

# Lo que debe saber un agricultor para manejar el suelo y mantener su fertilidad y salud

Carlos Manuel Lacasta Dutoit. CSIC Museo Nacional de Ciencias Naturales. Finca Experimental "La Higuera" 45530 Santa Olalla, Toledo. [c.lacasta@mncn.csic.es](mailto:c.lacasta@mncn.csic.es)

*No preguntes a un medico sobre **salud** porque a nosotros nos han enseñado sobre enfermedades. Antes sabía de que se morían mis pacientes y ahora no se de que les curo. (Antonio Montenegro, Medico rural de Santa Olalla, Toledo)*

*Los fitopatólogos buscan las causas de una **enfermedad** cuando esta ha aparecido. El suelo no es un medio inerte. La receptividad de un suelo a una enfermedad. "es la capacidad de un suelo para permitir la instalación, el desarrollo y la conservación del agente infeccioso, así como la expresión de su poder patógeno sobre una población de hospedantes sensibles". (Javier Tello, Fitopatólogo)*

*Cuando se habla de **fertilidad**, no se puede perder de vista que una de sus manifestaciones, el concepto de rendimiento, depende de la suma de muchos factores, no sólo de una abundante fertilización. Si no se respeta los valores límite de los componentes del agrosistema y estos se sobrepasasen para conseguir esa productividad van a hacerlo a costa de perder resiliencia, estabilidad, en una palabra «vitalidad» del sistema productivo. (Juana Labrador, Bióloga del suelo)*

Los agricultores manejan el suelo mediante una serie acciones como las labores, la alternancia de ciclos de cultivo, la utilización de residuos, los tipos de siembra, el control de hierbas, etc. y dependiendo de lo que hagan, obtendrán diferentes resultados. En producción ecológica al no disponer de agroquímicos que enmascaren los errores del manejo se hace mucho más necesario el conocimiento de los efectos de las distintas prácticas agrarias.

El suelo desde hace mas de 700 millones de años, ha sido el soporte para la vida sobre la tierra. El suelo es un cuerpo natural formado por sólidos (minerales y materia orgánica), líquidos y gases. Tiene horizontes o capas que se diferencian del material inicial y además son capaces de soportar plantas en un ambiente natural. El suelo propiamente dicho es un ente vivo.

El agricultor maneja elementos vivos y por tanto necesita saber cuales son las condiciones que hacen que la vida sea posible. Básicamente **se sustenta en cuatro condicionantes, presencia de aire (oxígeno), de agua, temperatura y carbono orgánico. Si falta alguno de ellos no es posible el desarrollo de la vida tal como la conocemos.** Ya los griegos hablaban de los cuatro elementos vitales: la tierra, el aire, el agua y la energía o fuego, la energía es la luz que a través de la fotosíntesis se transforma en carbono que es la energía de la vida.

La luz solar, es la energía primigenia para la obtención de carbono orgánico. La fotosíntesis es un proceso a través del cual se produce la conversión de materia inorgánica en orgánica. La cantidad de carbono fijado por las plantas a través de la fotosíntesis aumenta en función de la intensidad lumínica y de la temperatura, llegando a su máximo a los 30°C. A partir de esta temperatura, la fijación se ralentiza hasta llegar al agotamiento del proceso. En resumen, las reacciones químicas generadas por las plantas durante la fotosíntesis consisten en transformar dióxido de carbono gaseoso (CO<sub>2</sub>) y agua en oxígeno e hidratos de carbono.

Los vegetales son organismos autótrofos, porque tienen la capacidad de sintetizar, por ellos mismos, todas las sustancias esenciales para su metabolismo a partir de otras inorgánicas, de manera que para su nutrición no necesitan de otros y son una parte esencial en la cadena alimentaria, especialmente de los seres vivos llamados heterótrofos que los utilizan como alimento.

**El aire.** En principio parece no ser un problema, siempre que se piense en la vida en la superficie, pero no podemos olvidarnos que la concentración de vida que hay en el interior del suelo puede ser hasta seis a ocho veces superior a la presente fuera de él. **La función de todos los elementos bióticos del suelo, es poner a disposición de las plantas los elementos minerales, presentes en el suelo, en forma asimilable para ellas** (mineralización de la materia orgánica). No se puede olvidar que para el desarrollo de las plantas no solo necesitan nitrógeno, fósforo y potasio que son los elementos que se aportan con los fertilizantes químicos sino 17 elementos, de los cuales 14 los aporta el suelo son: Los macroelementos; Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Azufre, Calcio y Magnesio y los oligoelementos; Hierro, Manganeso, Cobre, Zinc, Boro y Molibdeno, Cloro y Níquel. Los tres elementos Carbono, Hidrógeno y Oxígeno, que suponen el 95 % en peso del extracto seco de los tejidos vegetales lo suministran el agua y el aire y pasan a formar parte del tejido de la planta a través de la fotosíntesis.

El aire en el suelo también es necesario para la **respiración de las raíces** de la planta. Un hecho muy conocido es el encharcamiento de las tierras y su efecto sobre la vida de las plantas que mueren por asfixia cuando dura mucho tiempo. La materia orgánica de los suelos encharcados o mal drenados suele ser muy superior (aunque de peor calidad) que la que se encuentra en los suelos bien aireados, debido a que no puede descomponerse correctamente, al interrumpirse las reacciones de oxidación que tal proceso requiere. Esta es una ventaja de nuestros ambientes frente a los de nuestros vecinos europeos a la hora de hacer agricultura ecológica ya que nosotros reciclamos de forma muy eficiente los residuos de cosecha, mientras ellos acumulan materia orgánica.

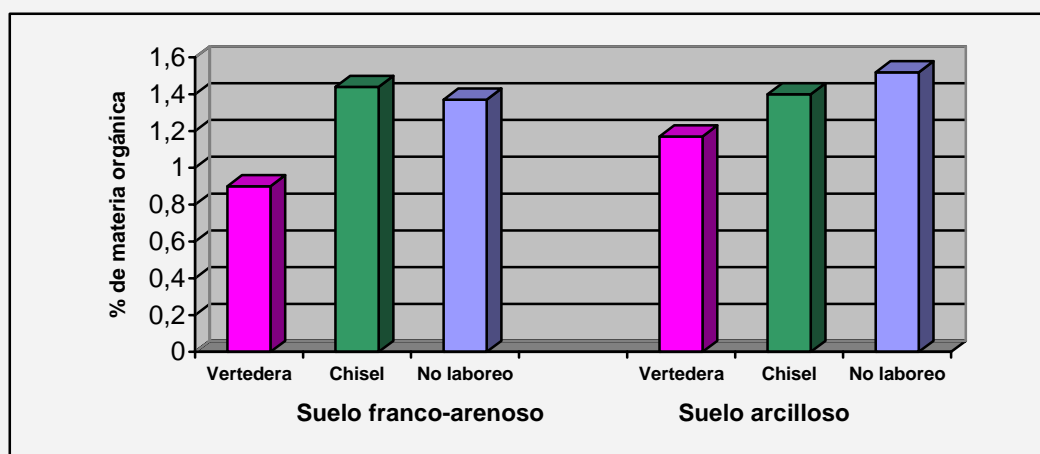
La **composición del aire del suelo** nos puede aportar información importante acerca de una gran variedad de procesos biogeoquímicos que allí acaecen. Los gases que allí se encuentran son básicamente los mismos que los de la atmósfera, aunque no puede decirse lo mismo de sus proporciones. Teniendo en cuenta que los procesos biológicos fluctúan ampliamente de forma estacional, y a veces en menores lapsos de tiempo, como en el verano de nuestros secanos si hay lluvias, así como la enorme variabilidad de nichos o hábitats que alberga el suelo, su variabilidad espacio-temporal es muy elevada. La vida del suelo consume abundante oxígeno, emitiendo a su vez CO<sub>2</sub>, no debe extrañar que el aire del suelo sea mucho más rico en este gas que la atmósfera aérea. El aire del suelo comparte con el agua el relleno de sus poros, por lo que su volumen cambia en función del grado de saturación de agua.

El aire del suelo también atesora una gran cantidad de vapor de agua y en los espacios inmediatos a las partículas sólidas, actúa como disolvente de muchas sustancias, comportándose también como fluido **transportador de partículas**. El aire

se ubica en los poros de mayor tamaño y el agua en los más pequeños. Para una óptima producción de cosechas, podemos decir que aire y agua deben repartirse a un 50% del volumen del suelo, si bien los datos exactos **dependerán de la textura y estructura del suelo**. La textura determinada por el tamaño de las partículas será la que determine si el suelo en cuestión tiene más o menos aire o agua, el arcilloso tendrá más agua y el arenoso más aire. Luego, será la estructura (para lo cual la cantidad y calidad de la materia orgánica del suelo es determinante), la que determine y reparta tanto el número de poros como su distribución por tamaños. Por ejemplo, un suelo arcilloso, en el que el movimiento del agua es lento y la aireación escasa, puede ser afectado por problemas de drenaje y aireación si no atesora una buena estructura. Y viceversa, si un terreno arenoso si no recibe restos orgánicos o se labra con vertedera que lo airea en exceso, sufrirá un proceso de deterioro de su estructura. Suele admitirse que, si el volumen de suelo ocupado por el aire es menor del 10% comienzan a producirse problemas de oxigenación.

### Evolución de la materia orgánica en función de la textura y la labor al suelo

Valores medios de 25 años. Se partía de valores similares de materia orgánica



Las labores profundas con volteo introducen mucho aire favoreciendo la mineralización de la materia orgánica. El sistema va degradándose, aumentando este proceso con el laboreo en pendiente y en suelos arenosos. En los suelos arcillosos, al tener menos aire, la labor de vertedera mantiene el porcentaje de materia orgánica y va aumentando según disminuimos el aire introducido, pero para la vida del suelo, el introducir un poco aire en el sistema (cultivador o chisel) permite mantener una población microbiana mayor. En el suelo franco arenoso la labor vertical y el no labrar el suelo se comporta de manera similar.

Resumiendo, a los suelos en general les interesa una labor vertical y poco profunda y en los suelos con texturas más arenosas y que no tengan horizontes con estructura masiva o dura, puede incluso no labrarse el suelo.

Suele considerarse que para que se produzca un apropiado crecimiento de las plantas se requiere al menos un 2% de oxígeno, y no más de un 5% de CO<sub>2</sub> en el aire del suelo y para hacerse una idea de la proporción, la atmosfera de la superficie tiene un 21% de O<sub>2</sub> y un 0,03% de CO<sub>2</sub> otra gran variación del aire del suelo es que el vapor

de agua esta prácticamente siempre en estado de saturación. La composición del aire edáfico varía con la profundidad, así como a lo largo del ciclo anual. Respecto a este último cabe señalar que **en las estaciones favorables para el crecimiento vegetal y la actividad biológica de los suelos, su aire se empobrece en oxígeno y enriquece en anhídrido carbónico**. No se trata más que de una lógica consecuencia del metabolismo respiratorio de los seres vivos.

Entre fluidos (líquidos o gaseosos) que se encuentran en contacto y sean miscibles, intentan llegar a un estado de equilibrio, esto es lo que ocurre con el aire del suelo y el atmosférico, aunque este equilibrio siempre será inestable, debido a sus cambios de composición mutua, especialmente en el suelo. Tal hecho permite tanto la oxigenación del suelo, como el enriquecimiento en CO<sub>2</sub> de la atmósfera aérea próxima al suelo. De no ser así el medio edáfico sería anóxico y no solo las biocenosis, sino todo el suelo, sería completamente diferente. Tal proceso de intercambio viene a realizarse mediante diferentes procesos, las variaciones de presión y temperatura entre el suelo y la atmósfera aérea. La diferencia entre ambos estimula que salga el **aire del suelo y se renueva** por el que se encuentra sobre su superficie. El viento impulsa el aire dentro del suelo y succiona aire de la atmósfera. Del mismo modo, las aguas de las precipitaciones, al percolar por los poros del suelo, expulsan el aire. Esto se puede comprobar cuando se echa agua en una maceta seca, lo que primero se observara son las burbujas de aire expulsado del suelo.

El agricultor en función del tipo de textura, de la estación climatológica en que se encuentre, del tipo de cultivo a sembrar, de los residuos que haya presentes o del tipo de hierbas, tendrá que hacer una labor u otra y esta seguramente intentara cubrir diferentes objetivos pero uno de ellos es de que los microorganismos del suelo tengan el aire necesario para vivir.

**La temperatura.** Es poco manipulable, pues depende de las condiciones meteorológicas de cada estación. La vida, se desarrolla en un intervalo de temperaturas muy pequeño y se puede afirmar que por debajo de -10°C y por encima de 50°C la vida es muy escasa y difícil de mantener, encontrándose el óptimo entre los 25-30°C. **Los valores óptimos para la actividad biológica en nuestro clima se obtiene entre primavera-otoño.** El planeta Tierra si estuviera un poco más cerca o más lejos del sol, la vida en él ya no sería posible, bien porque las temperaturas serían muy altas o muy bajas.

Las variaciones diarias y estacionales de la temperatura del suelo, respecto a la que existe sobre él, se amortiguan rápidamente con la profundidad, de tal modo que el medio edáfico actúa como tampón frente a la variabilidad de la temperatura atmosférica del lugar. Conforme descendemos en profundidad, las fluctuaciones diarias y estacionales de la temperatura del suelo se reducen rápidamente hasta que a un metro o dos de profundidad, suelen ser desdeñables. Por lo general, se considera que la parte del suelo situada a 50 cm o más, solo se ve afectada por las oscilaciones estacionales de temperatura, pero no por los cambios a lo largo del día. Por ello se toma la profundidad de 50 cm como referencia para establecer el régimen de temperatura del subsuelo. Esto significa que **el suelo tiene un ambiente térmico extremadamente regular y estable para el desarrollo de la vida**. La cobertura vegetal afecta notablemente a la temperatura superficial del suelo, al disminuir la acción directa de los rayos solares.

La temperatura del suelo puede ser un factor limitante para la germinación de la semilla, crecimiento de las raíces y descomposición de la materia orgánica dentro del suelo y por lo tanto de la cantidad de dióxido de carbono que pasa del suelo a la capa planta-aire y de ésta a la atmósfera. **La mayor aireación y temperatura de nuestros suelos frente a los de nuestros vecinos europeos del norte, es una**

**ventaja a la hora de hacer agricultura ecológica, ya que mejora la eficiencia del reciclado de los residuos de cosecha, gracias a la mayor actividad biológica.**

La germinación de las semillas requiere de temperaturas mínimas de alrededor de 1° y 3°C, las óptimas pueden variar entre 15° y 28° C según las semillas y máximas que generalmente son de 30° C. Estos rangos definen las fechas de siembra, un pequeño aumento de la temperatura del suelo por encima de la temperatura mínima da como resultado un importante acortamiento del tiempo que tarda la planta en emerger.

El suelo no es un verdadero sólido, sino que consta de partículas individuales y agregados, junto con aire y agua. La conductividad de un bloque de suelo no es constante y depende del tipo de las partículas del material, del tamaño de ellas de la compactación de la mezcla, es decir la porosidad y el grado de contacto entre partículas y por último de la humedad del suelo. Al final **en el suelo hay una gran cantidad de ambientes donde se instalan diferentes organismos. Por ello en un metro cúbico de suelo puede haber más diversidad que las partes aéreas de una región o país.**

**El agua.** Es quizá el elemento que con más claridad se relaciona con la vida en nuestro secano. **El tipo de clima en la Península Ibérica es relativamente insólito en el conjunto mundial** por más que sus moradores estemos tan acostumbrados, que lo consideremos habitual. **La excepcionalidad se basa en la coincidencia en el tiempo de las máximas temperaturas,** y por tanto la máxima evapotranspiración (agua perdida por el suelo y las plantas), **con el de mínimas o nulas precipitaciones,** lo que provoca un auténtico stress hídrico estival al que deben adaptarse, en primera instancia, todos los ecosistemas. En general, en el resto de ambientes, 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, mayor intensidad de radiación y número de horas anuales de sol para producir biomasa vegetal, se encuentre en inferioridad de condiciones frente a los países del norte de Europa, por no tener el agua disponible en el momento más necesario. La estrategia empleada por el agricultor mediterráneo para superar esta limitación climática, ha sido poner las tierras en regadío, de manera que dos de las condiciones básicas de la vida, temperatura y agua, se lleven a valores óptimos, generando entonces cosechas superiores aunque con un coste energético y medioambiental mucho mayor.

Con todo ello, no debe extrañar que en ambientes estacionales contrastados, como lo es el mediterráneo, parte de su microfauna y microflora descienda pasivamente con el frente de humectación hacia horizontes no superficiales en los periodos más desfavorables del año, ya sea por frío intenso o por calor y sequedad extremas. Seguidamente, cuando el clima de la superficie es más benigno tenderán a ascender a los horizontes superficiales. Se debe también tener en cuenta que en los suelos que presentan horizontes arcillosos, puede permanecer agua útil durante todo o casi todo el año.

Obviamente, con el agua pasa lo contrario que con la temperatura, la primera varía continuamente, mientras la segunda es bastante estable salvo en los centímetros superficiales.

No todos los suelos se comportan de igual manera en relación al agua, **hay suelos con poros más pequeños (suelos arcillosos) que acumulan mucha agua y poco aire y suelos con poros grandes (suelos con más arena) que por el contrario almacenan mucho aire y poca agua.**

El agua tiene el calor específico más alto de los elementos del suelo, por lo que el aumento de temperatura será menor que para igual volumen de cualquier otro

material. Esto significa que el calor específico de un volumen de suelo aumenta con el contenido de agua. Este mayor calor específico del agua es responsable de las temperaturas moderadas que se encuentran en regiones cercanas a grandes masas de agua. Al descender la temperatura de la masa de aire en el invierno, se transfiere calor del agua al aire, el cual a su vez transporta calor hacia la tierra si los vientos son favorables.

No hay que olvidar que en **el suelo también hay organismos anaerobios y cuando el suelo se satura de agua, estos organismos durmientes se activan produciendo un atmosfera edáfica perjudicial para los aerobios que son los que interesan.** Por tanto no elevemos de forma innecesaria sus poblaciones, y habrá que vigilar con el manejo que el suelo este suficientemente aireado.

**El carbono orgánico.** Es el elemento que produce la energía para la estructura de la vida. La vida se compone de unidades de carbono más o menos complejas, desde la bacteria al hombre y los únicos organismos que pueden fijarlo son las plantas a través del fenómeno de la fotosíntesis, sin las plantas, no sería posible la vida en la tierra, al menos tal como la conocemos

Los organismos heterótrofos (animales fundamentalmente), se alimentan de otros seres, en este caso los vegetales, vivos o muertos (residuos) y a través de su respiración retornan el  $CO_2$  a la atmosfera (Fig.1)). Las deyecciones de los animales y los residuos vegetales, sirven de alimento a los organismos que viven en el suelo, y desprenden  $CO_2$  a la atmosfera. Los vegetales cultivados terminan en las poblaciones para alimentar a los humanos y animales domésticos y estos, a su vez, desprenden también el  $CO_2$  mediante la respiración. La combustión del petróleo y otros combustibles fósiles, empleados en las actividades humanas, también produce desprendimiento de  $CO_2$ . La suma de todo ello es una acumulación de este gas en la atmosfera que toda la masa vegetal del planeta no es capaz de fijar.

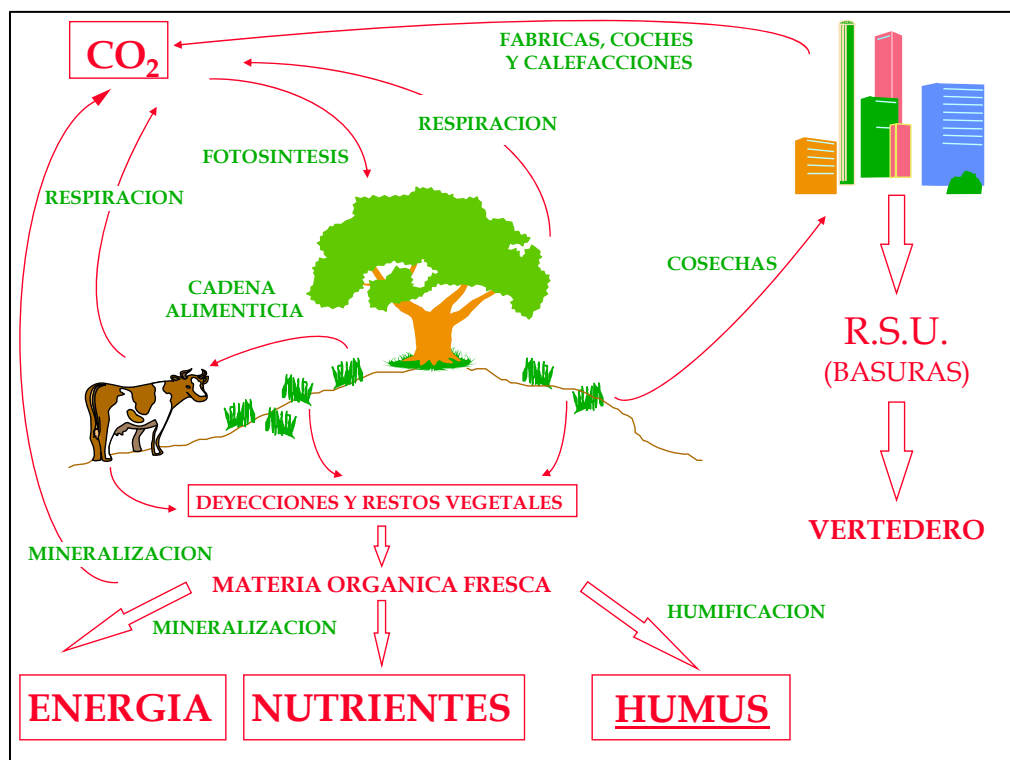


Fig.1 Ciclo del carbono

## Gestión para aumentar la cantidad de energía fijada en un agrosistema

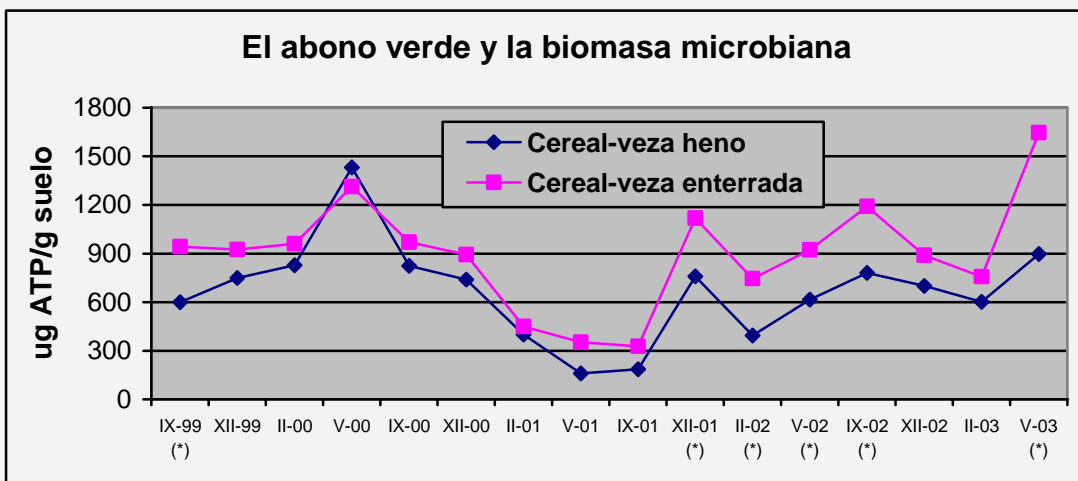
Son las prácticas agrarias las que permiten que el sistema fije más o menos carbono orgánico o, lo que es lo mismo, materia vegetal y por tanto, más o menos vida. En cultivos leñosos, una práctica agronómica corriente es tratar de incrementar el área foliar por unidad de superficie, aumentando el número de árboles y ajustándolo, a las disponibilidades de agua y en casos de escasez, reduciéndola. No se debe olvidar que la actividad fotosintética está relacionada directamente con el consumo de agua. El objetivo, en definitiva, es conseguir que el mayor número de hojas, dentro de los límites ambientales de cada situación o región, reciban el máximo de luz posible para que la fijación de carbono sea también máxima. En los cultivos leñosos, también se puede aumentar la energía que recibe el sistema, mediante el empleo de cubiertas vegetales, en época en que no compitan con el cultivo, e incorporando restos de poda y residuos de cosecha de cultivos herbáceos implantados entre sus líneas. Esta energía recibida por el sistema, es la que facilita que los microorganismos del suelo liberen nutrientes para los cultivos.



Al sembrar el cereal en líneas agrupadas se aumenta la superficie foliar del cultivo para que fije más carbono



Con la poda en verde, en los cultivos de viña, se reduce la fotosíntesis y la transpiración. También se puede dejar cubierta vegetal para aumentar la energía en el sistema.



Una mayor cantidad de carbono en el suelo permite una mayor cantidad de vida.

## La respiración del suelo



Dada la dificultad de identificar todos los organismos que habitan en el suelo, es frecuente recurrir al estudio de su actividad global, **midiendo la actividad respiratoria del suelo por medio de la producción de CO<sub>2</sub>**. y para ello se controlan todos los procesos metabólicos que producen este gas, sean raíces o microorganismos. La actividad biológica, resulta fundamental para conocer el comportamiento de la materia orgánica y de los ciclos biogeoquímicos de los diferentes nutrientes.

## El suelo y las enfermedades

Una de las primeras cuestiones que se plantearon los especialistas fue conocer cuales eran los verdaderos habitantes del suelo, se designaba como **habitantes del suelo** los que tienen vida propia en el medio edáfico y una distribución geográfica muy amplia. En contraposición, los **invasores del suelo** son residentes pasajeros, de limitada actividad y distribución local, considerando que los verdaderos habitantes del suelo son aquellos que pueden conservarse indefinidamente en el medio edáfico como saprofitos.

Un hecho bien simple y comprobado es, que la inoculación de un suelo estéril o desinfectado con un microorganismo cualquiera, no presenta, en general, ninguna dificultad particular. Por el contrario, la inoculación del mismo suelo sin esterilizar está, frecuentemente, abocada al fracaso. El proceso explicativo de esta constatación ha sido denominado **fungistasis o hipobiosis**

La manifestación de la fungistasis requiere, normalmente, la presencia de microbios vivos. La total o parcial esterilización de un suelo anula el efecto

La hipótesis para explicar la hipobiosis ha sido la deficiencia de nutrientes en el suelo. El hecho de que los suelos sean deficientes en energía (carbono orgánico) para las poblaciones microbianas, tendría como consecuencia la inactividad de la mayoría de la población.

La existencia de tierras en las cuales ciertas enfermedades infecciosas de las plantas no pueden expresarse, pese a la presencia simultánea del patógeno, del hospedador sensible y de un entorno favorable a la manifestación de la enfermedad, ha sido intuida desde finales del siglo pasado. Las denominaciones han sido muy variables, aunque en la actualidad parecen pervivir una de ellas: suelo **supresivo** califica a aquel que es poco o nada receptivo a una enfermedad; el opuesto, **conductivo, sensible o no supresivo**. Numerosos suelos supresivos han sido descritos y ponen de manifiesto que el fenómeno no se limita a especies patógenas de hongos o bacterias, sino que alcanza a fitonematodos como *Heterodera avenae*. Los suelos supresivos constituyen un fenómeno mundial, como no podría ser menos, dado que la fungistasis es una propiedad de todos los suelos habitados por microorganismos.



Los fitopatólogos buscan las causas de una enfermedad cuando esta ha aparecido. Se considera, en consecuencia, “normal” aquel cultivo que no presenta ninguna planta enferma. Es, por lo tanto, frecuente considerar como suelos **no infectados** aquellos que soportan cultivos sanos. Esto no es totalmente exacto y tampoco es siempre así. El suelo no es un medio inerte, ni en el plano físico-químico ni en el biológico. El patógeno, fuera del hospedador, tiene una vida saprofítica sometida a las influencias, favorable o no, de los diferentes factores del entorno. La **receptividad de un suelo a una enfermedad**. “es la capacidad de un suelo para permitir la instalación, el desarrollo y la conservación del agente infeccioso, así como la expresión de su poder patógeno sobre una población de hospedantes sensibles”.

En el suelo es la **competición por el alimento** (energía) el motor de todos los fenómenos que ocurren en él, y las fuentes de esta energía son, la **materia orgánica muerta** y otro **la rizosfera** donde ocurren, sin duda, los fenómenos más determinantes para que la infección sea un éxito. La rizosfera representa un flujo energético continuo gracias a las secreciones de la planta. En el universo microscópico del suelo, el hongo fitopatógeno no se enfrenta, solamente, a otros microorganismos con capacidades saprofitarias concretas, sino a los hongos micorrícicos que parecen disponer de netas ventajas para colonizar las raíces. Este efecto físico de ocupación de los sitios de infección en la raíz, también ha sido considerado como una forma supresita de la enfermedad. Esto muestra, de manera empírica, como el suelo en su conjunto, se comporta como un “ente vivo”.

El suelo como todos los sistemas biológicos, experimenta cambios continuos y, pese a ello, permanece relativamente estable. Parece una paradoja, por eso se dice que los suelos están en **equilibrio dinámico**. Los cambios en una dirección determinada son compensados por variaciones que se producen en esa dirección pero con sentido contrario. Un ejemplo que puede ilustrar este aserto, es lo que ocurre en dos bosques de diferentes ambientes, las ramas y hojas caídas en un bosque de las latitudes frías proporcionan una cantidad de materia vegetal de  $12 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ; en un bosque tropical húmedo la cifra es casi cuatro veces superior,  $69 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ . No obstante, un año después la cantidad de materia orgánica del suelo en ambas situaciones difiere poco de la que se presentaba antes de la caída de la materia vegetal.

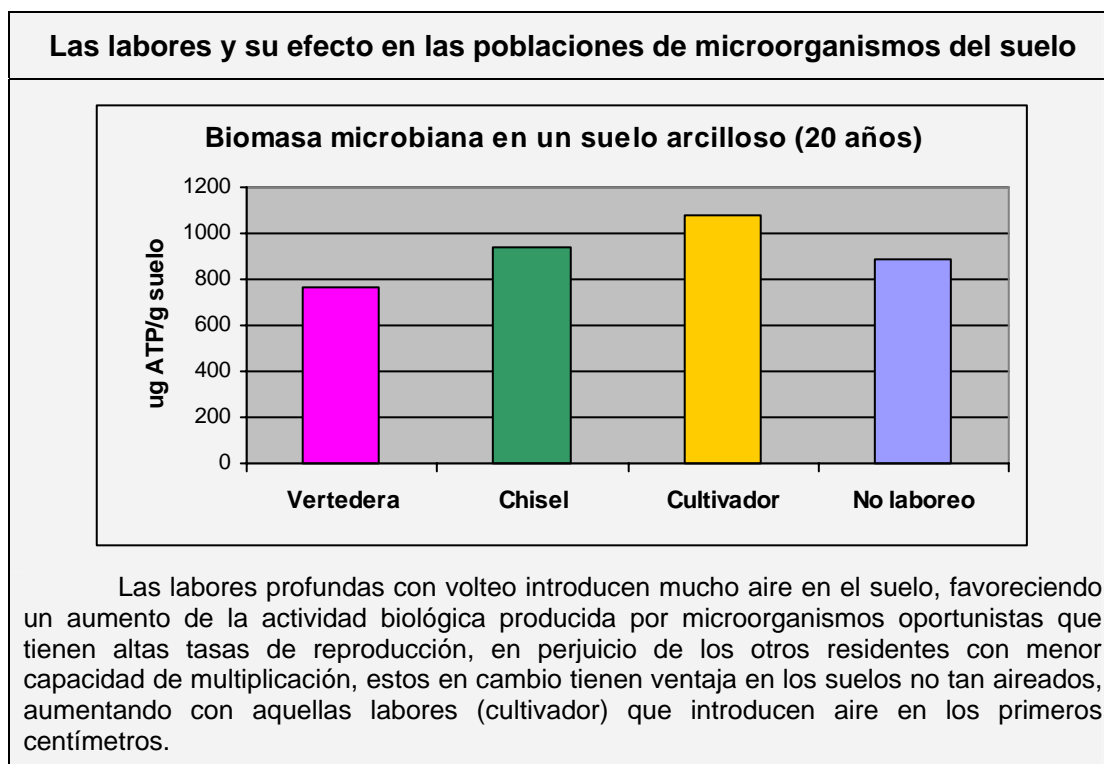
Las preguntas que debemos hacernos son: ¿Se rompe el equilibrio dinámico de un suelo con las prácticas agrícolas? ¿Dicha rotura es irreversible?

Se ha mantenido como un principio fundamental que las actividades del hombre modifican, notablemente, la distribución normal de los microorganismos del suelo, modificaciones imputables al propio cultivo, al riego, al abonado, al laboreo o la aplicación de desinfectantes, son prácticas agrarias que se encuentran entre las que mayores perturbaciones producen. Es cierto, también, que las mayores variaciones y las poblaciones microbianas más abundantes ocurren en los primeros 30 cm. Mayores profundidades implican menores poblaciones y menor influencia de las prácticas agrícolas sobre ellas.

Los trabajos publicados y realizados con el **abonado en el suelo y la desinfección del suelo**, muestran que las modificaciones encontradas no son permanentes y la microbiota fúngica tiende a volver a su situación de partida.

En cambio cuando se produce un **cambio de una tierra de secano a regadío** los cambios producidos si son permanentes. Hay que recordar que la vida depende de la temperatura y de las disponibilidades de agua. Aquellos organismos que mejor se adapten a estas nuevas condiciones serán las que prosperen y aumenten sus poblaciones. Esto pasa con los nematodos que son animales esencialmente acuáticos y entre estos están los transmisores de virus en las vides (*Xiphinema index*) o los hongos como *Verticillium dahliae* que fue un habitante del suelo que durante muchos años tuvo una manifestación discreta en los olivares. Sin embargo esta micosis ha

alcanzado cotas preocupantes a partir del momento en que los cultivos se pusieron en regadío.. Este hongo no está considerado como un hongo acuático, pero es evidente su relación con la puesta en regadío de un árbol típico de los secanos mediterráneos.



Se ha observado también que hay manejos que se asocian con el fenómeno de la **“fatiga”** o **“tierras cansadas”** de origen microbiano.

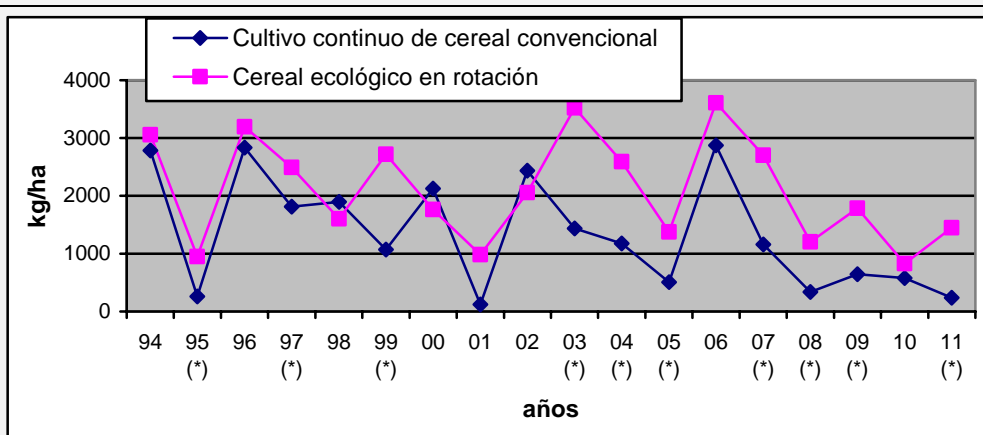
La fatiga o cansancio del suelo, no se refiere a la acción de un patógeno en concreto. En este caso, la aplicación de los postulados de KOCH sería suficiente para establecer una relación simple causa-efecto (el patógeno debe ser aislado, inoculado en otro suelo, que provoque la enfermedad y de nuevo aislado). La supresión de la causa, anularía el efecto. El fenómeno se fundamenta en un complejo síndrome: pérdida de rendimientos, enanismo de las plantas, amarillos, retraso en el desarrollo, y, quizás, un largo etcétera. En estas situaciones los factores limitantes que pueden intervenir son múltiples y actúan de manera simultánea o sucesiva, adquiriendo o no efectos acumulativos. Esclarecer una complejidad como la apuntada implica una gran dificultad.

Para muchos investigadores, su significación biológica es perfectamente razonable si consideramos que todo suelo es algo vivo, gracias a la fracción biológica que lo compone y lo hace productivo. De hecho, las rotaciones o los barbechos consustanciales al mantenimiento de la fertilidad de muchos de los campos de España, son un **“tiempo de reposo”** para rehacerse de la *fatiga*. La otra cara, la ausencia de reposo, es la que presentan los cultivos intensivos en los cuales se ofertan continuamente novedades, más o menos ensayadas y más o menos eficaces.

**Fatiga química** debida a la acción de una fitotoxina. Todos los órganos vegetales contienen cantidades variables de sustancias potencialmente alelopáticas que son liberadas de diferentes formas al medio ambiente por volatilización, exudación radicular, lixiviación y descomposición de residuos vegetales. La alelopatía se define como un efecto positivo o negativo, directo o indirecto, de un vegetal o microorganismo

sobre el entorno, por acción de los compuestos liberados al medio ambiente. La repetición de un mismo cultivo, es decir su intensificación, puede llevar a una caída de los rendimientos de los cultivos posteriores. Por lo tanto, el enterramiento de los restos de cosecha puede conducirnos a una reducción de los rendimientos o a una fitotoxicidad. Siendo esto cierto, también lo es que los restos de plantas o los cultivos mixtos producen efectos mejorantes en los cultivos. Los efectos negativos de las alelopáticas pueden ser tan acusados que se han considerado como un medio para controlar las malas hierbas de los cultivos. Así, es conocido cómo los exudados radiculares y los residuos del centeno inhiben el crecimiento de numerosas malas hierbas. En un estudio comprobaron la reducción de biomasa de adventicias en un 93%. Otras sustancias alelopáticas promueven el crecimiento de las plantas. Tal es el caso de las micorrizas.

### Las rotaciones de cultivo una estrategia contra el cansancio del suelo



Evolución de la producción de cebada en rotación ecológica y de un monocultivo de cebada en producción convencional. La fertilización de la rotación ecológica es solo la paja del cereal, en convencional se aporta fertilización química y herbicidas. El cereal en rotación ecológica produce un 54% más que el monocultivo de cebada con fertilización química y herbicida en los valores medios de los 18 años con diferencias significativas en 10 de ellos. Se puede concluir que en los ambientes semiáridos el cultivo continuo de cereal no es viable económicamente y puede ser un ejemplo de **cansancio o fatiga**, por no respetar los ciclos de humedad y temperatura que permita la actividad biológica del suelo. (\*) Indica diferencias significativas.

Dado el carácter del suelo como *ente vivo* sus propiedades físicas, químicas y biológicas hacen que no se comporte como un recipiente neutro, antes al contrario trasforma, de modo determinante, la actividad de los compuestos alelopáticos. Los coloides del suelo pueden adsorber la mayoría de estos metabolitos inactivándolos temporalmente de manera reversible o permanentemente. En este último caso la mineralización, la formación de complejos o la degradación por los microorganismos puede eliminar su efecto sobre la planta. En cualquier caso estos procesos son bastante desconocidos dada la complejidad del suelo

**Fatiga biológica**, esta relacionada con el *parasitismo de debilidad* y podría interpretarse como la acción patogénica de un microorganismo sobre una planta que estaría expresando su parasitismo bajo unas condiciones ambientales concretas y en un estado deficiente del hospedador. En el caso de la fatiga del suelo ese ambiente sería el suelo, considerado como un *ente vivo*, donde situaciones concretas de las componentes físicas, químicas y biológicas provocarían la magnificación del fenómeno.

**Fatiga física** debida a una defectuosa estructura del suelo. Esto se da con cierta frecuencia en algunos suelos que forman una estructura masiva en el horizonte superficial. En estos suelos, las técnicas de siembra directa de cereales al no remover este horizonte, impide el buen desarrollo del cultivo, haciéndose necesario el empleo de un descompactador cada 2 o 3 años para permitir su penetrabilidad.



**Mantener la vida del suelo debe ser un objetivo prioritario para el agricultor**



Los organismos del suelo son la base para que se produzca el reciclado de los residuos orgánicos (mineralización).

Los organismos del suelo, mantienen la estructura y la porosidad, facilitando como consecuencia una mayor eficiencia en el uso del agua.

Por su equilibrio, favorecen y controlan los elementos susceptibles de convertirse en plagas o enfermedades.

Aportan nutrientes y trabajan conjuntamente con los cultivos (organismos simbiotes)

**Bibliografía:**

Ibañez, J.J. Blog. Un universo invisible bajo nuestros pies. Los suelos y la vida. <http://www.madrimasd.org/blogs/universo/>

Labrador, J. (2011). La fertilización orgánica en sistemas extensivos de secano. En: Agricultura ecológica en secano: Soluciones sostenibles en ambientes mediterráneos. Coordinadores: R. Meco, C. Lacasta y M.M. Moreno. ISBN (MARM): 978-84-491-1083-2 y ISBN (Mundi-Prensa): 978-84-8476-539-4. pp. 39-76

Lacasta, C., Meco, R. (2011). La rotación en cultivos herbáceos de secano. Agricultura ecológica en secano. En: Agricultura ecológica en secano: Soluciones sostenibles en ambientes mediterráneos. Coordinadores: R. Meco, C. Lacasta y M.M. Moreno. ISBN (MARM): 978-84-491-1083-2 y ISBN (Mundi-Prensa): 978-84-8476-539-4. pp. 107-152

Porcuna, J. L. (2011). Manejo de plagas en los cultivos herbáceos de secano. En: Agricultura ecológica en secano: Soluciones sostenibles en ambientes mediterráneos. Coordinadores: R. Meco, C. Lacasta y M.M. Moreno. ISBN (MARM): 978-84-491-1083-2 y ISBN (Mundi-Prensa): 978-84-8476-539-4. pp. 153-180

Tello, C., Cara de, M., Moreno, A., Santos, M. (2011). El suelo como “ente vivo” y su relación con las enfermedades de las plantas. En: Agricultura ecológica en secano: Soluciones sostenibles en ambientes mediterráneos. Coordinadores: R. Meco, C. Lacasta y M.M. Moreno. ISBN (MARM): 978-84-491-1083-2 y ISBN (Mundi-Prensa): 978-84-8476-539-4. pp. 181-220.