

# INFORME

## FINCA EXPERIMENTAL “LA HIGUERUELA”



### Índice

Temas	Paginas
Información general del Servicio .....	2
Problemas medioambientales más importantes.....	9
Experimentos de larga duración: Resultados más destacables.....	10
Otras investigaciones y principales seguimientos experimentales.....	23
¿Que se ha aprendido en 38 años de trabajo? .....	25
Un modelo de agricultura sostenible .....	26
Superficie, distribución y uso de las diferentes parcelas de la Finca.....	27
Comentarios finales.....	28

**Carlos Lacasta Dutoit**  
**Responsable de Finca**

Mayo 2010

## INFORMACIÓN GENERAL DEL SERVICIO

La Finca Experimental “La Higuieruela” con una extensión de 90 ha, esta situada en el término de Santa Olalla (Toledo) y a 80 km. de Madrid (Nacional V). Pertenece desde 1972 al Centro de Ciencias Medioambientales del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), durante este tiempo han desarrollado sus trabajos experimentales investigadores de dicho Organismo, diversas Universidades, departamentos de investigación de las Comunidades Autónomas, OPIs nacionales y extranjeras, y empresas privadas.



**Finca Experimental “La Higuieruela”**

La finca esta inserta en un paisaje agrícola típico del secano español, que representa el 80% del territorio español, siendo uno de los sistemas agrarios más complejos de estudiar, algunos metros cuadrados de nuestras tierras tiene más diversidad que varias hectáreas de la Europa húmeda. Los sistemas de cultivo extensivos, muy comunes en el pasado en toda Europa, están hoy confinados a la región mediterránea. **El mosaico de cultivos y barbechos constituye uno de los hábitats seminaturales más importantes en Europa Occidental**

Para gestionar correctamente un sistema agrario tan complejo, hay que estudiar los elementos y procesos que intervienen en su constitución y funcionamiento, para poder elaborar estrategias y técnicas agronómicas rentables y respetuosas con el medio ambiente. En la finca “La Higuieruela” se están desarrollando en estos momentos 10 proyectos de investigación y 11 ensayos de experimentación, estos últimos son pequeños proyectos que analizan algunos aspectos de la agronomía y recursos naturales, con el objetivo de hacer una mejor transferencia de tecnología. Los trabajos desarrollados en la finca se encuadran en las siguientes líneas de investigación:

1. Investigaciones dirigidas a un manejo integrado de sistemas agrarios representativos de zonas semiáridas que permitan una agricultura en armonía con el medio ambiente.
2. Aprovechamiento agrícola de residuos agrícolas y urbanos
3. Estudio sistémico de alternativas a los cambios de uso del suelo en zonas de agricultura tradicional.
4. Estudio de procesos de degradación de suelos en ecosistemas de ambientes mediterráneos.
5. Cultivos alternativos en zonas semiáridas.

6. Empleo de diferentes fuentes naturales de materia orgánica.
7. Agricultura de conservación en cultivos herbáceos y leñosos.
8. Agricultura ecológica en ambientes semiáridos.
9. Estudios de especies y ecotipos de plantas herbáceas y arbóreas autóctonas, encaminados a la mejora de zonas degradables o aumentar la diversidad.
10. Estudios de la flora y fauna como marcadores biológicos de calidad y de cambio climático.
11. Descontaminación de aguas.
12. Inundaciones y sus efectos sobre el suelo.
13. Climatología

La diversidad de objetivos que se desarrollan en la finca, los experimentos de larga duración (más de 20 años), la multidisciplinariedad alrededor del mismo proyecto, el ambiente mediterráneo-semiárido, la hacen única en el mundo. Esto se pone de manifiesto por el número de visitas que se reciben tanto nacionales como extranjeras. En el ámbito nacional se organizan visitas en grupos a través de las diferentes Asociaciones agrarias (sindicatos, cooperativas, asociaciones de productores, municipios, etc.), Delegaciones de Agricultura de las diferentes Autonomías, Universidades Públicas y Privadas, Institutos de Formación Profesional relacionados con la Agricultura, Cursos Master y de Formación agraria y medioambiental, e incluso se participa con los Centros de Enseñanza tanto de primaria como de secundaria en el conocimiento e interpretación de los problemas ambientales. El número medio anual de visitas, procedentes de todo el Estado Español, es superior a las quinientas personas. Si ello se le une que los investigadores que desarrollan sus trabajos experimentales en la finca han generado más de quinientos trabajos, publicados tanto en revistas nacionales como extranjeras, capítulos de libros, tesis doctorales, se han concedido varios premios nacionales e internacionales por investigaciones que se desarrollan en ella, se participa en congresos, cursos, conferencias y asignaturas universitarias. Por todo ello se puede concluir que La Finca Experimental "La Higuera" es un referente en las investigaciones en agricultura mediterránea de ambientes semiáridos y en la conservación de recursos naturales.



**Transferencia de conocimiento**

## Proyectos Investigación internos

1. Estudios de estrategias de manejo de cubiertas vegetales estables en cultivos arbóreos de secano. Dr. Pastor Piñeiro (IRN).
2. Procesos de degradación del suelo por erosión en ecosistemas de ambientes semiáridos. Dr. Benito Fernández (IRN).
3. Aplicación de sistema de laboreo de conservación para la protección y conservación de los recursos naturales. Dra. López Fando (ICA).
4. Aprovechamiento agrícola de residuos sólidos urbanos y lodos. Dr. Polo (ICA)
5. Descontaminación de aguas con *Hydrodictyon reticulatum*. Dr. Quiñones (ICA)
6. Dinámica del carbono en el suelo en diferentes manejos del suelo y fertilización. Dr. García-Gil (ICA)
7. Estudios sobre el ciclo del nitrógeno y carbono en cultivos de cereales. Dra. López Fando. (ICA)

## Proyectos investigación externos:

1. Efectos de la contaminación atmosférica sobre la vegetación (Dra. Alonso del Amo - CIEMAT)
2. Reforestación con encinas (Dr. Rey – Universidad de Alcalá de Henares)
3. Estación de seguimiento de la avifauna (Oscar Frías – SEO – MNCN)

## Proyectos experimentación. Lacasta (Finca la Higuera)

1. Aportaciones de residuos de cereal (paja) al suelo y su influencia en los parámetros físicos, químicos y biológicos del suelo.
2. Labores: Diversidad vegetal.
3. Densidades de siembra de cereales y rotaciones de cultivo
4. Manejos en la viña: Diversidad, sostenibilidad y productividad
5. Recuperación de manejos tradicionales en cultivos herbáceos.
6. Estrategias de conservación de suelo en cultivos herbáceos.
7. Técnicas de cultivo en leguminosas: Diversidad, productividad y sostenibilidad
8. Manejo ecológico de agrosistemas de cereales: Rotaciones, control de hierbas, fertilización.
9. Interacción de escardas y fertilización en Agricultura Ecológica.
10. Barbechos verdes.
11. Gestión sostenible de agrosistemas de cereales.



Diferentes experimentos de investigación

## Paisaje

La finca al presentar una gran variedad de suelos, en distintas orientaciones y situaciones, y al emplear técnicas de manejos diferentes, le permite tener una gran diversidad de sistemas agrarios característicos y representativos de la España mediterránea-semiárida con diferentes niveles de degradación de los recursos naturales.

El arroyo y los regueros que la cruzan, son las zonas que generan mayor biodiversidad. Se han inventariado 84 especies de aves y 360 especies vegetales. Dentro de la finca se dispone de un área de dehesa agraria.



## Clima

La finca y su entorno tienen un clima mediterráneo continental semiárido con inviernos frescos, elevadas temperaturas estivales y un período seco de seis meses que coincide prácticamente con el período libre de heladas.

Este tipo de clima es relativamente insólito en el conjunto mundial por más que los habitantes de estos lugares estemos tan acostumbrados que lo consideremos habitual. La rareza de este clima es la coincidencia de las máximas temperaturas, y por tanto la máxima evapotranspiración (agua perdida por el suelo y las plantas), con las mínimas o nulas precipitaciones, lo que provoca un auténtico stress hídrico estival al que deben adaptarse en primera instancia todos los ecosistemas. En general lo normal es que las lluvias coincidan con los momentos térmicos más favorables para el desarrollo de las plantas. De ahí que el privilegio de la península Ibérica de contar con mejor dotación térmica, con mayor intensidad de radiación solar y mayor número de horas anuales de sol para producir biomasa vegetal, se encuentre en inferioridad de condiciones frente a nuestros vecinos del norte por no tener el agua en el momento que se necesita. Pero no debemos confundir desarrollo vegetal con biodiversidad (variedad de especies) en este sentido España por su situación geográfica a caballo entre Eurasia y África y por la diversidad de terrenos geológicos, edáficos y orográficos, hay autores que la consideran como un continente en miniatura. Este capital o patrimonio natural representado por la biodiversidad es nuestro mayor valor estratégico ya que es un patrimonio inviable de recrear a escala temporal humana. La situación geográfica de la finca, sus suelos y paisajes la hace ser representativa de la mayor parte del secano mediterráneo semiárido.

Los factores limitantes termométricos más importantes de la producción vegetal son las heladas de primavera y las temperaturas altas de finales de primavera y verano.

La precipitación media anual agrícola (septiembre-agosto) es de 483 mm repartiéndose por estaciones: primavera 24,7%, verano 10,2%, otoño 34,4%, e invierno 30,4%. La distribución aleatoria de las lluvias da lugar a que dos de cada 10 años haya problemas de asfixia radicular por precipitaciones superiores a 350 l/m<sup>2</sup> en otoño-invierno y a que la mitad de los años haya problemas de déficit hídrico en primavera. Es esta variabilidad y no las bajas precipitaciones las que hacen tan difícil gestionar los recursos de los agrosistemas del secano español.

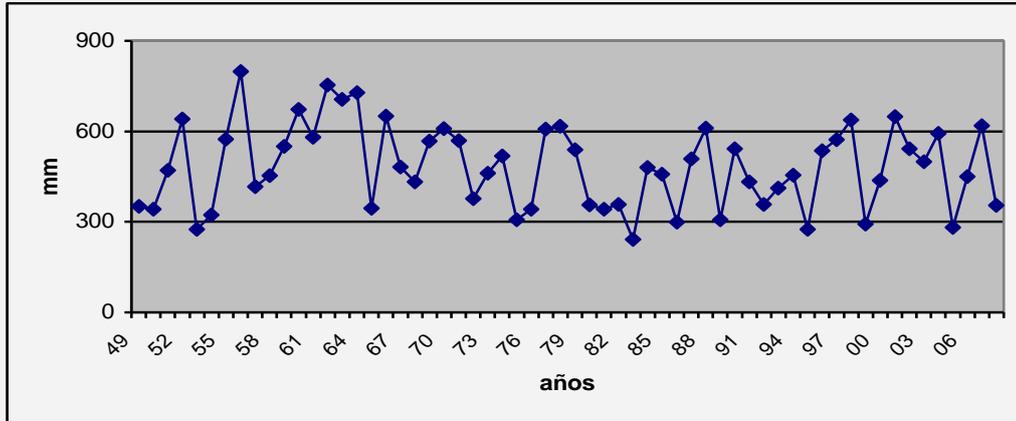


Estación meteorológica

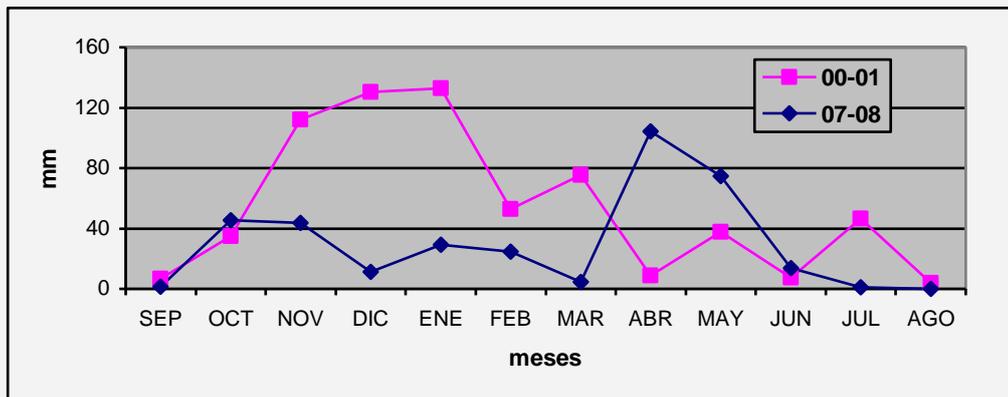


Dos de cada diez años hay exceso de agua en invierno

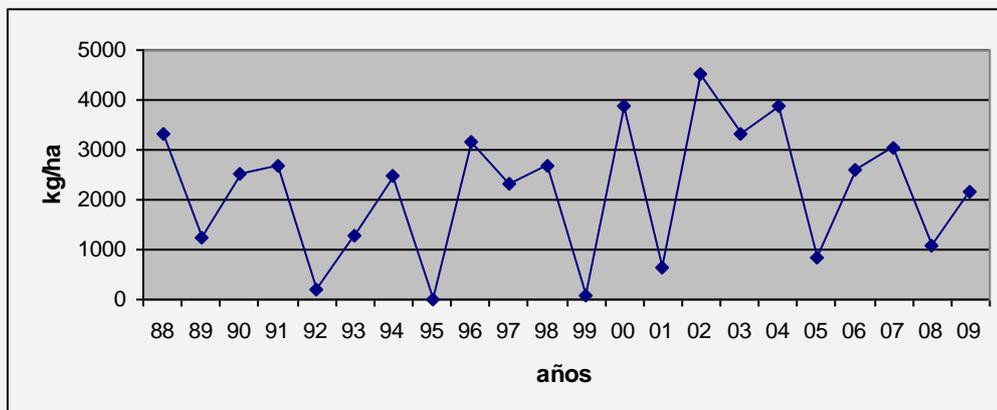
### Características más relevantes de los ambientes mediterráneos



Evolución de las precipitaciones en la Finca Experimental "La Higuera" a lo largo de los últimos 60 años (1949-2009). Donde se observa la variabilidad interanual de la pluviometría y el aumento de años secos en los últimos años.



Evolución de la pluviometría de dos años con baja producción de biomasa vegetal, donde se aprecia la variabilidad anual, un año con precipitaciones de 649 mm, las precipitaciones de otoño-invierno fueron elevadas con el consiguiente lavado de nitratos y una primavera seca, el otro con una precipitación anual no excesivamente baja, 354 mm en cambio las precipitaciones de primavera llegaron tarde.



Evolución de los rendimientos de cebada en rotación con otro cultivo de los últimos 22 años, donde se aprecia el modelo de diente de sierra de las producciones de los agrosistemas semiáridos, deduciéndose la baja eficiencia de la fertilización química y los riesgos de contaminación por nitratos con las precipitaciones de otoño, al no haber sido utilizados por la cosecha.

## Suelos

	<p>Horizonte A: franco arenoso. Sin estructura, maciza, el suelo esta adherido entre si por las pequeñas cantidades de arcilla y material orgánico, pero no existen líneas de separación definidas. pH entre 6-7. Profundidad 15-20 cm</p>
	<p>Horizonte B: arcilloso, a medida que avanza el proceso de meteorización del suelo superior se va reduciendo el tamaño de las partículas. La arcilla del suelo superior es lavada acumulándose en la parte baja del horizonte A y formando el que llamaremos horizonte B o subsuelo. Su estructura es prismática, Profundidad 20-65cm.</p>
	<p>Horizonte Ck: carbonato cálcico, blanco, que es producto de la disolución de la caliza por la lluvia, al transfórmala en bicarbonato cálcico que es soluble en agua y arrastrada a capas más profundas, donde vuelve a precipitar en forma de carbonato cálcico. Profundidad + 65cm</p>

Luvisol cálcico

	<p>Horizonte A: arenoso franco Los materiales más fácilmente descompuestos se van lixiviando, quedando como componentes del suelo superior los minerales más resistentes y la materia orgánica. Sin estructura, maciza,. pH entre 6-6,5, profundidad entre 40-50 cm</p>
	<p>Horizonte B: arcillo arenoso, Su estructura es prismática, la forma de los agregados son alargados verticalmente en forma de prismas. Profundidad 50-110 cm</p>
	<p>Horizonte BC: Frecuentes manchas de tonos grises, por problemas de reducción del hierro por falta de oxígeno. Estructura en bloques angulares. Profundidad + 110 cm</p>

Luvisol vértico

	<p>Son suelos profundos, de más de 1 m de profundidad, arcillosos, estructura estable, y con gran capacidad de retención de agua <math>130 \text{ l/m}^2</math>. Cuando se desecan se forman grandes grietas de hasta 10 cm de ancho y 1 m de profundidad, donde es arrastrado el material superficial por el efecto de las primeras lluvias. El suelo está en continuo movimiento. Su estructura es poliédrica formando grandes agregados con diferentes figuras geométricas y generalmente con caras de deslizamiento muy lisas. pH entre 6,5-7,5</p>
---	---

Vertisol

	<p>Son los suelos típicos de las zonas de vega, que se están formando permanentemente por la acumulación de los suelos y sedimentos erosionados de las zonas de cabecera del valle, son suelos ricos en nutrientes y pueden ser receptores de los excedentes de agroquímicos.</p>
---	---

Fluvisol

## Problemas ambientales más importantes de los ambientes mediterráneos



**Erosión:** En el secano mediterráneo se da una combinación muy particular de características físicas y ambientales, que hacen que los procesos erosivos presenten una dinámica muy contrastada respecto a otras zonas agroambientales propias de climas templados y húmedos.



**Disminución de carbono en el suelo:** La gestión agrícola en estos ambientes se supedita fundamentalmente a la gestión del agua edáfica, lo que provoca un aumento del laboreo con la consiguiente entrada de aire al edafosistema y la mineralización de la materia orgánica.



**Eutrofización y contaminación de las aguas:** La concentración de las lluvias (60%) en el periodo frío, cuando la actividad biológica es baja, genera lavado principalmente de nitratos bien procedente de la mineralización de la materia orgánica o de los agroquímicos empleados.



**Disminución de la biodiversidad:** El proceso de especialización agraria ha generado grandes zonas de monocultivo, donde la regulación de los organismos que habitan en el sistema queda totalmente en manos del hombre aumentando los problemas de plagas y enfermedades.

**La carencia de restricciones en el uso de los recursos naturales ha generado una degradación generalizada de los ecosistemas semiáridos del planeta, incrementando el proceso de desertificación, que conduce a la reducción de la productividad biológica con la consiguiente reducción de la biomasa vegetal y de los rendimientos de los cultivos. Este proceso se está incrementando con el cambio climático.**

## Experimentos de larga duración

Quizás el mayor valor de la finca son los experimentos de larga duración (más de 20 años de antigüedad). Una característica muy importante en zonas mediterráneas semiáridas es la variabilidad interanual y anual de la pluviometría. Es esta variabilidad, no la baja pluviometría, la que representa el mayor reto para la productividad de estos sistemas. Estos ambientes se adaptan por tanto mal a experimentos de la duración de un proyecto de investigación, de ahí que las fincas experimentales españolas se hayan ubicado principalmente en suelos de vega y con apoyo de riego para minimizar la imprevisibilidad ambiental, generando información que no representa la realidad del 80% del territorio.

No hay que olvidar que es en estos ambientes semiáridos, donde se desarrolló y consolidó la cultura del hombre actual. Los condicionamientos para el desarrollo de civilizaciones en estos ambientes ecológicos están relacionados con el clima seco, favorable a la acumulación de nutrientes en el suelo, necesarios para el crecimiento de la vegetación. La carencia de restricciones en el uso de los recursos naturales ha incrementado el proceso de desertificación. Esto ocurre cuando en el uso de la tierra no se consideran prácticas agrícolas que permitan conservar los componentes más valiosos de la biocenosis y del ecotopo. Para conocer estos procesos y encontrar estrategias que permitan la conservación y mantener la productividad, es necesario tener experimentación de larga duración.

Fue en la segunda mitad de los años 80 cuando la Junta de Gobierno del antiguo Instituto de Edafología considero la necesidad de mantener experimentos más allá del fin de los proyectos con los presupuestos del Instituto. En la década de los 90 y dentro de un convenio de colaboración entre el CSIC y la Junta de Comunidades de Castilla La Mancha, el Servicio de Investigación y Experimentación de la Consejería de Agricultura empezó a subvencionar algunos de ellos a través de los presupuestos de la red de ensayos que realiza con los agricultores, otros fueron los propios investigadores que estaban interesados en el mantenimiento de sus experimentos y conseguían proyectos de investigación que les permitía su continuidad.



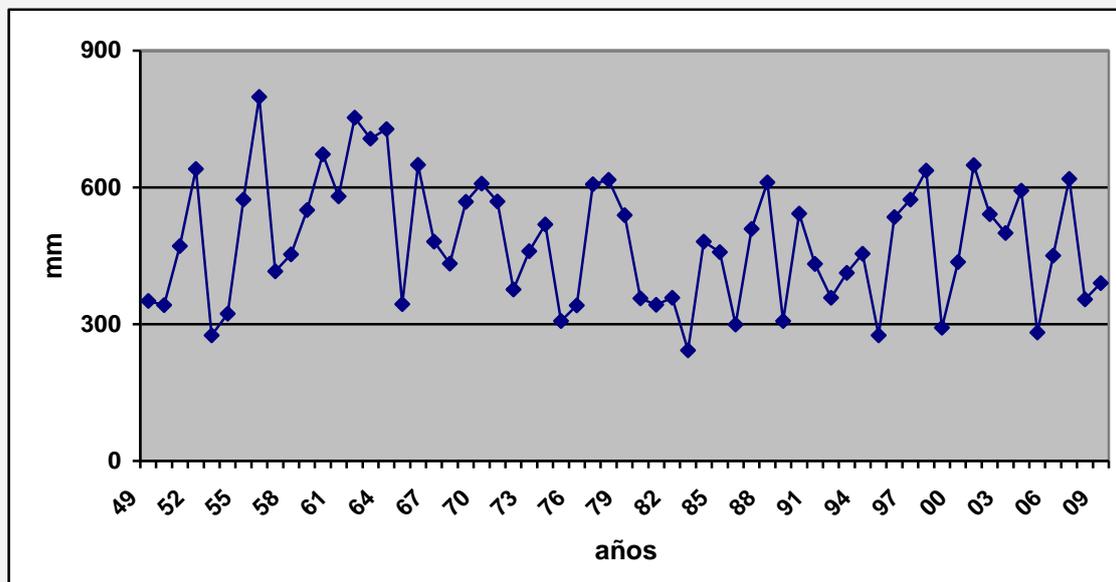
Zona de la Finca Experimental La Higuera, donde se aprecia los procesos de desertificación.



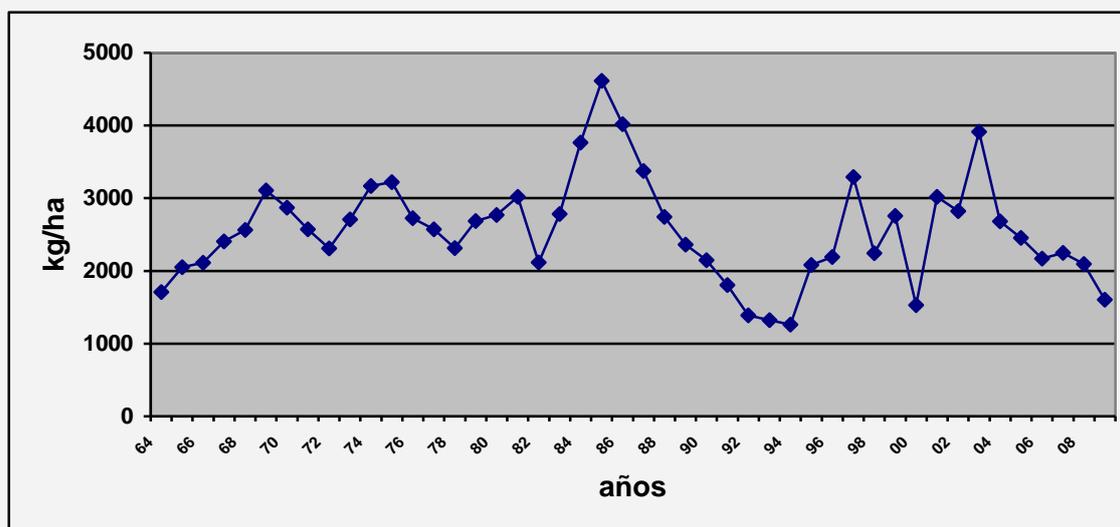
Experimentos de larga duración donde se estudian diferentes procesos ecológicos.

## Algunos resultados obtenidos gracias a experimentos de larga duración

**Cambio climático:** El aumento de los años secos está produciendo un aumento de la inestabilidad y una menor productividad de los cultivos herbáceos.

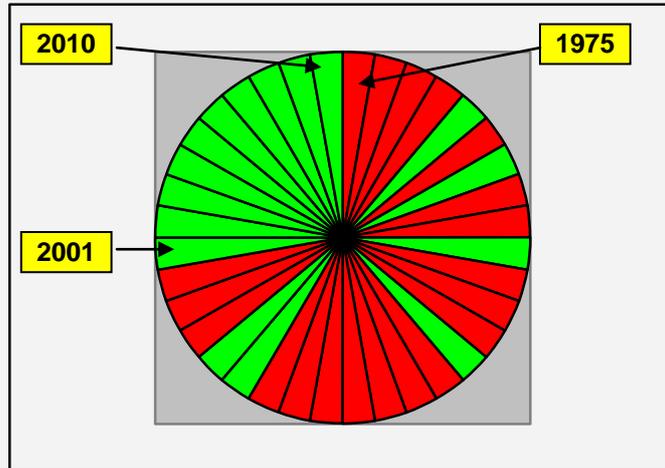


Evolución de las precipitaciones a lo largo de los últimos **60 años** (1949-2009). Donde se observa el aumento de años secos en los últimos años.

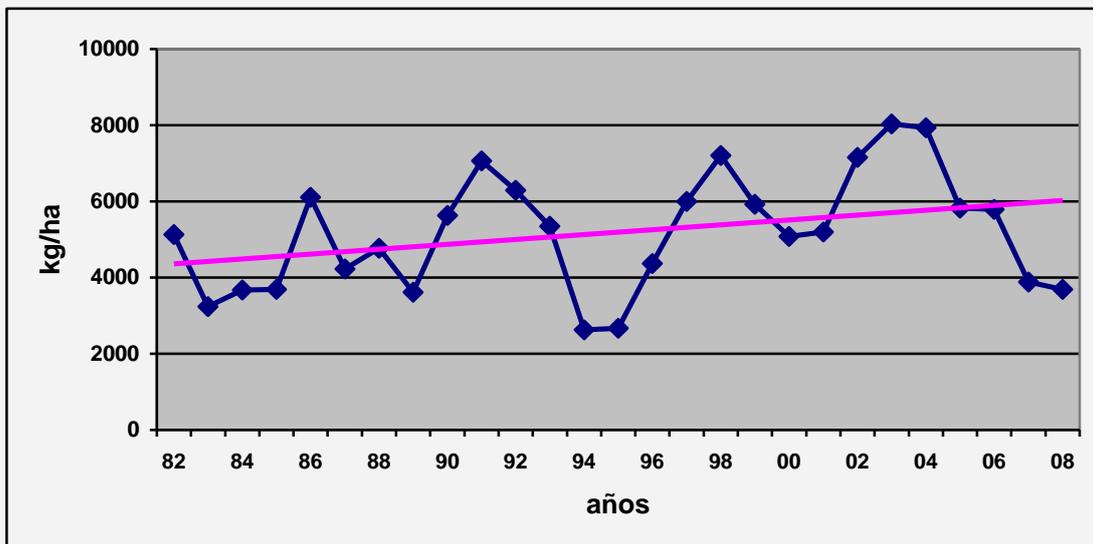


Evolución de las producciones de cereal en rotación de **47 años** (medias móviles de tres años), donde se observa una disminución y una menor estabilidad en las producciones en los últimos años.

**Cambio climático:** El aumento de las temperaturas de primavera ha supuesto que en los últimos 10 años no hubiera problemas con las heladas de primavera en los cultivos arbóreos, lo que permite sugerir como una estrategia, para la nueva situación ambiental, es la implantación de cultivos leñosos que hasta ahora no eran viables por los problemas de las heladas en la floración.



Años con heladas de primavera en color rojo y años sin heladas en color verde. Se aprecia como desde 2001 no ha habido heladas de primavera, que son una de las causas más importantes de disminución de productividad de los cultivos arbóreos



Evolución de las producciones de uva, variedad Garnacha, de **29 años** (medias móviles de tres años), donde se observa un aumento de la producción por una disminución de la incidencia de las heladas de primavera.

**Trabajos en erosión (20 años):** El suelo constituye el recurso natural básico para el soporte de los ecosistemas terrestres, ya sean naturales o productivos. Su degradación supone la mayoría de las veces su destrucción irreversible y en el caso límite la desertificación real del territorio.

Se han identificado dos situaciones meteorológicas diferentes en las que tiene lugar la mayor parte de la erosión. La primera, corresponde a las tormentas aisladas de elevada intensidad de lluvia, que suelen corresponder a células convectivas de desarrollo vertical típicas del verano mediterráneo. La segunda, se trata de situaciones meteorológicas de temporal, generalmente invernales, en las que se encadenan varios días de lluvia consecutivos que dan lugar a precipitaciones acumuladas elevadas, aunque éstas no lleguen a desarrollar altas intensidades. En ambos casos, el factor clave desencadenante de la erosión es la acumulación y drenaje del agua de escorrentía sobre la superficie del suelo. En el primer caso, porque la intensidad de lluvia es muy superior a la capacidad de infiltración de la capa superficial del suelo; y en el segundo, porque una vez que el perfil de suelo se satura, la infiltración de agua se reduce drásticamente.



Parcelas experimentales con diferentes manejos para el estudio de la erosión hídrica difusa



Estudios sobre regueros y cárcavas



Estructura para estudios de erosión hídrica con lluvia artificial



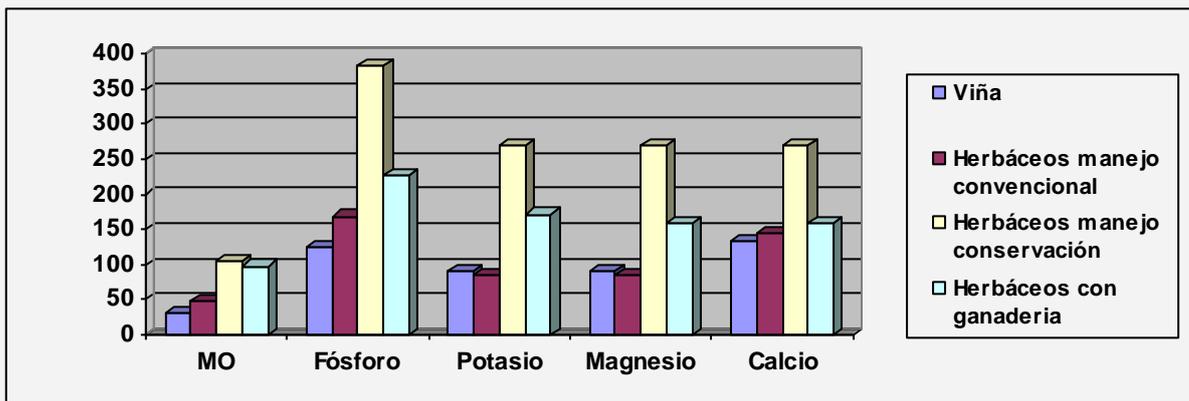
Parcelas para el estudio de la erosión mecánica, producida por laboreo.

**Algunos resultados:**

- El 87% de las tasas de erosión medias anuales corresponden a la erosión que tiene lugar en episodios extremos de lluvia con periodos de retorno próximos a los 10 años.
- El laboreo a nivel, en el secano mediterráneo, debe ser cuestionado por el mayor riesgo de erosión.
- Mantener el suelo, el máximo tiempo posible, con cobertura vegetal.
- El barbecho debe ser una práctica agrícola a evitar.
- Hay que modificar la morfología de las laderas.
- La erosión mecánica es el proceso predominante responsable de la degradación física de los suelos del secano mediterráneo

**El uso y manejo del suelo es el causante principal de la degradación de los agrosistemas mediterráneos**

	<p><b>Cultivos arbóreos:</b> suelo desnudo, los residuos se retiran y suelen quemarse. El 95% del carbono fijado en el sistema es extraído. Frecuentes labores que favorecen la mineralización de la materia orgánica.</p>
	<p><b>Cultivos herbáceos con manejo convencional:</b> Labores profundas con inversión de suelo con lo que se introduce mucho aire en el suelo que favorece la mineralización de la materia orgánica, se extrae el 75% del carbono fijado por el sistema.</p>
	<p><b>Cultivos herbáceos con manejo de conservación de suelo:</b> labores superficiales dejando en superficie un mínimo de un 30% de residuos, se extrae del sistema el carbono de la cosecha y se deja todos los residuos, se extrae del sistema un 40% del carbono fijado.</p>
	<p><b>Cultivos herbáceos con ganadería:</b> Labores verticales profundas, se extrae del sistema el 75% del carbono fijado pero se introduce periódicamente carbono exógeno de la cama de los animales.</p>



Después de **más de 30 años** de diferentes manejos, se aprecia en diferentes parámetros químicos que el manejo de los suelos debe basarse en secuestrar el máximo de carbono, para ello hay que disminuir el aire en el suelo y dejar al menos la mitad del carbono fijado por el sistema.

**Estrategias en los cultivos leñosos para evitar la degradación (20 años):** Los cultivos leñosos por el exceso de laboreo, la extracción del 90% del carbono fijado por el sistema y el mantenimiento de suelo desnudo durante más de 10 meses al año, hacen a estos agrosistemas de ambientes semiáridos los más sensibles a la degradación.



La mejor estrategia es que el suelo se mantenga durante todo el año con cubierta vegetal, bien sembrada o bien gestionando el banco de semillas para conseguir el tipo de cubierta deseada



Otra opción es tener una cubierta vegetal en las calles durante el periodo de otoño a primavera, para su uso como abono verde,



Cuando las condiciones del cultivo, suelo y pluviometría no permitan una cubierta permanente se puede optar por dejar la cubierta en calles alternas.



Con los restos de poda triturados e incorporados al suelo, se conseguirá que la mitad del carbono fijado por el sistema se quede en el sistema.



El seguimiento de la cubierta, permitirá conocer la sucesión y manejo más adecuado a las condiciones ambientales.



La evolución del perfil hídrico del suelo, será el parámetro físico que mejor marcará la viabilidad de los diferentes manejos ensayados.



**Los resultados** indican una mejora generalizada de las propiedades físicas y químicas del suelo.



**La cosecha** sufre una disminución de un 25% en viña y de un 17% en olivar.

## Estudios de biodiversidad con objetivos diversos



Biodiversidad en islas para las zonas degradadas



Biodiversidad en setos para protección de cultivos



Biodiversidad para fijación de cárcavas de desagüe



Biodiversidad para fijación de taludes por rotura de ladera y así interrumpir el transporte del suelo por erosión mecánica



Estudios sobre sucesión y gestión ecológica en suelos abandonados.



Biodiversidad para protección del suelo en cultivos leñosos



Biodiversidad de rivera como filtro biológico



Se han inventariado 84 especies de aves y 360 especies vegetales.

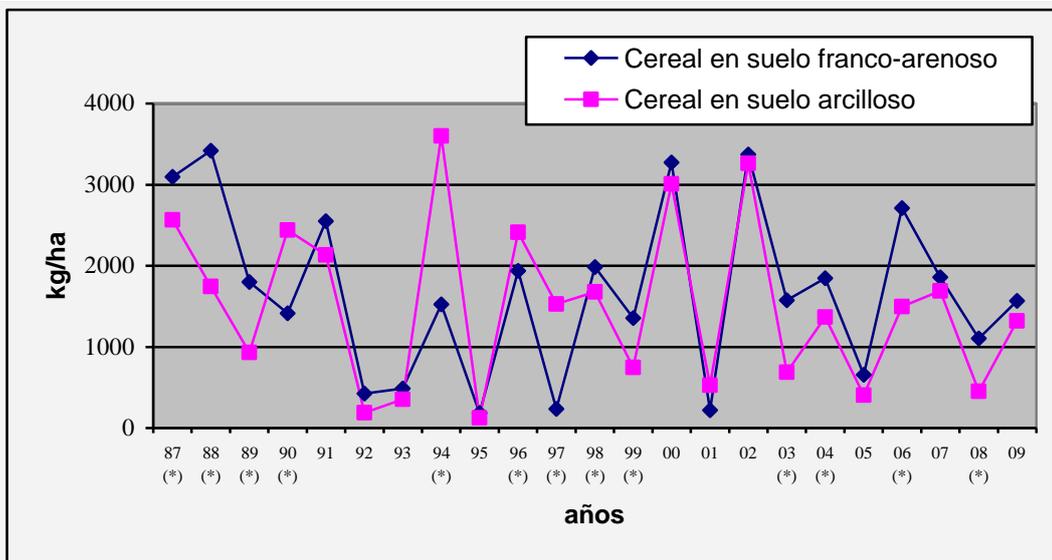
**Los suelos interpretan la meteorología anual, pero el clima determina la productividad media**



**Suelo arcilloso**, gran capacidad de retención de agua, pero en cambio es propenso a las pérdidas de agua por evaporación en los periodos de lluvias frecuentes debido a su baja permeabilidad y gran capacidad de retención que hace que el agua se mantenga en los primeros 5 cm de suelo durante más tiempo. Este suelo es rico en nutrientes y en biomasa microbiana, pero la falta de macroporos hace que este mal aireado lo que disminuye el reciclado de nutrientes. Tiene una estructura estable, las labores no afectan de forma importante a su estructura, los ciclos de humectación-desección hacen que en el primer caso el suelo se expanda y en el segundo se contraiga, de tal manera que el material que hay en superficie es arrastrado a profundidad con las primeras lluvias. El tiempo de laboreo es muy corto por la plasticidad de la arcilla. Los agregados superficiales son grandes y no adecuados para una buena cama de siembra. Son duros cuando les falta humedad y con inviernos secos poco productivos.



**Suelo franco arenoso**, capacidad intermedia de retención de agua, formación de costra, infiltración media, fácil disgregación para crear una buena cama de siembra, buena proporción de macroporos y microporos por tanto buena mineralización de la materia orgánica, sin estructura superficial (estructura masiva) muy duro en seco, hay que tener cuidado con las labores de volteo que introducen mucho aire al sistema y favorece la degradación.



Más de la mitad de los **23 años** se dan diferencias significativas en la producción de cebada por efecto del tipo de suelo, poniendo de manifiesto cómo los suelos interpretan las condiciones ambientales de forma distinta, produciendo respuestas diferentes en los cultivos. Esto no quiere decir que un suelo sea más productivo que el otro, ya que las medias son prácticamente iguales, pero las producciones por año pueden ser el doble en un suelo con respecto a otro. (\*) indican diferencias significativas.

**No por mucho labrar, se obtiene más productividad, pero en cambio se perjudica a los parámetros físicos, químicos y biológicos del suelo y aumenta la erosión**



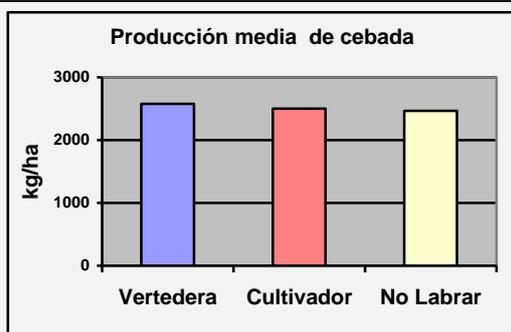
El laboreo del terreno fue desarrollado como un medio para facilitar la destrucción de la vegetación presente y el control de las malas hierbas así como para promover el desarrollo de los cultivos. Aunque los primeros arados eran realmente muy primitivos, con el transcurso del tiempo estos aperos fueron mejorados progresivamente. Los romanos, particularmente, perfeccionaron el arado hasta tal punto que este apero ha llegado prácticamente con las mismas funciones (labor vertical y poco profunda) a nuestros días, ahora se llama labor de cultivador.



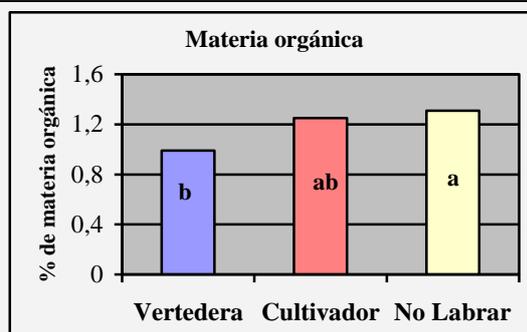
A principios del siglo XX entra en España el arado de vertedera. Este apero se caracteriza fundamentalmente por llevar a cabo una inversión del perfil del suelo, realizando una labor más energética y profunda. La gran disponibilidad de medios técnicos, unida a la percepción de que era imprescindible labrar mucho para obtener buenas cosechas, pronto llevó a muchos agricultores a practicar un laboreo excesivo que acabó originando problemas (compactación de suelo, erosión) mayores que los beneficios obtenidos



No labrar el suelo para evitar la pérdida por erosión mecánica e hídrica. El sistema consiste en dejar la superficie del suelo cubierta con los residuos de cosecha y mantener los sistemas radiculares del cultivo anterior sin destruir, de esta manera se evita el impacto de las gotas de lluvia sobre el suelo que es el causante de la ruptura de los agregados y del sellado del suelo (corteza y costra). La siembra se realiza con una máquina especial que deja la semilla enterrada alterando muy poco su superficie.



En los valores medios de **27 años** de experimentación, no hay diferencia en las producciones por emplear una u otra labor.



Hay una relación inversa entre laboreo y algunos parámetros químicos y biológicos del suelo, mayor labor menor cantidad de materia orgánica, nitrógeno, fósforo y biomasa microbiana. Las letras diferentes en las columnas significan diferencias significativas.

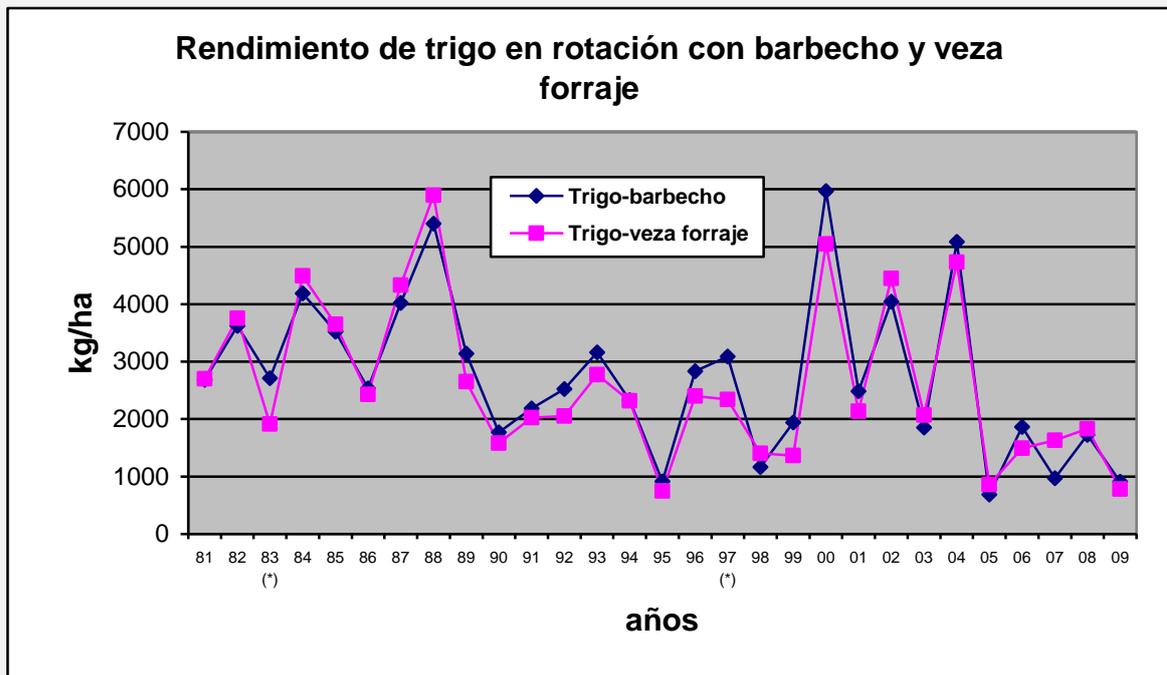
**La sustitución del barbecho por una leguminosa, gana el sistema productividad, evita riesgos de erosión y aumenta la biodiversidad**



El barbecho al dejar el suelo desnudo aumenta el riesgo de erosión, sobre todo en zonas de ladera

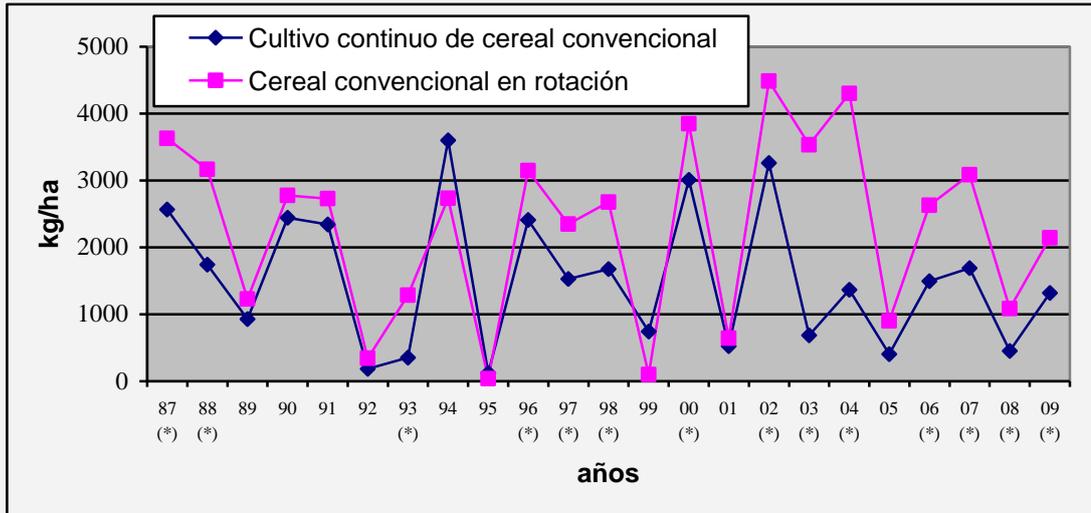


Las leguminosas pueden sustituir la practica de barbecho sin poner en peligro el recurso suelo

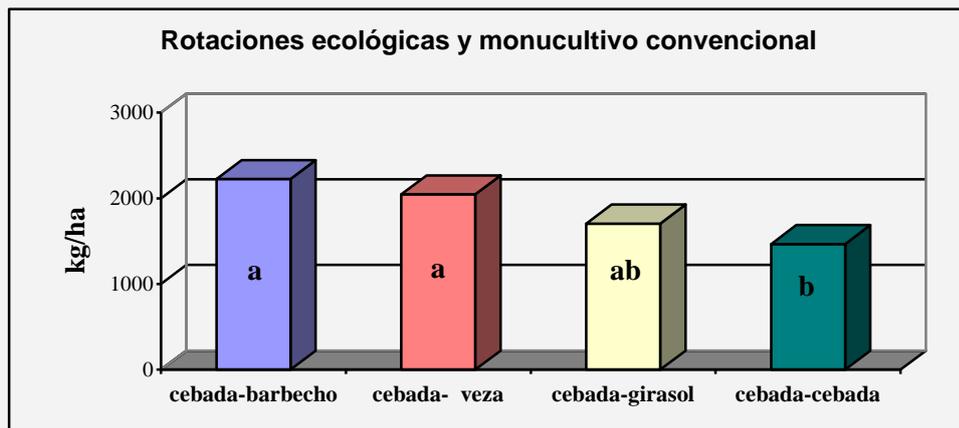


Sólo 2 de los **29 años**, el trigo que rotaba con barbecho ha sido más productivo. Las diferencias de la producción media de los 29 años son un 4% más en el barbecho (2.736 kg/ha y 2.616 kg/ha. (\*) indican diferencias significativas

**Rotaciones:** El cereal en rotación, aumenta la productividad y biodiversidad, mejora el control de la flora acompañante, plagas y enfermedades, gestiona mejor la fertilidad de los suelos y los recursos hídricos

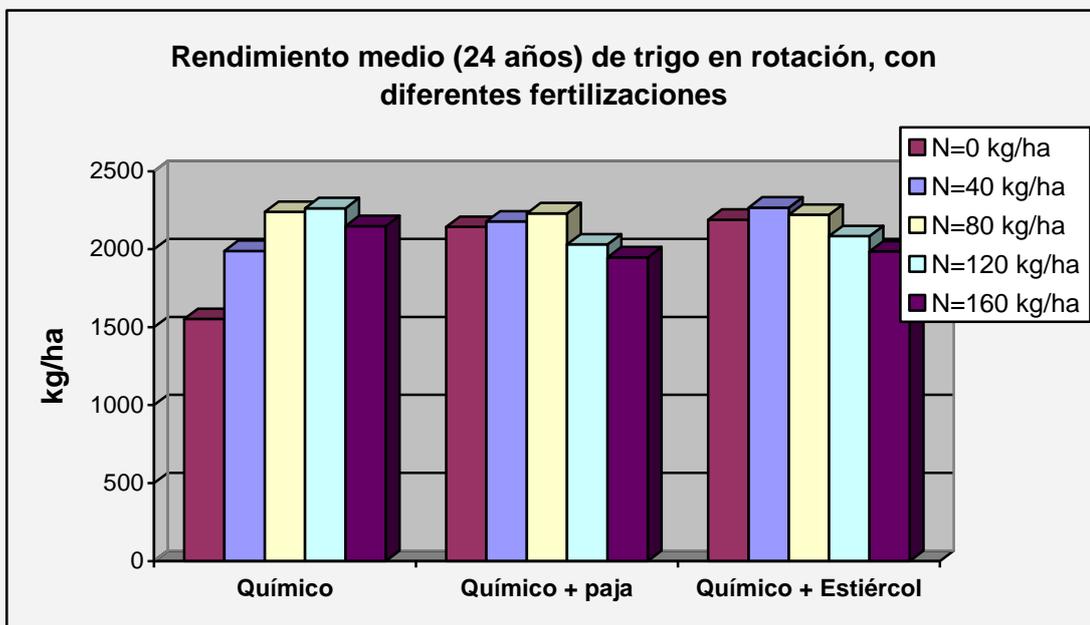


Evolución de la producción de cebada en rotación y en monocultivo. El efecto beneficioso de las rotaciones ha sido positivo en 14 de los **23 años** de experimentación, llegando la diferencia a cerca de 3000 kg/ha en las campañas 02-03 y 03-04. Cuando se comparan valores medios de los 23 años la cebada en rotación produce un 55% más que el monocultivo. (\*) indican diferencias significativas

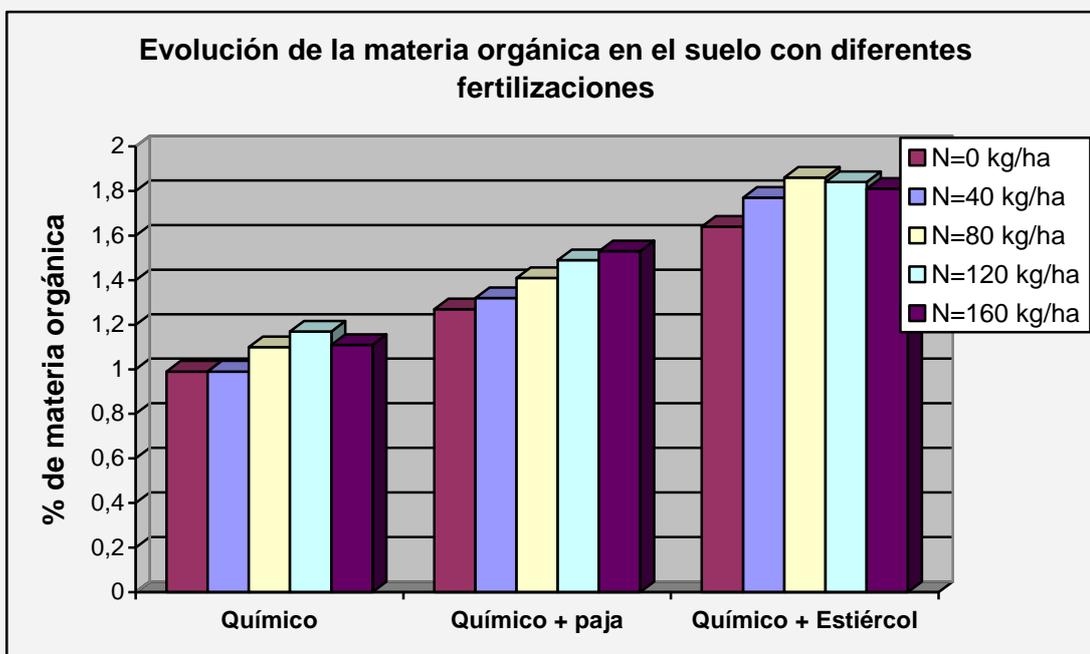


Incluso cuando el cereal se cultiva ecológicamente sin aplicación de insumos, solamente con la mineralización de los residuos o bien con el nitrógeno fijado en las leguminosas, se observa que las producciones medias de cereal de 16 años de experimentación producen más que el monocultivo de cebada con fertilización y herbicida. Letras distintas diferencias significativas.

**La fertilización nitrogenada con material exógeno al sistema no se traduce en un aumento de la productividad de los cultivos herbáceos y en cambio cuando se aplica la paja, residuo de la cosecha, supone un aumento de carbono disponible para el edafosistema y una menor contaminación por nitratos.**



El tratamiento N=0 con paja tiene el mismo comportamiento que los otros tratamientos que disponen de fertilización nitrogenada bien en forma orgánica o inorgánica

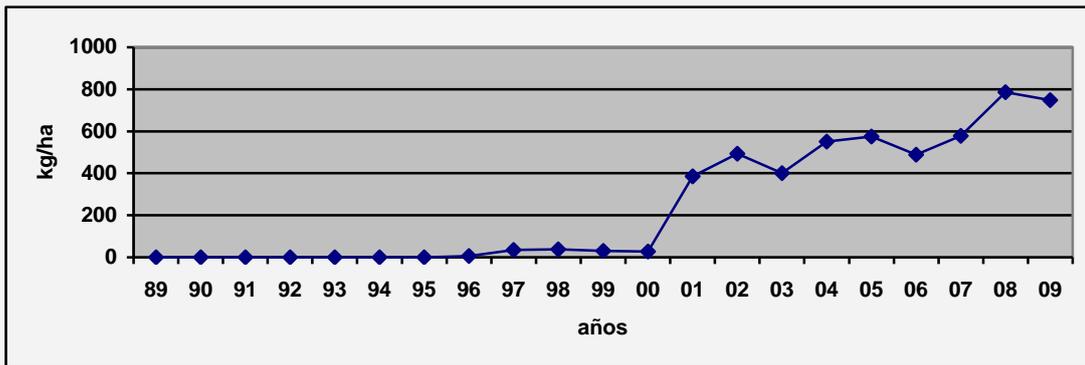


El tratamiento N=0 con paja tiene más carbono el suelo, que todos los tratamientos con fertilización química

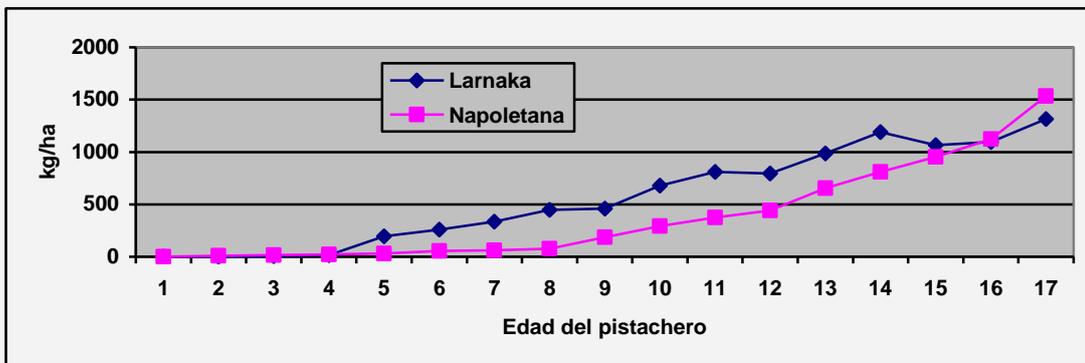
## El Pistachero, un cultivo alternativo ante la nueva situación de cambio climático



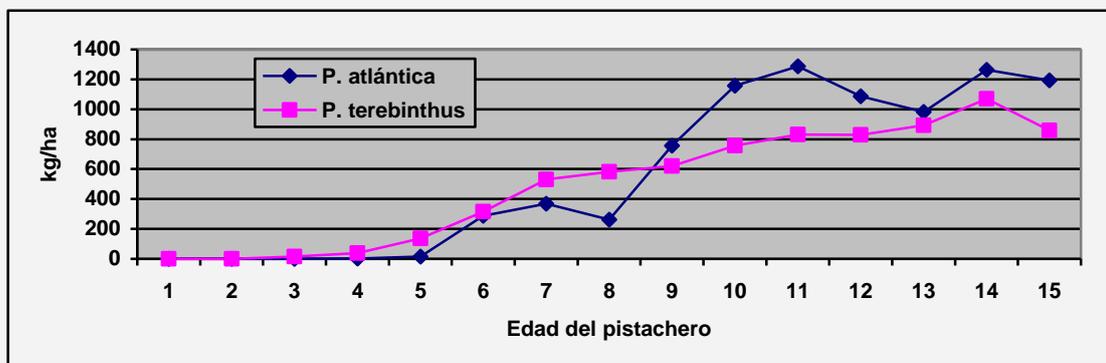
Colección de 8 variedades hembras, 8 polinizadores y 4 portainjertos, sobre ellos se estudia, la evolución de los rendimientos, calidad de fruto, coincidencia de la floración entre variedades y polinizadores, tipos de injerto y seguimiento fenológico.



Evolución de las producciones de la colección de pistachero (medias móviles de 2 años), donde se observa que hay producción a partir del 2001, por la desaparición de las heladas de primavera.



Estudio de los rendimientos de variedades, donde se aprecia diferentes modelos de evolución.



Estudio de la evolución del efecto del portainjerto sobre los rendimientos de las variedades

**Otros estudios que se están realizando o se han realizado**



Depuración de aguas con algas



Residuos ganaderos



Residuos urbanos



Recuperación de manejos tradicionales y su empleo en agricultura ecológica



Efectos de la contaminación atmosférica sobre la vegetación



Efectos de las inundaciones sobre parámetros del suelo



Fijación biológica de nitrógeno, inoculación de *Rhizobium* y leguminosas tradicionales.



Fertilidad de los suelos

### Seguimientos experimentales más frecuentes



Evolución de la flora arvense en diferentes manejos agrícolas



Evolución de parámetros físicos de suelo



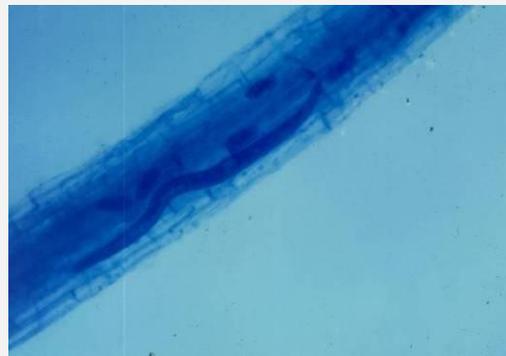
Evolución de parámetros bioquímicos del suelo



Evolución de parámetros químicos del suelo



Evolución de parámetros agronómicos



Nematofauna



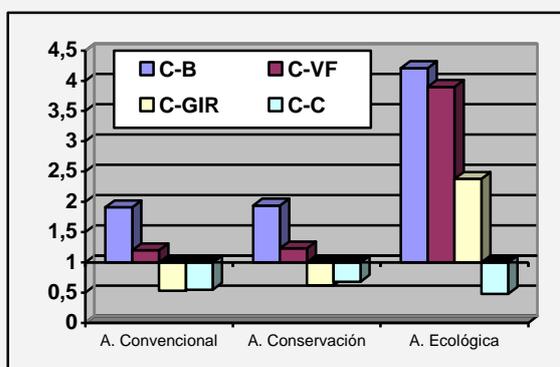
Fenología



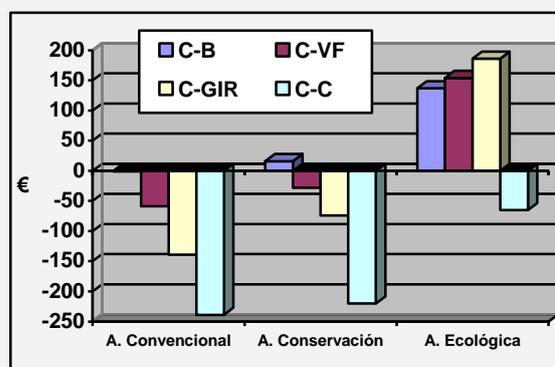
Plagas y enfermedades

## ¿Qué hemos aprendido en estos 38 años de trabajo en la finca Experimental La Higuera?

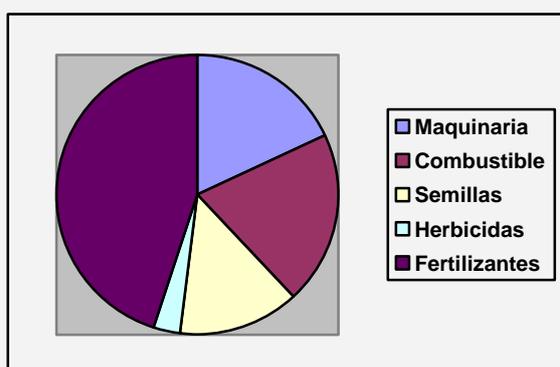
Que la revolución verde, término acuñado para referirse al incremento sorprendente y repentino de la producción de trigo y de arroz que ocurrió en el mundo en las décadas de los 60 y los 70 y que ha continuado hasta principio del siglo XXI debido al efecto de las nuevas variedades, el uso de fertilizantes químicos y biocidas, NO FUNCIONA EN LOS CLIMAS MEDITERRÁNEOS SEMIÁRIDOS y estamos pagando por la insistencia del desarrollo de este modelo con daños ecológicos (erosión, pérdida de carbono en el suelo, contaminación y disminución de la biodiversidad), no se puede seguir desarrollando la agricultura intensiva de estilo occidental de países húmedos en países donde es totalmente inadecuada. Algunos científicos esperan aumentar el rendimiento de los campos cultivados mediante ingeniería genética, pero no es seguro que este método tenga éxito y menos en los ambientes semiáridos mediterráneos. Por ello es necesario el compromiso de la investigación pública en el desarrollo de nuevos modelos productivos, porque el modelo actual es sostenido y desarrollado por la investigación de las multinacionales agroquímicas.



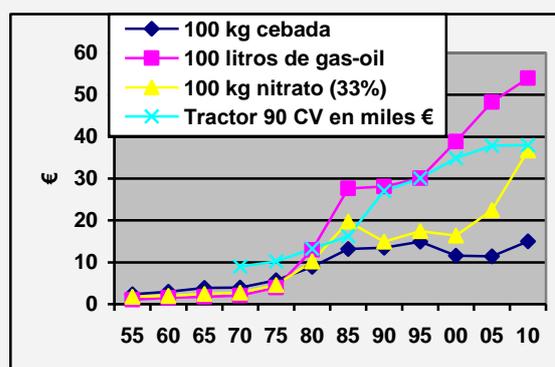
Eficiencia energética en diferentes agriculturas y rotaciones ( media 15 años)



Balance económico con los precios de 2009 de diferentes agrosistemas de cereales



Costes energéticos de los agrosistemas de cereales convencionales



Evolución de los precios de venta de cebada y los precios de los costes

**COMENTARIOS:** Las rotaciones ensayadas son: cebada-barbecho (C-B), cebada-veza forraje (C-VF), cebada-girasol (C-G) y monocultivo de cebada (C-C). En resumen se puede decir que la agricultura con agroquímicos en el secano español, además de los daños ecológicos antes señalados, son inviables energéticamente y económicamente, principalmente por los costes de los agroquímicos. En estos momentos los costes de producción son superiores a los beneficios obtenidos y muchos agricultores ante esta situación, están optando por abandonar el cultivo de las tierras y vivir con las ayudas PAC de la UE, ya que para su cobro no es obligatorio sembrarlas. Esta son nuevas razones para que la investigación pública no se olvide del 80% del territorio español.

## Desarrollo de un modelo de Agricultura Sostenible en la Finca “La Higuera”



Siembra siguiendo las curvas a nivel, con ruptura de pendiente.



Rotación de cultivos, donde se intercalan cultivos con diferentes ciclos biológicos.



Setos de arbustos monoespecíficos por línea de ruptura, para fijar el suelo.



Seto perimetral poliespecífico, para favorecer la autorregulación.

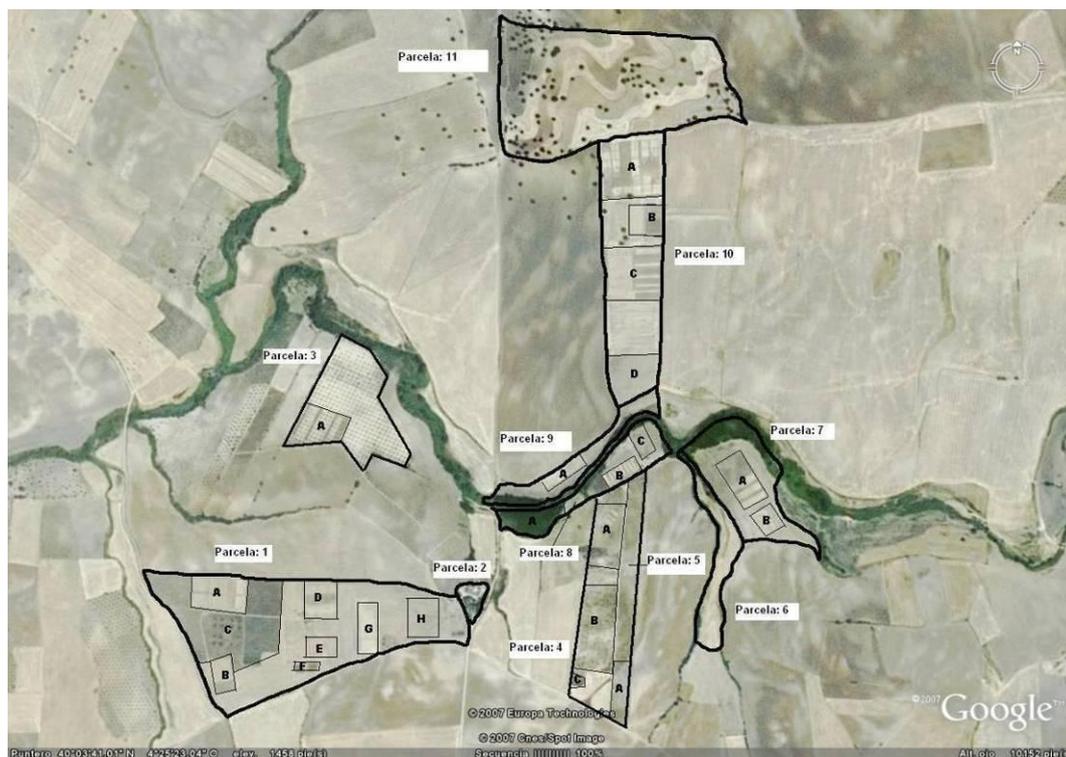


Manejo ecológico, donde se deja la mitad del carbono fijado y no se emplea ningún aporte exógeno



**El modelo favorece la biodiversidad, controla erosión, disminuye la contaminación por nitratos, mantiene los niveles de carbono en el suelo y es económica y energéticamente viable.**

## Superficie, distribución y uso de las diferentes parcelas de la Finca “La Higuieruela”



Experimento	Localización
Estudios de estrategias de manejo de cubiertas vegetales estables en cultivos arbóreos de secano. Dr. Pastor Piñeiro (IRN).	1-C, 1-F, 3-A y 5-A
Procesos de degradación del suelo por erosión en ecosistemas de ambientes semiáridos. Dr. Benito Fernández (IRN).	4-A y 11
Aplicación de sistema de laboreo de conservación para la protección y conservación de los recursos naturales. Dra. López Fando (ICA)	1-A
Aprovechamiento agrícola de residuos sólidos urbanos y lodos. Dr. Polo (ICA).	7-B
Descontaminación de aguas con <i>Hydrodictyon reticulatum</i> . Dr. Quiñones (ICA)	8-C
Dinámica del carbono en el suelo en diferentes manejos del suelo y fertilización. Dr. García-Gil (ICA).	7-B
Estudios sobre el ciclo del nitrógeno y carbono en cultivos de cereales. Dra. López Fando (ICA).	1-B y 1-D
Efectos de la contaminación atmosférica sobre la vegetación. Dra. Alonso del Amo (CIEMAT)	1-H
Reforestación con encinas. Dr. Rey Benayas (Universidad de Alcalá de Henares)	1-C
Estación de seguimiento de la avifauna. Oscar Frías (SEO – MNCN)	8-A
Aportaciones de residuos de cereal (paja) al suelo y su influencia en los parámetros físicos, químicos y biológicos del suelo. Lacasta (Finca La Higuieruela)	10-C
Labores: Diversidad vegetal. Lacasta (Finca La Higuieruela)	8-B
Densidades de siembra de cereales y rotaciones de cultivo. Lacasta	10-B
Manejos en la viña: Diversidad, sostenibilidad y productividad. Lacasta	5-A
Recuperación de manejos tradicionales en cultivos herbáceos. Lacasta	7-A
Estrategias de conservación de suelo en cultivos herbáceos. Lacasta	1-G y 10-C
Técnicas de cultivo en leguminosas: Diversidad, productividad y sostenibilidad. Lacasta (Finca La Higuieruela)	11
Manejo ecológico de agrosistemas de cereales: Rotaciones, control de hierbas, fertilización. Lacasta (Finca La Higuieruela)	1-E y 10-A
Interacción de escardas y fertilización en Agricultura Ecológica. Lacasta.	7-A
Barbechos verdes. Lacasta (Finca La Higuieruela)	9-A
Gestión sostenible de agrosistemas de cereales. Lacasta (Finca La Higuieruela)	11

## COMENTARIOS FINALES

Uno de los valores más importantes de la finca La Higuera son los experimentos de larga duración. Los ambientes mediterráneos semiáridos tienen una gran variabilidad interanual y anual de la pluviometría, y se adaptan muy mal a experimentos de la duración de un proyecto de investigación. La Finca La Higuera, por su ubicación y trayectoria es el lugar de encuentro entre Agricultura de Secano y Recursos. El mosaico de cultivos y barbechos de los secanos españoles constituye uno de los hábitats seminaturales más importantes en Europa Occidental.

La carencia de restricciones en el uso de los recursos naturales, unido al proceso de cambio climático ha incrementado el proceso de desertificación en los últimos años. No se puede seguir manejando en España sus agrosistemas de forma intensiva al estilo occidental de países húmedos, porque es totalmente inadecuado. Es urgente dar soluciones a través de la investigación pública y los trabajos que se realizan en la Finca Experimental "La Higuera" responden a este objetivo

