

# Agricultura, gestión de la **vida**

Finca experimental  
*La Higuera*

Texto y fotos:



Carlos  
Lacasta

Vista panorámica de La Higuera,  
en Santa Olalla, Toledo



Ubicada en Castilla la Mancha, en la finca experimental *La Higuera* llevan más de cuarenta años analizando el funcionamiento del sistema agrario. Estas cuatro décadas han permitido a los responsables analizar con ejemplos prácticos cómo mejorar la agricultura evitando la pérdida de calidad del suelo y mejorando la producción de alimentos en zonas semiáridas. En estas líneas Carlos Lacasta, actual responsable de la finca, nos resume algunas de las conclusiones más destacadas.

### Introducción

Puede resultar contradictorio, en estos momentos, unir vida con agricultura ya que el cultivo de alimentos ha sido una de las principales causas de la crisis ambiental que sufren los entornos naturales y agrícolas del mundo. Los criterios reduccionistas que han imperado en los últimos 60 años en la producción de alimentos, donde el manejo se ha supeditado a la productividad, han ignorado la complejidad del funcionamiento de los agrosistemas y la importancia de su sostenibilidad (Foto 1).

La agricultura llamada convencional que se realiza ahora en el mundo es producto de la 'Revolución verde de los años 50 impulsada por el agrónomo estadounidense Norman Borlaug que, con ayuda de organizaciones agrícolas internacionales y con las perspectivas optimistas respecto a la erradicación del hambre y la desnutrición en los países subdesarrollados, generó un incremento de la productividad por el efecto de las nuevas variedades de plantas y el uso de

fertilizantes químicos y de biocidas (herbicidas, fungicidas, insecticidas, etc.). Este aumento de



Foto 1.- Cuando el suelo se pierde por un mal manejo, la productividad vegetal disminuye. En estos momentos alrededor del 20% del suelo agrícola, de los ambientes semiáridos españoles, deberían ser retirados de su uso agrícola ya que su productividad no cubre los costes económicos y su continuidad agrava su degradación.

la productividad no fue tan beneficioso en los ambientes menos favorecidos como los áridos y semiáridos, los suelos ácidos o los lugares muy cálidos.

Brown (1997) en un estudio sobre los principales cereales en el mundo ponía de manifiesto que en muchos países habían llegado a su techo productivo, concluyendo que "Un país puede mejorar rápidamente sus cosechas de cereales, hasta que alcanza ciertos límites ambientales y después ninguna cantidad de dinero, ingenio o fertilizante, logrará mejorar la producción". Tanto Francia como China fueron capaces de cua-





duplicar el rendimiento de sus cereales en los últimos 50 años, pero EE.UU., con toda su capacidad tecnológica, disponibilidad de fertilizantes y conocimientos agronómicos, no fue capaz de equiparar estos logros y en los últimos 10 años no ha conseguido mejorar los rendimientos”. El caso español fue parecido al de Estados Unidos pero con un retraso de unos diez años y la estabilización se produjo a finales de los 80. (Fig. 1).

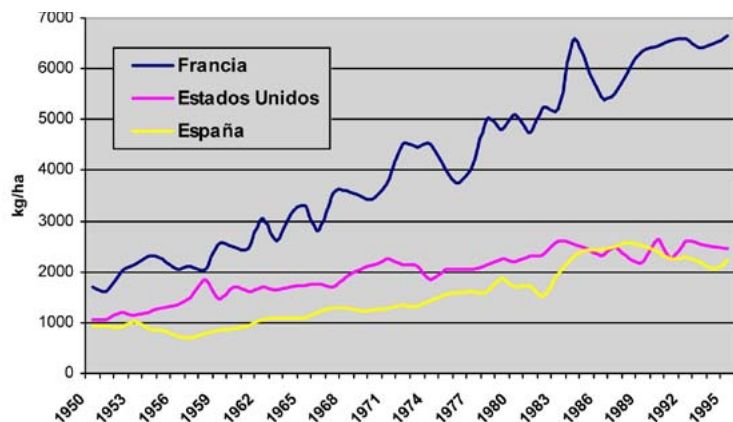


Foto 2.- El modelo de agricultura que se desarrolla en la finca La Higuera, favorece la biodiversidad, controla la erosión del suelo, disminuye la contaminación por nitratos, mantiene los niveles de carbono en el suelo, es sostenible y económica y energéticamente viable.

*“Un país puede mejorar rápidamente sus cosechas de cereales, hasta que alcanza ciertos límites ambientales y después ninguna cantidad de dinero, ingenio o fertilizante, logrará mejorar la producción”*

Figura 1.- Evolución de los rendimientos de trigo en Francia, EE.UU. y España, medias móviles de tres años, donde se aprecia que mientras en Francia se han cuadruplicado los rendimientos, en Estados Unidos y España se duplicaron y estabilizaron en la década de los 80, también se observa el retraso en España de unos diez años, en la aplicación total del modelo productivo de la revolución verde.

Pero hay otra forma de hacer agricultura, que es la que se desarrolla en la finca experimental *La Higuera* perteneciente al MNCN-CSIC, donde se preserva la biodiversidad; se mantiene la fertilidad del suelo; se conservan y mejoran las cualidades físicas, químicas y biológicas de la tierra; se reciclan los subproductos agrícolas; se conserva la energía; se respetan los principios ecológicos de la diversidad e interdependencia, adapta el manejo a las interacciones de los suelos con las condiciones meteorológicas cambiantes del clima mediterráneo, los cultivos y los organismos edáficos y aéreos, y se sustituye la nutrición con agroquímicos por la de la gestión de la biología del suelo. En la finca experimental *La Higuera* se hace agricultura ecológica y, sobre todo, se usan los conocimientos de la ciencia para hacerla sostenible y económicamente rentable (Foto 2).

**El suelo es la base de la gestión de los agrosistemas**

El subsistema edáfico se caracteriza por tener una alta diversidad estructural y funcional que le convierte en uno de los más complejos que existen en la naturaleza. Desde el punto de vista de su manejo, se puede considerar como un sistema casi aislado. Esto quiere decir que las mejoras que se logren introducir en los suelos de nuestros cultivos no repercutirán en lo que ocurra en el suelo del agricultor vecino. Además, el suelo ha sido definido como un criptosistema, es decir, sus elementos estructurales y pautas de funcionamiento no son fáciles de conocer y manejar, puesto que no pueden observarse directamente.





Fotos 3 y 4.- El aporte de los subproductos de la cosecha al suelo e incorporados con una labor en un suelo húmedo y con temperatura, permite la actividad biológica de los suelos y el reciclado de nutrientes para las plantas.

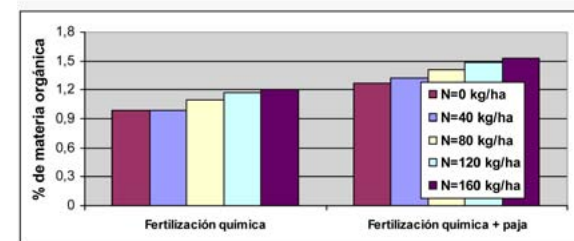
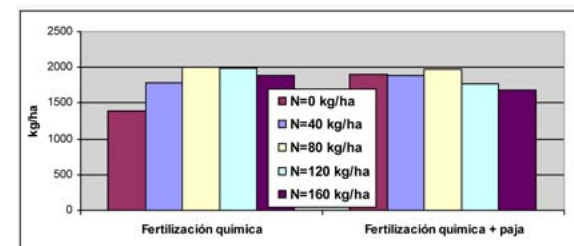
A pesar de ello, pueden aprovecharse sus características como sistema aislado con alta diversidad para mantener su capacidad de autorregulación (Bello *et al.*, 2008).

Para que este subsistema funcione, debe contar con energía (carbono), agua, aire y temperatura apropiada para que se mantenga la vida. Las condiciones óptimas para la actividad biológica de los suelos requieren que el agua se encuentre en su capacidad máxima para que permita su abastecimiento, en esta situación habrá suficientes macroporos para disponer de aire. La temperatura edáfica debe mantenerse en el entorno de 25°C. Asimismo debe haber suficiente materia orgánica (Foto 3 y 4) y (Cuadro 1). La actividad biológica de los suelos irá disminuyendo a medida que los valores se aparten del óptimo, hasta prácticamente detenerse cuando la falta de alguno de ellos se produzca.

En los ambientes mediterráneos estas condiciones para la vida edáfica son más fáciles de conseguir que en ambientes más fríos o más húmedos. El agricultor puede facilitar las condiciones de los microorganismos del suelo dejando los máximos residuos posibles (restos de poda o material vegetal) como fuente de energía; aplicando rotaciones en los cultivos que permitan la gestión del agua en los períodos en que los otros tres condicionantes (temperatura, aire y energía) se encuentren presentes en el subsistema edáfico.

Los organismos del suelo aportan una serie de servicios fundamentales para la sostenibilidad de los ecosistemas. Son el principal agente del ciclo de los nutrientes y regulan la dinámica de la materia orgánica, modifican su estructura material, mejoran la cantidad y eficacia de la adquisición de nutrientes de la vegetación así como su salud.

*“La producción de alimentos se ha basado solo en la productividad, ignorando la complejidad del funcionamiento de los agrosistemas y la importancia de su sostenibilidad”*



Cuadro 1.- Efecto de la incorporación de la paja de cereal sobre los rendimientos de trigo y la materia orgánica del suelo con diferentes dosis de fertilizante nitrogenado en una rotación sorgo-trigo-cebada (media 30 años). Hay un techo de producción de 2.000 kg/ha con una fertilización nitrogenada de 80 kg/ha, pero si se deja toda la paja de todos los cultivos de la rotación no es necesario aplicar nitrógeno mineral al sistema y además mejora la calidad del suelo al aumentar la materia orgánica.

Estos servicios son decisivos para el funcionamiento de los agrosistemas. Por ello es necesario conocer cómo las perturbaciones que provocan las diferentes labores que se aplican en la preparación de la siembra de los cultivos afectan a los microorganismos. En los estudios realizados en la finca “La Higuera” y después de 30 años de ser sometido el suelo a diferentes manejos, se observó que hay una relación inversa entre el aire suministrado al suelo y la materia orgánica, la biomasa microbiana y elementos minerales solubles (Fig. 2 y 3). Las labores profundas con volteo, que introducen mucho aire en el suelo, provocan un aumento momentáneo de la actividad biológica producida por microorga-

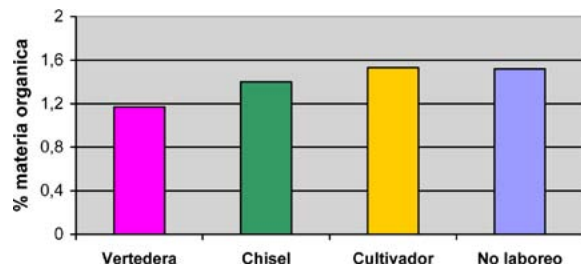


Figura 2.- Tras treinta años sometiendo a la materia orgánica en el suelo a diferentes manejos, se observa como el laboreo con volteo del suelo, que introducir mucho aire en edafosistema, disminuye la materia orgánica del suelo al favorecer a los microorganismos oportunistas, frente a los residentes.

*“En La Higuera se hace agricultura ecológica y, sobre todo, se usan los conocimientos de la ciencia para hacerla sostenible y económicamente rentable”*

nismos oportunistas que presentan altas tasas de reproducción, en perjuicio de los otros residentes con menor capacidad de multiplicación (Lacasta 2011).

Los microorganismos que viven en la rizosfera (área del suelo inmediata a las raíces) facilitan la nutrición de la plantas, estableciendo una relación mutualista ya que aceleran la solubilización de nutrientes de la fracción mineral del suelo, o de la materia orgánica descompuesta o también, como sucede con ciertas bacterias, fijan el nitrógeno atmosférico. A veces la asociación con microorganismos es más estrecha que la que se establece en la rizosfera. Así, por ejemplo, las bacterias fijadoras de nitrógeno viven en el interior de las células de la raíz de las leguminosas y los hongos micorrízicos se asocian con los sistemas radiculares aumen-

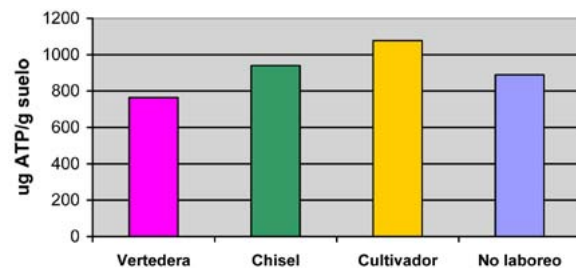


Fig. 3.- Biomasa microbiana en un suelo sometido a diferentes laboreos, donde se aprecia que la disminución de materia orgánica por una aireación excesiva perjudica la vida en el suelo.



Foto 5.- La fijación simbiótica se basa en la asociación de bacterias del genero *Rhizobium* con la mayoría de las plantas de la familia de las leguminosas. La fijación simbiótica de nitrógeno en el mundo, duplica al obtenido de forma industrial y en los agrosistemas mediterráneos del secano puede sustituir sin disminución importante de la productividad a todo el nitrógeno industrial.

tando la superficie de absorción y facilitando la nutrición. Tanto las bacterias como los hongos simbióticos reciben de las plantas el carbono en forma de carbohidratos. Esta ventaja de poder recibir el carbono directamente de las plantas les libra de la competencia con los otros organismos del suelo en la búsqueda de los nutrientes.

De todos los elementos que necesita la vida, el nitrógeno es, después del agua, el principal factor limitante para el desarrollo de las plantas. Cualitativamente, forma parte de moléculas tan importantes para la actividad biológica como son los ácidos nucleicos, donde se asienta la información genética, o las proteínas y enzimas, componentes estructurales fundamentales en la organización de la materia viva.

Globalmente, la fijación biológica de nitrógeno aporta la mayor parte del nitrógeno fijado a los ecosistemas terrestres. A partir de la demostra-



ción a finales del siglo XIX de que las leguminosas intervienen en la fijación de nitrógeno, se generalizó su uso en la rotación con otros cultivos hasta nuestros días (Foto 5).

La asociación de bacterias del genero *Rhizobium* con la mayoría de plantas de la familia de las leguminosas, provoca la formación de un nuevo órgano que se llama nódulo y que se localiza en las raíces de la planta. Es en el nódulo donde se lleva a cabo la fijación de nitrógeno atmosférico. Los nódulos activos en la fijación muestran un color rosado debido a la presencia de leghemoglobina, sustancia responsable de conservar un microambiente anaeróbico para la fijación del nitrógeno atmosférico (Foto 7). La disponibilidad de los nutrientes esenciales para la leguminosas como el fósforo, molibdeno y calcio son indispensables para la síntesis de la leghemog-



Foto 6.- La asociación de cultivos de leguminosas y gramíneas representa un buen ejemplo de sinergia, la leguminosa aporta el nitrógeno al sistema a través de la fijación bacteriana en tanto que la gramínea, en base a su alta susceptibilidad de ser colonizada por los hongos arbusculares, favorece a las micorrizas.



Foto 7.- En la planta de la izquierda se produce fijación de nitrógeno atmosférico, hay nódulos y muchas raíces, porque en el suelo no hay nitrógeno (Agricultura ecológica). La planta de la derecha se desarrolla en un medio con nitrógeno (Agricultura convencional), el sistema radicular es menor ya que no tiene que explorar el suelo para encontrarlo y no se produce fijación de nitrógeno atmosférico, ausencia de nódulos.

lobina. De hecho se ha observado un efecto de sinergia entre micorrizas y *Rhizobium* (Foto 6), ya que las micorrizas ayudan a las leguminosas a absorber fósforo, mejorando su eficiencia fotosintética y la fijación biológica de nitrógeno.

En los sistemas naturales de ambientes semiáridos los procesos de inmovilización del nitrógeno son superiores a los de mineralización. Al haber un piso vegetal continuo, hay menos humedad y aire en el suelo que en los agrosistemas donde las labores y las rotaciones favorecen tanto la aireación como la gestión de humedad en los momentos propicios de temperaturas adecuadas para la activación microbiana. Sólo cuando se producen lluvias en verano, en las zonas naturales, donde el piso herbáceo es poco activo, la mineralización será superior a la inmovilización lo que se traducirá en un aumento del desarrollo vegetal al año siguiente.

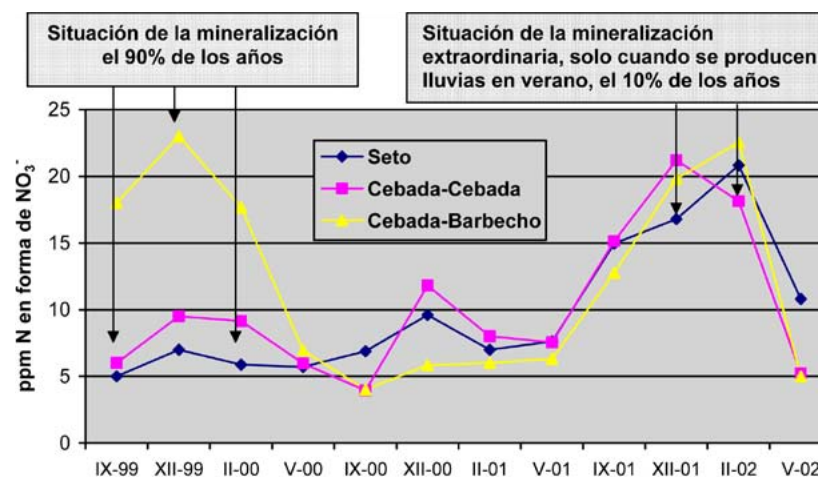


Figura 4.- Evolución de la mineralización de la materia orgánica en tres situaciones diferentes. Cuando se dan las condiciones ambientales como temperatura y humedad del suelo, la mineralización de la materia orgánica del suelo homogeniza todos los tratamientos y el nitrógeno disponible para el cultivo o plantas del año siguiente es prácticamente el mismo. El consumo estará en función de la biomasa producida, en el caso de la zona natural es menor que en los manejos agrícolas.





*“Denominado fenosistema, el subsistema aéreo es abierto y tiene una estructura más simple que el suelo y se puede observar directamente por lo que es mucho más fácil de gestionar que el edáfico”*

Un proceso parecido ocurre con el cultivo continuo de cereal, por lo que sólo en aquellos ambientes semiáridos donde las precipitaciones de otoño se adelantan o bien el frío llega más tarde será económicamente viable, ya que si no el aumento de la actividad microbiana en primavera inmovilizará la mayor parte del nitrógeno presente en el sistema y provocará una disminución de la productividad. Esta menor productividad tanto de las zonas naturales como de cultivo continuo de cereal, hace que los suelos sometidos a estos usos tengan más materia orgánica, pero el objetivo de la agricultura es conseguir el equilibrio entre productividad y sostenibilidad del sistema.

Denominado fenosistema, el subsistema aéreo es abierto y tiene una estructura más simple. Se puede observar directamente por lo que es mucho más fácil de gestionar que el edáfico. Su capacidad de autorregulación depende de las actividades que se realicen en su entorno. Es necesario aislar el sistema a través de las prácticas agrícolas, la introducción de setos, agroforestación, rotación de cultivos, cultivos intercalados o

### Prácticas de manejo en el subsistema aéreo que mejoran lavado, la productividad y la sostenibilidad de los agrosistemas de ambientes semiáridos



Las rotaciones de cultivo, para la gestión de la fertilidad, la flora arvense acompañante y los organismos del suelo y aéreos.



Cultivar en líneas agrupadas, permite aumentar actividad biológica del suelo, mejorar la fotosíntesis y controlar hierbas.



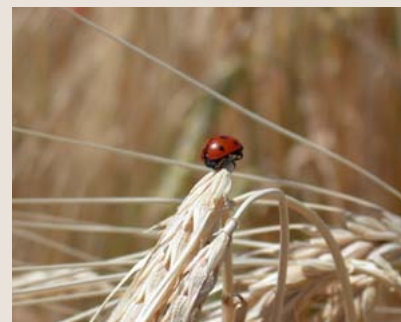
Dejar todos los residuos de poda y acompañarlo de una cubierta vegetal, aumenta la biodiversidad, evita la erosión del suelo y mejora la fertilidad.



Labores verticales sin alterar el perfil del suelo, facilitan que penetren las raíces y mejora la actividad biológica del suelo.



Mantener las lindes con vegetación y mejorarla con la introducción del piso arbustivo y arbóreo, para aumentar la biodiversidad.



La biodiversidad es la base de la sostenibilidad.

multicultivo y cubiertas vegetales en los cultivos leñosos que favorezcan la diversificación, la bio-

diversidad y el establecimiento de fronteras en el espacio ■

