosa (noviembre - marzo)



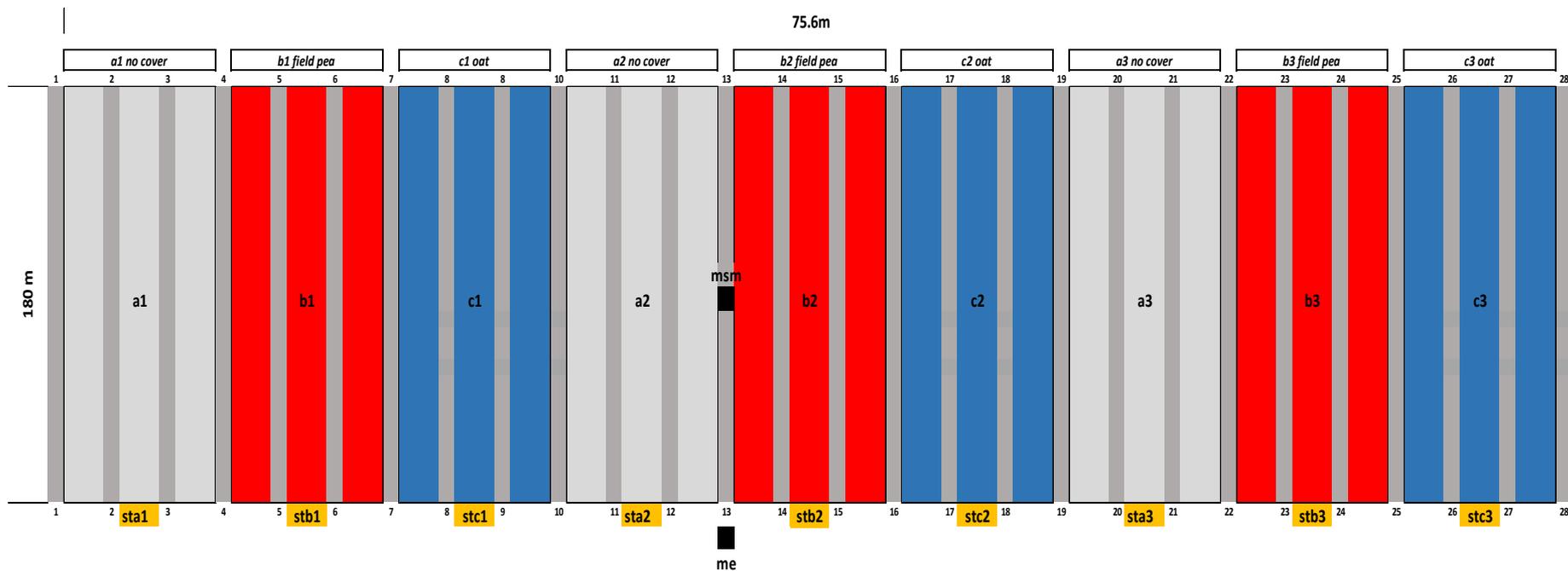


# Caso de estudio 10: Diseño experimental

- **Factores de estudio:** 1. Cultivos intercalados, 2. Balance hídrico del suelo, 3. Efectos de la rotación intercalada
- **Diseño experimental:** Parcela en franjas (*strip-plot*) en bloques de diversificación.
- **Réplicas:** Réplicas en tres campos.
- **Tamaño de la parcela:** Tres hileras con sus calles,  $160 \times 8,4 = 1344 \text{ m}^2$
- **Control y muestreo del cultivo:** en la cosecha de cada cultivo y parcela. Se tomarán muestras de la hilera central del cultivo (espárragos) de cada parcela.
- **Muestreo del suelo:**
  - Época y frecuencia: cada junio durante tres ciclos de cultivo.
  - Profundidad del suelo: capa arable (0-10 y 10-30 cm) y una calicata al principio de cada campo del experimento
  - Número de muestras: tres muestras compuestas por parcela (nueve muestras por tratamiento) en el WP5. Para el WP4 se seleccionarán cinco de las nueve muestras por tratamiento.
- **Mediciones de las emisiones de gases de efecto invernadero:** 25 campañas anuales de medición de  $\text{CO}_2$  y  $\text{N}_2\text{O}$  en las parcelas, centradas en la épocas de vegetación, recolección, rotación y abono (abril-julio). En las épocas de crecimiento rápido: mediante cámaras dinámicas
- **Mediciones de la erosión:** control por fotogrametría *in situ* (por fenómenos) y trampas de sedimentos para el material depositado por el viento en cada calle entre hileras, mapeo de las características de la erosión mediante vehículos aéreos no tripulados.



# Caso de estudio 10: Estructura del experimento



1, 2, 3, ... rows  
me in situ monitoring for erosion  
msm in situ monitoring for soil moisture  
sta1,2,3.. sediment traps



## Caso de estudio 10: Variables medioambientales

- Elevación.
- Temperatura media anual.
- Precipitación media anual.
- ETP media anual.
- Radiación solar.
- Temperatura mínima diaria.
- Temperatura media diaria.
- Temperatura máxima diaria.
- Precipitación diaria acumulada.
- Humedad del aire.
- Velocidad del viento.



# Caso de estudio 10: Propiedades del cultivo

## 1. Crecimiento del cultivo

- Establecimiento del cultivo y biomasa superficial en los cultivos intercalados anuales (guisante forrajero, avena).

## 2. Incidencia de plagas y enfermedades

- Plantas afectadas por plagas o enfermedades, poblaciones de plagas, porcentaje de daños e incidencia de enfermedades.

## 3. Rendimiento del cultivo

- Rendimiento del cultivo en los cultivos anuales (guisante forrajero, avena) y perennes (espárrago), rendimiento comercial.
- Ratio equivalente de tierra y productividad de la tierra.

## 4. Calidad del cultivo

- Distribución del peso y tamaño de los espárragos, composición mineral: Na, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn

## 5. Valoración nutricional

- Ninguna



# Caso de estudio 10: Propiedades biológicas del suelo

## 1. Estructura de la comunidad microbiana y patógenos del suelo

- Extracción de ADN del suelo, amplificación y secuenciación de nueva generación.

## 2. Actividad enzimática y genes funcionales

- Actividades de deshidrogenasa,  $\beta$ -glucosidasa, leucina aminopeptidasa, fosfatasa alcalina y arilsulfatasa.
- Nitrificación potencial.
- Transcriptoma de las poblaciones microbianas activas mediante PCR en tiempo real y secuenciación del ARN.

## 3. Lombrices

- Identificación, densidad y masa de las especies dos veces durante el periodo del experimento de campo (2018 y 2020).
- Densidad y masa por grupo ecológico.
- Masa y densidad totales.
- Solo se miden al empezar y al terminar el periodo de experimentación.



# Caso de estudio 10: Propiedades de la biodiversidad vegetal

## 1. Especies de plantas

- Identificación y riqueza.

## 2. Vegetación

- Porcentaje de cobertura.
- Índice de similitud.
- Distribución espacial general mediante evaluación visual con vehículo aéreo no tripulado.

## 3. Captura de carbono de los cultivos leñosos

- Ninguna.



# Caso de estudio 10: Propiedades fisicoquímicas del suelo

## 1. Fertilidad y contaminantes del suelo

- N total, N Kjeldahl, amonio, nitrato, nitrito, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn, B, Mo
- Metales: Cu, Zn, Cd, Pb, Ni, Al
- Plaguicidas totales
- pH, conductividad eléctrica, capacidad de intercambio catiónico y suma de bases.

## 2. Estructura del suelo y captura de carbono

- Densidad aparente, contenido hídrico del suelo en el punto de marchitez y capacidad de campo, humedad real del suelo, textura, carbono orgánico total, fracciones funcionales de carbono orgánico, estabilidad de los agregados, distribución del tamaño de los agregados.

## 3. Tasas de erosión

- Caracterización de los procesos y tasas de erosión dependiente del viento. Medición de las pérdidas de nutrientes y carbono orgánico en el material depositado.

## 4. Emisiones de gases de efecto invernadero

- CO<sub>2</sub> y N<sub>2</sub>O del suelo.
- Emisiones durante la época de cultivo (abril - julio)



## Caso de estudio n.º 10 Coordinadores



**JÓZSEF, DEZSŐ**  
UNIVERSIDAD DE PÉCS

[dejozsi@gamma.ttk.pte.hu](mailto:dejozsi@gamma.ttk.pte.hu)

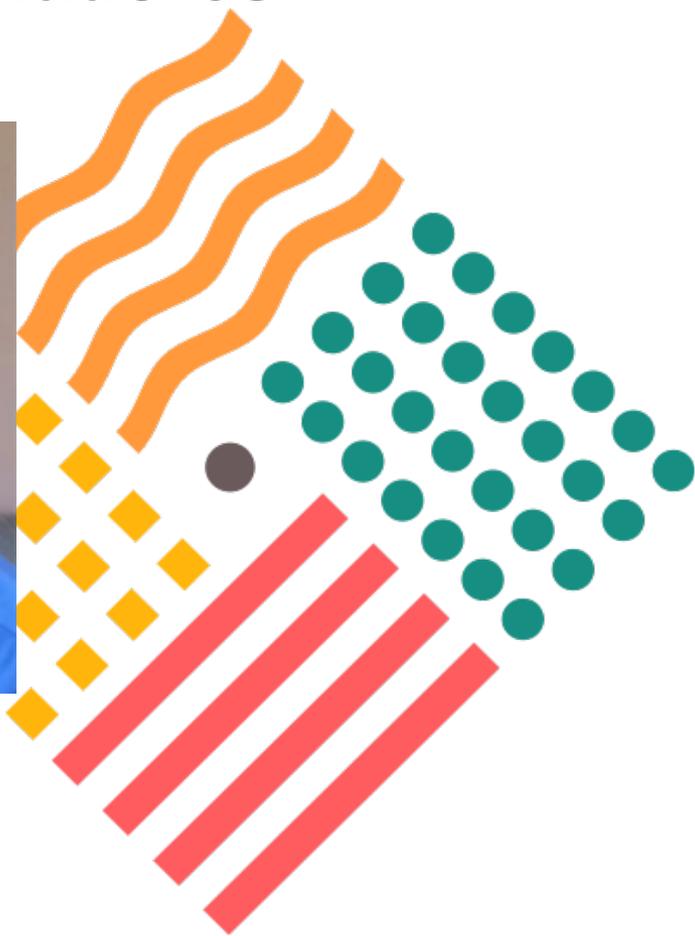
Tel.: +36 70 2361674



**FERENC, TARJÁNYI**  
NEDEL-MARKET LTD.

[nedel@t-online.hu](mailto:nedel@t-online.hu)

Tel.: +36 70 4536304





**CASO DE  
ESTUDIO N.º 11**

**Cultivo perenne (vid) en Hungría**



## CASO DE ESTUDIO N. ° 10

Socios participantes	AKA, UP, ETH, UT,
Autores	János Werner, József Dezső, Dénes Lóczy, Tamás Móricz, László Horváth, Tamás Weidinger, Roman Hüppi, Johan Six, Sören Thiele-Bruhn, Manuel Seeger, Thomas Iserloch
Correo electrónico del autor principal	dejozsi@gamma.ttk.pte.hu



## Caso de estudio 11: viña

- Región edafoclimática: PANÓNICA
- País: HUNGRÍA
- Lugar: BARANYA (TRANSDANUBIO SUR)
- Coordenadas geográficas: 45° 51' 47,8" N, 18° 26' 39,6" W
- Temperatura media anual: 10,7 °C
- Precipitación media anual: 680 mm
- Evapotranspiración potencial anual: 650 mm





# Caso de estudio 11: Características principales

- Extensión de la explotación: 70 ha
- Superficie de experimentación de Diverfarming: 1,36 ha
- Cultivo actual: viña
- Uso final del cultivo: alimentario
- Sistema de cultivo actual: monocultivo permanente de secano
- Época de recolección: septiembre - octubre (floración en marzo-mayo)
- Prácticas agrícolas actuales:
  - Agricultura biológica
  - Abonado, cubierta herbácea
  - Uso de productos con cobre
- Cadena de valor actual:
  - Productor
  - Calidad y certificación
  - Mayorista, exportador
  - Supermercado
  - Comercialización directa





# Caso de estudio 11: Principales problemas ambientales

- Compactación del suelo
- Erosión por agua
- Baja capacidad de infiltración
- Falta de elementos paisajísticos naturales
- Surcos de ruedas por exceso de uso de los tractores





# Caso de estudio 11: Sistemas de cultivo diversificados

- A. **Monocultivo de viña**
- B. **Diversificación 1 (D1)**: calles plantadas con hierbas (aquilea milenrama, *Achillea millefolium*)
- C. **Diversificación 2 (D2)**: calles cubiertas por hierbas autóctonas



## Caso de estudio 11: Cultivos intercalados

Se sembrarán hierbas entre las hileras de cepas, separadas 1,8 m.





# Caso de estudio 11: Prácticas agrícolas con uso reducido de insumos

1. Agricultura biológica
2. Bioestimulantes
3. Abono verde
4. Cultivos de cobertura



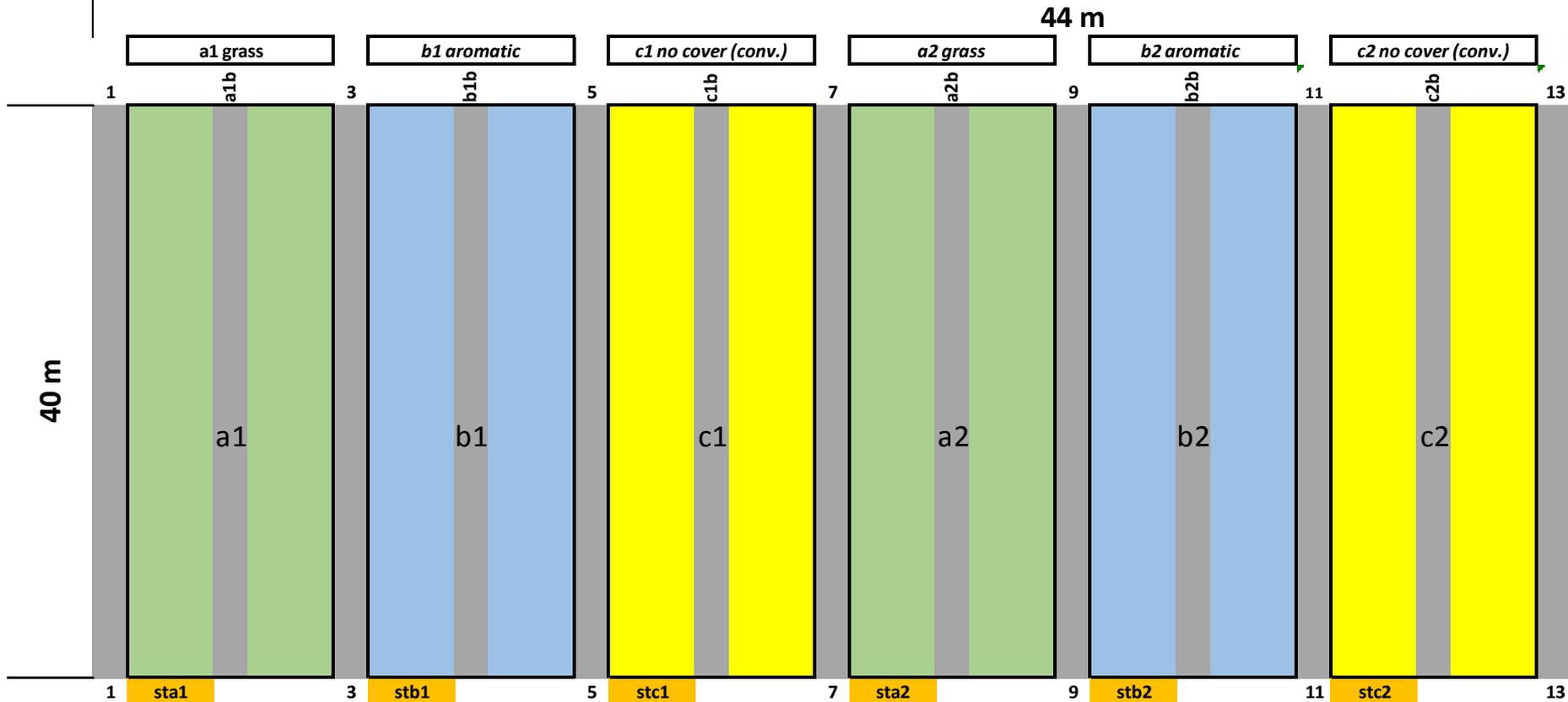


# Caso de estudio 11: Diseño experimental

- **Factores de estudio:** 1. Diversificación de cultivos con hierbas, interacciones cultivo/hierbas 2. Balance de nutrientes, 3. Control de la erosión
- **Diseño experimental:** Parcela en franjas (*strip-plot*) en bloques de diversificación.
- **Réplicas:** Réplicas en tres campos
- **Tamaño de la parcela:** tres hileras, dos calles, 120 m<sup>2</sup>.
- **Control y muestreo del cultivo:** en la cosecha de cada cultivo y parcela.
- **Muestreo del suelo:** Época y frecuencia: cada junio en el punto máximo de actividad biológica
  - Profundidad del suelo: capa arable (0-10 y 10-30 cm) y una calicata al principio de cada campo del experimento
  - Número de muestras: tres muestras compuestas por parcela (nueve muestras por tratamiento) en el WP5. Para el WP4 se seleccionarán cinco de las nueve muestras por tratamiento.
- **Mediciones de las emisiones de gases de efecto invernadero:** 25 mediciones anuales de CO<sub>2</sub> y N<sub>2</sub>O durante el periodo vegetativo, en el punto máximo de densidad foliar. En las épocas de crecimiento rápido: mediante cámaras dinámicas
- **Mediciones de la erosión:** control por fotogrametría *in situ* (por fenómenos) y trampas de sedimentos para el material depositado por el agua en cada calle entre hileras, mapeo de las características de la erosión mediante vehículos aéreos no tripulados.



# Caso de estudio 11: Estructura del experimento



1,..3,..5,..

a1b, b1b, c1b...

sta1, stb1, stc1...

msm

me

berms

berms located in the middle of the plots

sediment traps

in situ monitoring for soil moisture

in situ monitoring for erosion



# Caso de estudio 11: Variables medioambientales

- Elevación.
- Temperatura media anual.
- Precipitación media anual.
- ETP media anual.
- Radiación solar.
- Temperatura mínima diaria.
- Temperatura media diaria.
- Temperatura máxima diaria.
- Precipitación diaria acumulada.
- Humedad del aire.
- Velocidad del viento.



# Caso de estudio 11: Propiedades del cultivo

## 1. Crecimiento del cultivo

- Establecimiento del cultivo y biomasa superficial en los cultivos intercalados anuales.

## 2. Incidencia de plagas y enfermedades

- Plantas afectadas por plagas o enfermedades, poblaciones de plagas, porcentaje de daños e incidencia de enfermedades.

## 3. Rendimiento del cultivo

- Rendimiento del cultivo de uvas y de hierbas, rendimiento comercial.
- Ratio equivalente de tierra y productividad de la tierra.

## 4. Calidad del cultivo

- Distribución del peso y el tamaño de los frutos (uvas).
- Sólidos solubles, pH del jugo y acidez valorable de las uvas. Composición mineral: Na, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn,

## 5. Valoración nutricional

- Contenido de azúcar



# Caso de estudio 11: Propiedades biológicas del suelo

## 1. Estructura de la comunidad microbiana y patógenos del suelo

- Extracción de ADN del suelo, amplificación y secuenciación de nueva generación.

## 2. Actividad enzimática y genes funcionales

- Actividades de deshidrogenasa,  $\beta$ -glucosidasa, leucina aminopeptidasa, fosfatasa alcalina y arilsulfatasa.
- Nitrificación potencial.
- Transcriptoma de las poblaciones microbianas activas mediante PCR en tiempo real y secuenciación del ARN.

## 3. Lombrices

- Identificación, densidad y masa de la especie.
- Densidad y masa por grupo ecológico.
- Masa y densidad totales.
- Solo se miden al empezar y al terminar el periodo de experimentación.



# Caso de estudio 11: Propiedades de la biodiversidad vegetal

## 1. Especies de plantas

- Identificación y riqueza.

## 2. Vegetación

- Porcentaje de cobertura
- Índice de similitud.
- Distribución espacial general mediante evaluación visual con vehículo aéreo no tripulado.

## 3. Captura de carbono de los cultivos leñosos

- Ninguna



# Caso de estudio 11: Propiedades fisicoquímicas del suelo

## 1. Fertilidad y contaminantes del suelo

- N total, N Kjeldahl, amonio, nitrato, nitrito, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn, B, Mo
- Metales: Cu, Zn, Cd, Pb, Ni, Al
- pH, conductividad eléctrica, capacidad de intercambio catiónico y suma de bases.

## 2. Estructura del suelo y captura de carbono

- Densidad aparente, contenido hídrico del suelo en el punto de marchitez y capacidad de campo, humedad real del suelo, textura, carbono orgánico total, fracciones funcionales de carbono orgánico, estabilidad de los agregados, distribución del tamaño de los agregados.

## 3. Tasas de erosión

- Caracterización de los procesos y tasas de la erosión causada por el agua. Medición de las pérdidas de nutrientes y carbono orgánico en el material depositado.

## 4. Emisiones de gases de efecto invernadero

- CO<sub>2</sub> y N<sub>2</sub>O del suelo.
- Emisiones durante el periodo vegetativo (abril - julio)



## Caso de estudio n.º 11 Coordinadores



**JÓZSEF, DEZSŐ**  
UNIVERSIDAD DE PÉCS

[dejozsi@gamma.ttk.pte.hu](mailto:dejozsi@gamma.ttk.pte.hu)

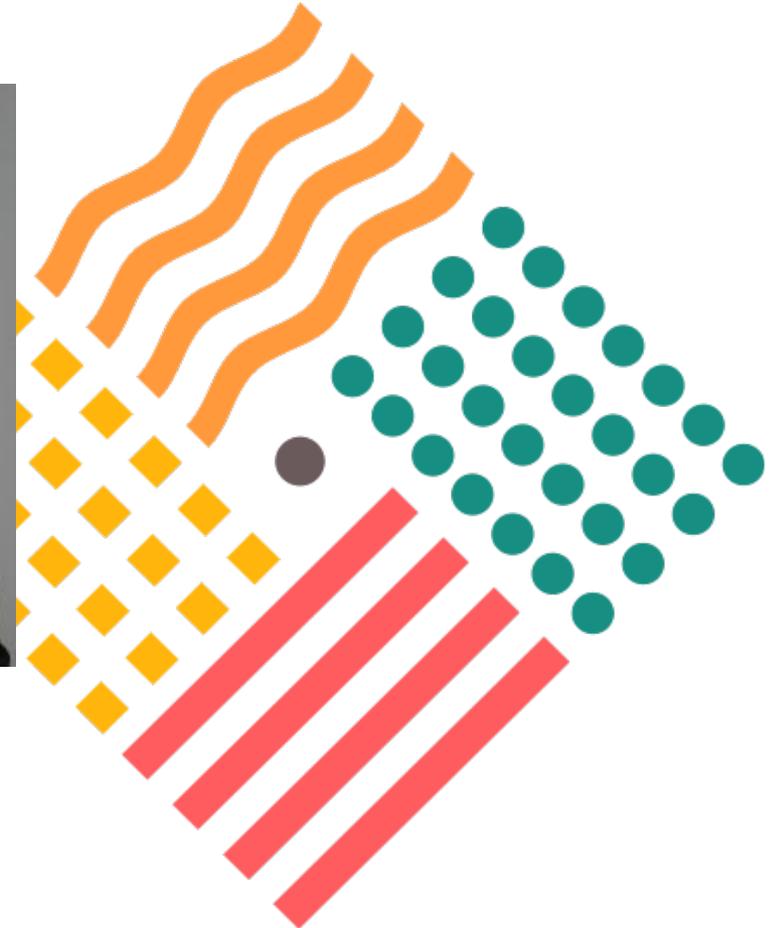
Tel.: +36 70 2361674



**JÁNOS, WERNER**  
AKA LTD.

[werner.janos@gere.hu](mailto:werner.janos@gere.hu)

Tel.: +36 70 4536304





# **CASO DE ESTUDIO N.º 12**

**Producción de queso a escala de  
explotación agrícola en Finlandia**



## CASO DE ESTUDIO N. ° 12

Socios participantes	Luke, PK
Autores	Kristiina Regina, Eila Turtola, Riitta Lemola, Jaakko Heikkinen, Visa Nuutinen, Hannu Fritze, Tero Tuomivirta, Heikki Lehtonen, Tuomo Purola, Terhi Latvala, Janne Artell (Luke)  Maija-Liisa Paavola, Anne Paavola, Jarmo Lautamäki (PK)
Correo electrónico de la autora principal	kristiina.regina@luke.fi

## Caso de estudio 12: Producción de queso a escala de explotación agrícola

- Paavolan kotijuustola
- Región edafoclimática: BOREAL
- País: FINLANDIA
- Lugar: KOUVOLA (SURESTE DE FINLANDIA)
- Coordinadas geográficas: 60° 52' N, 26° 50" E
- Temperatura media anual: 4,4 °C
- Precipitación media anual: 698 mm
- Evapotranspiración potencial anual: 412 mm





## Caso de estudio 12: Características principales

- Extensión de la explotación: 37 ha
- Superficie de experimentación de Diverfarming: 2 ha
- Cultivo actual: Forraje para la producción de leche
- Sistema de cultivo actual: monocultivo tradicional de cereal de secano
- Uso final del cultivo: queso
- Época de recolección: agosto
- Productos actuales: queso crema y yogur
- Prácticas agrícolas actuales:
  - Labranza intensiva
  - Fertilizante mineral
  - Plaguicidas
  - Herbicidas
- Cadena de valor actual:
  - Productor de leche
  - Industria a escala de explotación
  - Calidad y certificación
  - Distribución
  - Supermercado





## Caso de estudio 12: Principales problemas ambientales

- Las explotaciones lecheras se concentran en determinadas zonas -> se reduce la diversidad de los cultivos en otras zonas
- Las tierras cultivables tienen rotaciones simples o monocultivos
- Va disminuyendo el contenido de materia orgánica del suelo
- Erosión
- Lixiviación de nutrientes (N y P)
- Mala estructura del suelo y escasa conductividad del agua





# Caso de estudio 12: Sistemas de cultivo diversificados

**A. Monocultivo de cereal**(los últimos 10 años)

**B. Diversificación 1** Cebada con un cultivo intermedio de ray-grass durante 2018, 2019 and 2020.

**C. Diversificación 2** Monocultivo de cereal interrumpido por un cultivo de semillas oleaginosas

- 2018: cebada de primavera, colza de invierno sembrada en agosto/septiembre
- 2019: colza de invierno
- 2020: cebada de primavera



## Caso de estudio 12: Prácticas agrícolas con uso reducido de insumos

- 1. Monocultivo de cereal, roturación anual** (en los últimos 10 años; en caso contrario, se dispone de conjuntos de datos de 25 años)
- 2. Diversificación 1** Cebada cultivada sin labranza (últimos 10 años y durante 2018, 2019 y 2020).
- 3. Diversificación 2** Rotación de cebada-colza de invierno-cebada sin labranza, roturada una vez en 2018 y luego sin labranza con cereales en 2019 y 2020





## Caso de estudio 12: Diseño experimental

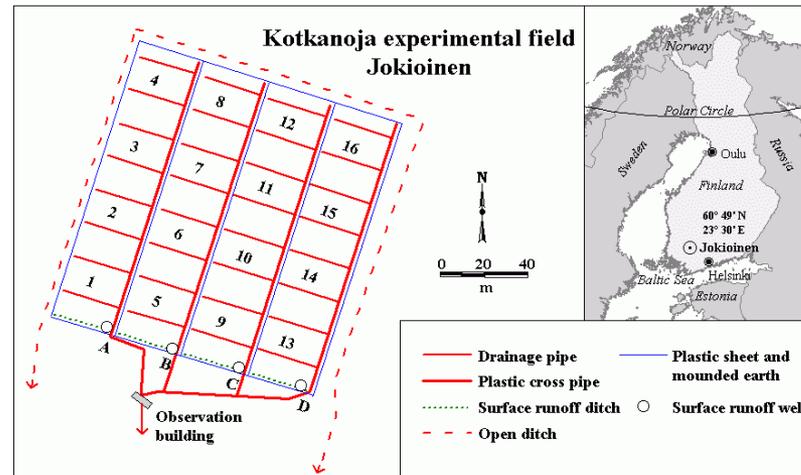
- **Factores de estudio:** 1. Mejora de la rotación de cultivos con cultivo intermedio, 2. Diversificación de la rotación de cultivos 3. No-labranza.
- **Diseño experimental:** Parcela en franjas.
- **Réplicas:** Parcelas replicadas en cuatro campos.
- **Tamaño de la parcela:** 0,11 ha (33 × 33 m)
- **Control y muestreo del cultivo:** en la cosecha de cada cultivo y parcela.
- **Muestreo del suelo:**
  - Época y frecuencia: en mayo de 2018, luego cada septiembre durante tres ciclos de cultivo
  - Profundidad del suelo: capa arable (0-10 y 10-30 cm).
  - Número de muestras: de dos a tres muestras compuestas por parcela (nueve muestras por tratamiento) en el WP5. Para el WP4 se seleccionarán cinco de las nueve muestras por tratamiento.
- **Mediciones de las emisiones de gases de efecto invernadero:** 25 mediciones por año en las parcelas en las que se tomen muestras de suelo, un punto de control en cada parcela.
- **Mediciones de la erosión:** Los drenajes superficiales y subterráneos se recogen continuamente en cada subparcela (16). La escorrentía superficial se recoge continuamente en cada franja del campo (4 subparcelas juntas).



# Caso de estudio 12: Estructura del experimento



Plough	No-till	Plough	No-till
4	8	12	16
3	7	11	15
2	6	10	14
1	5	9	13
0	0	0	0
A	B	C	D



- A: Cebada + cultivo intermedio, arado
- B: Cebada a plazo largo sin labranza
- C: Cebada-colza de invierno-cebada, arado
- D: Cebada-colza de invierno-cebada, sin labranza, arado una vez
- O: pozo de escorrentía superficial



## Caso de estudio 12: Variables medioambientales

- Elevación.
- Temperatura media anual.
- Precipitación media anual.
- ETP media anual.
- Radiación solar.
- Temperatura máxima diaria.
- Temperatura media diaria.
- Temperatura máxima diaria.
- Precipitación diaria acumulada.
- Humedad del aire.
- Velocidad del viento.



# Caso de estudio 12: Propiedades del cultivo

## 1. Crecimiento del cultivo

- Biomasa superficial.

## 2. Incidencia de plagas y enfermedades

- Porcentaje de daños.

## 3. Rendimiento del cultivo

- Rendimiento del cultivo en la cosecha

## 4. Calidad del cultivo

- Peso de mil granos, humedad y contenido de proteína.

## 5. Valoración nutricional

- Ninguna



# Caso de estudio 12: Propiedades biológicas del suelo

## 1. Estructura de la comunidad microbiana y patógenos del suelo

- Extracción de ADN del suelo, amplificación y secuenciación de nueva generación.

## 2. Actividad enzimática y genes funcionales

- Actividades de deshidrogenasa,  $\beta$ -glucosidasa, leucina aminopeptidasa, fosfatasa ácida y arilsulfatasa.
- Nitrificación potencial.
- PCR a tiempo real de tres transcripciones relacionadas con el ciclo del nitrógeno.

## 3. Lombrices

- Identificación, densidad y masa de la especie.
- Densidad y masa por grupo ecológico.
- Masa y densidad totales.
- Solo se miden al empezar y al terminar el periodo de experimentación.



# Caso de estudio 12: Propiedades de la biodiversidad vegetal

## 1. Especies de plantas

- Identificación y riqueza.

## 2. Vegetación

- Cobertura.
- Índice de similitud.

## 3. Captura de carbono de los cultivos leñosos

- Ninguna.



# Caso de estudio 12: Propiedades fisicoquímicas del suelo

## 1. Fertilidad y contaminantes del suelo

- N total, amonio, nitrato y cantidades disponibles de P, K, Ca y Mg.
- pH, conductividad eléctrica, capacidad de intercambio catiónico y suma de bases.

## 2. Estructura del suelo y captura de carbono

- Densidad aparente, contenido hídrico del suelo en el punto de marchitez y capacidad de campo, humedad real del suelo, textura, carbono orgánico total, fracciones funcionales de carbono orgánico, estabilidad de los agregados, distribución del tamaño de los agregados.

## 3. Tasas de erosión

- Tasas totales de esorrentía y erosión, medición continua. Medición de las pérdidas de nutrientes y carbono orgánico.

## 4. Emisiones de gases de efecto invernadero

- CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O y CH<sub>4</sub> del suelo.
- Emisiones totales mediante análisis del ciclo de vida.



# CASO DE ESTUDIO N.º 12

## COORDINADORA



**KRISTIINA REGINA**

NATURAL RESOURCES INSTITUTE FINLAND (LUKE)

[Kristiina.regina@luke.fi](mailto:Kristiina.regina@luke.fi)

Tel.: +358295326474





# **CASO DE ESTUDIO N. ° 13**

**Producción de queso ecológico en Finlandia**



## CASO DE ESTUDIO N. ° 13

Socios participantes

Luke, PJ

Autores

Kristiina Regina, Eila Turtola, Riitta Lemola, Jaakko Heikkinen, Visa Nuutinen, Hannu Fritze, Tero Tuomivirta, Heikki Lehtonen, Tuomo Purola, Terhi Latvala, Janne Artell (Luke)

Lasse Rainio, Taina Rainio, Jussi Heinonen (PJ)

Correo electrónico de la autora principal

kristiina.regina@luke.fi



## Caso de estudio 13: Producción de queso ecológico

- Polven Juustola
- Región edafoclimática: BOREAL
- País: FINLANDIA
- Lugar: KOUVOLA (SURESTE DE FINLANDIA)
- Coordenadas geográficas: 60° 83' N, 26° ' 98" E
- Temperatura media anual: 4,4 °C
- Precipitación media anual: 698 mm
- Evapotranspiración potencial anual: 412 mm





## Caso de estudio 13: Características principales

- Extensión de la explotación: 30 ha
- Superficie de experimentación de Diverfarming: 2,6 ha
- Cultivo actual: Forraje para la producción de leche
- Sistema de cultivo actual: producción convencional de forraje de secano
- Uso final del cultivo: forraje para la producción de leche
- Época de recolección: junio-agosto para el cultivo con pradera temporal, agosto-septiembre para los cereales
- Producto: pienso
- Cadena de valor actual:
  - Productor de leche
  - Productor de queso a escala de explotación
  - Calidad y certificación
  - Distribución
  - Supermercado
- Prácticas agrícolas actuales:
  - Labranza intensiva
  - Fertilizante mineral
  - Plaguicidas
  - Herbicidas





## Caso de estudio 13: Principales problemas ambientales

- Las explotaciones lecheras se concentran en determinadas zonas -> se reduce la diversidad de los cultivos en otras zonas
- Las explotaciones cultivables tienen más rotaciones simples y monocultivos
- Va disminuyendo el contenido de materia orgánica del suelo
- Erosión
- Lixiviación de nutrientes (N y P)
- Mala estructura del suelo y escasa conductividad del agua





# Caso de estudio 13: Sistemas de cultivo diversificados

- A. Rotaciones simples:** Cebada-pradera-pradera-cebada y cebada-cebada-centeno-avena
  
- B. Diversificación 1** Leguminosa en la rotación de forrajes (Cebada-trébol-pradera-veza+avena)
  
- C. Diversificación 2** Leguminosa en la rotación de forrajes (Cebada-trébol-centeno-avena)



# Caso de estudio 13: Prácticas agrícolas con uso reducido de insumos

1. Rotaciones convencionales
2. Diversificación 1 Rotación de cereales ecológicos
3. Diversificación 2 Rotación de forrajes ecológicos





## Caso de estudio 13: Diseño experimental

- **Factores de estudio:** 1. Producción convencional, 2. Producción ecológica, 3. Leguminosa en la rotación
- **Diseño experimental:** Bloque completo aleatorizado.
- **Réplicas:** Parcelas replicadas en cuatro campos.
- **Tamaño de la parcela:** 0,16 ha (16 × 100 m)
- **Control y muestreo del cultivo:** en la cosecha de cada cultivo y parcela.
- **Muestreo del suelo:**
  - Época y frecuencia: una vez en 2018
  - Profundidad del suelo: capa arable (0-10 y 10-30 cm).
  - Número de muestras: de dos a tres muestras compuestas por parcela (nueve muestras por tratamiento) en el WP5. Para el WP4 se seleccionarán cinco de las nueve muestras por tratamiento.
- **Mediciones de las emisiones de gases de efecto invernadero:** Ninguna, se dispone de algunos resultados de 2003-2004
- **Mediciones de la erosión:** Datos disponibles de 2001-2014



# Caso de estudio 13: Estructura del experimento



OM	Organic milk: Barley-clover grass-ley-vetch+oat
OC	Organic cereal: Barley-ley-rye-oats
CC	Conventional cereal: barley-barley-rye-oats
CM	Conventional milk: barley-ley-ley-barley

- OM – Leche ecológica: cebada-trébol-pradera-veza+avena
- OC- Cereal ecológico: cebada-pradera-centeno-avena
- CC- Cereal convencional: cebada-cebada-centeno-avena
- CM – Leche convencional: cebada-pradera-pradera-cebada



## Caso de estudio 13: Variables medioambientales

- Elevación.
- Temperatura media anual.
- Precipitación media anual.
- ETP media anual.
- Radiación solar.
- Temperatura máxima diaria.
- Temperatura media diaria.
- Temperatura mínima diaria.
- Precipitación diaria acumulada.
- Humedad del aire.
- Velocidad del viento.



# Caso de estudio 13: Propiedades del cultivo

## 1. Crecimiento del cultivo

- Biomasa superficial.

## 2. Incidencia de plagas y enfermedades

- Porcentaje de daños

## 3. Rendimiento del cultivo

- Rendimiento del cultivo en la cosecha

## 4. Calidad del cultivo

- Peso de mil granos, humedad y contenido de proteína.

## 5. Valoración nutricional

- Ninguna



# Caso de estudio 13: Propiedades biológicas del suelo

## 1. Estructura de la comunidad microbiana y patógenos del suelo

- Extracción de ADN del suelo, amplificación y secuenciación de nueva generación.

## 2. Actividad enzimática y genes funcionales

- Actividades de deshidrogenasa,  $\beta$ -glucosidasa, leucina aminopeptidasa, fosfatasa ácida y arilsulfatasa.
- Nitrificación potencial.
- PCR a tiempo real de tres transcripciones relacionadas con el ciclo del nitrógeno.

## 3. Lombrices

- Identificación, densidad y masa de la especie.
- Densidad y masa por grupo ecológico.
- Masa y densidad totales.
- Solo se miden al empezar y al terminar el periodo de experimentación.



# Caso de estudio 13: Propiedades de la biodiversidad vegetal

## 1. Especies de plantas

- Identificación y riqueza.

## 2. Vegetación

- Cobertura.
- Índice de similitud.

## 3. Captura de carbono de los cultivos leñosos

- Ninguna.



# Caso de estudio 13: Propiedades fisicoquímicas del suelo

## 1. Fertilidad y contaminantes del suelo

- N total, amonio, nitrato y cantidades disponibles de P, K, Ca y Mg.
- pH, conductividad eléctrica, capacidad de intercambio catiónico y suma de bases.

## 2. Estructura del suelo y captura de carbono

- Densidad aparente, contenido hídrico del suelo en el punto de marchitez y capacidad de campo, humedad real del suelo, textura, carbono orgánico total, fracciones funcionales de carbono orgánico, estabilidad de los agregados, distribución del tamaño de los agregados.

## 3. Tasas de erosión

- Tasas totales de escorrentía y erosión, medición continua. Medición de las pérdidas de nutrientes y carbono orgánico.

## 4. Emisiones de gases de efecto invernadero

- CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O y CH<sub>4</sub> del suelo.
- Emisiones totales mediante análisis del ciclo de vida.



# CASO DE ESTUDIO N.º 13

## COORDINADORA



**KRISTIINA REGINA**

NATURAL RESOURCES INSTITUTE FINLAND (LUKE)

[Kristiina.regina@luke.fi](mailto:Kristiina.regina@luke.fi)

Tel.: +358295326474





# **CASO DE ESTUDIO N.º 14**

**Validación del prototipo de  
maquinaria en cultivos perennes  
(viñedos)  
en España**



CASO DE ESTUDIO N.º 14	
Socios participantes	INDA, ASAJA, CCP, GA, NBT, WDF, AKA, NMT, PK, PJ
Autores	Francisco José López, Daniel Guandián (INDA)
	Alfonso Gálvez (ASAJA)
	Davide Rocca (CCP)
	Eduardo López (GA)
	Ben van Tilburg (NBT)
	Cord-Henrich Treseler (WDF)
	Attila Gere (AKA)
Ferenc Tarjányi (NMT)	
Maija-Liisa Paavola (PK)	
Lasse Rainio (PJ)	
Correo electrónico del autor principal	industriasdavid@industriasdavid.com



## Caso de estudio 14: cítricos de regadío

- Región edafoclimática: SUR MEDITERRÁNEO
- País: ESPAÑA
- Lugar: YECLA (REGIÓN DE MURCIA)
- Coordenadas geográficas: 38° 36' 17" N, 1° 03' 28,9'
- Temperatura media anual: 14,9 °C
- Precipitación media anual: 412 mm
- Evapotranspiración potencial anual: 1270 mm





## Caso de estudio 14: Características principales

- Extensión de la explotación: 15 ha
- Superficie de experimentación de Diverfarming: 1 ha (1100 árboles)
- Cultivo actual: viña en espaldera (variedad monastrell)
- Uso final del cultivo: vino
- Sistema de cultivo actual: viña en espaldera con 2,4 a 3,1 m entre hileras y riego convencional por goteo
- Época de recolección: septiembre-octubre
- Prácticas agrícolas actuales:
  - Labranza
  - Fertilizante mineral
  - Herbicidas
- Cadena de valor actual:
  - Productor
  - Calidad y certificación
  - Bodega





## Caso de estudio 14: Principales problemas ambientales

- Erosión
- Baja calidad del suelo
- Suelo con bajo contenido de materia orgánica
- Poca biodiversidad subterránea y en superficie
- Simplificación del paisaje





## Caso de estudio 14: Objetivos

**El objetivo del prototipo de maquinaria es reducir las siguientes variables:**

Tiempo de mano de obra, consumo de combustible, emisiones de gases de efecto invernadero, alteraciones del suelo y control de las malas hierbas

**El prototipo será diseñado para que tenga una configuración modular polivalente, capaz de utilizar las distintas características de forma selectiva.**

**También incorporará diversos sistemas de recogida de datos, para proporcionar al agricultor información valiosa mientras trabaja.**

**Cultivos previstos:**

Olivar en superintensivo



Viñedo



Frutales en superintensivo





## Caso de estudio 14: Pruebas de la máquina prototipo

Las pruebas se realizarán en nuestras propias instalaciones y en el viñedo durante al menos 3 ciclos de los cultivos.

Las variables se medirán mediante la retroalimentación continua con los agricultores de la siguiente manera:

- A. **Mano de obra:** horas necesarias de trabajo de los agricultores en las fincas
- B. **Consumo de combustible:** litros de gasóleo utilizado por los tractores de la explotación
- C. **Emisiones de gases de efecto invernadero:** es una variable dependiente del consumo de combustible que se cuantificará en toneladas métricas de dióxido de carbono equivalente ( $tCO_2e$ )
- D. **Alteración del suelo:** número de pasadas de tractor y compactación del suelo (controlado con dinamómetros montados en los brazos del arado)
- E. **Control de malas hierbas:** el crecimiento y la altura se controlarán visualmente y se cuantificarán con una cinta métrica



## Caso de estudio n.º 14 Coordinador



**FRANCISCO JOSÉ LÓPEZ MARTÍNEZ**

INDUSTRIASDAVID S.L.U.

[industriasdavid@industriasdavid.com](mailto:industriasdavid@industriasdavid.com)

Tel.: +34 968 718 119

