

**AGROECOLOGÍA**  
Curso 2020

**TEÓRICO - PRÁCTICO N° 6**  
**LOS CICLOS EN LOS ECOSISTEMAS**

**El concepto de fertilidad del sistema**

**Fragmento del libro de Armenio Khatounian. "La reconstrucción ecológica de la agricultura".**

La fertilidad es uno de los términos más utilizados en agronomía y cuyo concepto quizás esté formalmente menos definido. La idea predominante en el campo técnico y también entre los agricultores es que la fertilidad está fundamentalmente vinculada al suelo. Es habitual escuchar que "si el suelo está bien, todo lo demás estará bien". En esta línea de razonamiento, el enfoque se dirige al cuerpo del suelo y, debido a este enfoque, se organiza el manejo de la fertilidad.

Como disciplina en las escuelas de agronomía, la fertilidad del suelo se ha convertido casi en sinónimo de química del suelo, incluso definiendo la fertilidad en términos de contenido de nutrientes minerales y su relación entre sí. Sin embargo, la noción puramente química de fertilidad tiene debilidades, ya que existen suelos químicamente favorables pero de baja producción debido a problemas físicos, hídricos, sanitarios u otros. Para superar esta debilidad, se creó un concepto auxiliar, el suelo productivo, que, además de la fertilidad química, incluye otras características también necesarias para obtener buenas cosechas.

Sin embargo, la existencia de sistemas agrícolas productivos en suelos químicamente pobres conduce al razonamiento de que un suelo puede ser "productivo" incluso si no es "fértil", lo que suena mínimamente extraño. Sin embargo, la mayor extrañeza radica en el hecho de que las selvas tropicales, consideradas como los ecosistemas biológicamente más productivos del planeta, dependen de suelos de extrema pobreza química.

Este tipo de hechos resalta la importancia de factores distintos de los relacionados con la química del suelo para determinar el potencial de producción de los ecosistemas, ya sean agrícolas o naturales. Estos otros factores no son desconocidos para la ciencia agrícola, pero generalmente ocupan solo uno o dos párrafos en el primer capítulo de los libros de fertilidad.

Al observar la evolución de la vegetación a lo largo del planeta, o su sucesión desde la roca madre al bosque, se ha buscado un nuevo concepto de fertilidad, definiéndola como "la capacidad de un ecosistema para generar vida de manera sustentable, generalmente medida en términos de producción de biomasa". Esta biomasa es primordial y predominantemente vegetal, pero parte de ella puede convertirse en biomasa animal. En los ecosistemas artificiales para la agricultura (agroecosistemas), parte de la biomasa animal o vegetal constituirá el producto cosechado por el agricultor.

Entendida como la capacidad de generar vida, los factores que determinan la fertilidad en los ecosistemas son: el suministro de luz, agua, calor, aire y nutrientes minerales. La combinación de estos factores define el potencial de producción de las tierras agrícolas. Sin embargo, cuánto de este potencial se alcanzará depende de las condiciones fito o zoonitarias, es decir, de la salud de las plantas y animales[...]

Por lo tanto, entendida como la capacidad de generar vida, medida en términos de biomasa, la fertilidad deja de ser un atributo exclusivo del suelo y se convierte en una esfera global del

ecosistema. El foco se extiende desde la capa superior del suelo hasta todo el perfil donde crecen las plantas, desde las raíces más profundas hasta la parte superior de las plantas.

La fertilidad no está en el suelo, en las plantas o los animales, sino en su conjunto dinámico, integrado y armonioso, que se refleja en buenas propiedades del suelo, buena producción de cultivos y buena producción animal. Cuando se altera el dinamismo de este conjunto, su integración y armonía, la fertilidad disminuye. Por el contrario, si se manejan adecuadamente, la fertilidad aumenta en la medida permitida por la luz, el agua, el aire, el calor y los nutrientes minerales

### **Manejo de la fertilidad: integrado y antrópico**

Cuando se perturba un entorno, la naturaleza pone inmediatamente en marcha sus mecanismos de recuperación, diseñados para restaurar el dinamismo, la integración y la armonía locales. Estos mecanismos están en todas partes, incluso en los sistemas agrícolas, y actúan a pesar de la voluntad humana. El desafío para el agricultor es precisamente reconocer estos mecanismos y aprovechar su acción, imitando su lógica en el manejo de cultivos y suelos y dejándolos trabajar por sí mismos. Desde la perspectiva de una agricultura más sustentable, uno siempre busca aumentar la acción autónoma de la naturaleza y reducir la necesidad de interferencia antrópica, ya que siempre tienen implicaciones en términos de mano de obra y costos económicos.

Así entendida la fertilidad, su manejo no se limita al control de la fertilización mineral o la erosión, sino que se extiende al manejo de todos los recursos del agroecosistema que pueden contribuir al suministro de agua, luz, temperatura, aire y nutrientes minerales. Esto requiere una estrategia de manejo que abarque el manejo del suelo, los cultivos y las fincas, ya que estos componentes de los sistemas de producción interactúan positiva o negativamente entre sí, lo que genera ganancias o pérdidas de fertilidad.

Este enfoque resalta la importancia de la gestión del sistema por parte de los agricultores, que tiene que decidir en cada situación qué prácticas son las más apropiadas para mantener la fertilidad

Por lo tanto, la fertilidad en los agroecosistemas es antrópica, es decir, su evolución depende de la gestión que el agricultor proporciona al sistema, dentro de los límites establecidos por el entorno físico y biológico. Por ejemplo, la decisión de utilizar abonos verdes o cultivos de cobertura en la rotación de cultivos o aplicar urea conduce a diferentes desarrollos de fertilidad a lo largo del tiempo, que se expresarán en biomasa cosechada.

Otro aspecto de la fertilidad como creación antrópica es que los efectos de las prácticas de manejo de los agricultores suelen ser de corta duración, con un máximo de unas pocas cosechas. Por ejemplo, un encalado será efectivo por algunos años, requiriendo prácticas repetidas de control de acidez después de algún tiempo. (ndt: los encalados convencionales implican aplicaciones de una o varias toneladas por hectárea de carbonato de calcio, dolomita, etc)

### **La organización del establecimiento rural y sus implicaciones para la fertilidad del agroecosistema.**

Cuanto mejor se suministren los factores que definen la fertilidad (luz, agua, aire, nutrientes minerales, temperatura y salud), más fértil será el agroecosistema. La forma en que se organiza y gestiona una finca altera la disponibilidad de estos factores, con consecuencias en su fertilidad, reduciendo, manteniendo o incrementándola.

Algunos de estos factores pueden ser alterados por el agricultor, otros no. Los contenidos de oxígeno y dióxido de carbono (el primero para la respiración y el segundo para la fotosíntesis) son difíciles de alterar en la parte aérea de las plantas. Sin embargo, el control de los vientos y el suministro adecuado de agua dan como resultado indirectamente un suministro de aire más regular a través de los mecanismos de control de apertura / cierre de estomas.

En el suelo, las prácticas de manejo alteran significativamente la aireación en la zona de la raíz. Dado que la absorción de la mayoría de los nutrientes minerales es activa, es decir, requiere energía. El bajo contenido de oxígeno en el suelo aumentará el costo energético de la planta para la absorción de nutrientes minerales. Cada molécula de glucosa que pasa por el proceso de respiración aeróbica produce de 30 a 32 moléculas de ATP (fuente de energía nivel celular) que pueden usarse para la absorción de nutrientes. Cuando la respiración carece de oxígeno, las raíces se ven obligadas a fermentar glucosa, lo que resulta en solo dos moléculas de ATP para cada molécula de glucosa. Como resultado, la mala aireación del suelo conduce a un gasto mucho mayor de productos de fotosíntesis para absorber la misma cantidad de nutrientes minerales.

En relación al agua, debe considerarse que solo el agua efectivamente disponible para las plantas resulta en fertilidad. Tanto la escorrentía como el drenaje excesivo tienden a reducir la productividad de los agroecosistemas, especialmente durante el verano con alta demanda de evapotranspiración. Con la reducción del contenido de materia orgánica en los suelos y, en consecuencia, la capacidad de retención de agua, las pérdidas de verano aumentan. El buen manejo del agroecosistema puede aliviar o incluso revertir esta situación.

A diferencia de los factores anteriores, difíciles de cambiar, los nutrientes minerales y la salud son fácilmente manejables por los agricultores y, por lo tanto, se han manejado intensamente en todos los campos, especialmente en las áreas agrícolas más intensivas.

Los medios para manejar lo anterior han sido predominantemente químicos, con el uso de fertilizantes minerales y pesticidas. Sin embargo, está bien establecido que tales medios causan problemas técnicos, económicos, ambientales y de salud.

Muy sucintamente, los fertilizantes y pesticidas minerales contribuyen a la destrucción de los mecanismos naturales de los que depende su propia eficiencia técnica. Es decir, su uso contribuye a socavar las condiciones necesarias para su acción más efectiva, por lo que las dosis deben aumentarse periódicamente y los productos deben reemplazarse.

En el caso de los fertilizantes, el impacto positivo en la producción de biomasa solo se logra si los otros factores están bien suministrados, ya que sin agua, oxígeno y sanidad pueden hacer poco. Por ejemplo, los fertilizantes nitrogenados, al acelerar la descomposición de la materia orgánica del suelo, contribuyen a disminuir la capacidad de retención de agua y la aireación, lo que afecta el desarrollo y la actividad de las raíces. Por lo tanto, la misma dosis corresponde a la disminución de las respuestas a lo largo de las cosechas, porque estos otros factores están siendo socavados.

Con el tiempo, la capacidad de intercambio catiónico (CIC) termina reduciéndose, ya que en suelos típicamente tropicales se asocia significativamente con la fracción húmica. (ndt: en suelos de la región pampeana, además de la materia orgánica, las arcillas son también responsables por la CIC de los mismos. Las dos fracciones califican como sustancias coloidales y tienen la característica de poseer cargas negativas con las cuales se retienen a los cationes del suelo como Calcio, Magnesio, Potasio, Sodio, etc. Las arcillas se pierden de los suelos a partir de la erosión hídrica y eólica). Con esta reducción, una fracción mayor de los nutrientes minerales aplicados termina perdiéndose, al lixiviar con el agua de filtración a través del perfil del suelo, o al arrastrar sobre el suelo a través de la escorrentía

No se trata de condenar o tolerar el uso de fertilizantes químicos. Es importante comprender que, como herramienta de gestión de la fertilidad para los agroecosistemas, dichos fertilizantes pueden ser útiles, siempre que se usen con moderación y en un esquema de gestión que favorezca la generación de biomasa.

En el caso de la salud, el uso de pesticidas tiene una analogía con el de los fertilizantes químicos. El uso sistemático del producto induce el desarrollo de resistencia por fitófagos o patógenos, lo que eventualmente requiere dosis crecientes de pesticidas. Además, la eliminación de enemigos naturales resulta en brotes aún más grandes y nuevas plagas. A nivel macro, el uso de pesticidas a lo largo de los años ha aumentado la incidencia de plagas y la gravedad de su ataque.

Por lo tanto, desde la perspectiva de la sustentabilidad, tanto la salud animal como la vegetal requieren otro estándar tecnológico en el manejo de los agroecosistemas que no estimulan el desarrollo de resistencia en plagas y enfermedades y no perturban los procesos de control natural. En la agricultura ecológica, todos los esfuerzos están dirigidos precisamente a la estimulación de estos procesos de control natural, en lugar de su reemplazo por procesos artificiales.

### **Biomasa: elemento central en la fertilidad del sistema.**

En los ecosistemas naturales, es a través de la biomasa que se reciclan los nutrientes, de ella se alimentan las complejas redes de vida que controlan las poblaciones de cada especie, evitando su transformación en plagas. También es a partir de biomasa que nutre los tejidos biológicos de organismos que mantienen las buenas propiedades de los suelos. Por lo tanto, tanto para la nutrición mineral como para la salud general del sistema, la biomasa es el elemento esencial.

A mayor escala, es la biomasa la que mantiene los complejos de vida de los que dependen todos los mecanismos de homeostasis de la biosfera. Esta biomasa no es una sustancia única y definida, sino un conjunto de materiales de origen biológico, con composición química variada, estructura física, color, resistencia mecánica y reacción al ataque de microorganismos diferente.

Por supuesto, la biomasa producida por un maíz es mucho menos diversa que la producida por un bosque (ndt: o de un pastizal natural). Por lo tanto, una cubierta vegetal diversa nutre una red de organismos diversos, entre los cuales siempre se identifican especies que son antagónicas a las plagas agrícolas. Por esta razón, los bosques ribereños, los setos y las franjas espontáneas de vegetación funcionan en los agroecosistemas como reservas naturales de organismos para el control biológica.

En el bioma pastizal de la región pampeana las diferencias entre la producción de biomasa de los cultivos agrícolas y los pastizales quizás no sea tan marcada como en los biomas forestales (monte, bosque, selva, etc) pero la diferencia existe, y de hecho se evidencia en la pérdida de materia orgánica de los suelos que son transformados desde pastizales a agricultura. La manutención de los niveles de materia orgánica del suelo está estrechamente asociada al volumen de raíces y exudados que genera la vegetación. Mientras los niveles de producción de raíces rondan de las 3 a las 10 toneladas por hectárea por año para los cultivos anuales típicos de la región, las pasturas producen de 15 a 20 toneladas de materia seca de raíces por hectárea por año (Datos INTA Anguil, Alberto Quiroga, comunicación personal).

Por lo tanto, las medidas de gestión de la fertilidad de los agroecosistemas deben estar destinadas a optimizar la producción de biomasa y/o ralentizar su descomposición.