

Prólogo

“Por mutación de producciones, entiendo las diferentes semillas que deben sembrarse, y que esta es utilísima para los adelantamientos de la Agricultura, nadie puede dudar... si una vez siembro Trigo, otra Cebada, otra Maíz en un mismo terreno, (la tierra) a todas proveerá de las partes que le correspondan, y así lo que deberá observarse es no sembrar una misma semilla seguida, sino variar, y dejar pasar tres o cuatro años sin sembrar en aquel mismo lugar semillas de una misma especie”.

Manuel Belgrano. *“Memoria”*; leída ante la Junta de Gobierno. Junio de 1795

Estos consejos y observaciones de Manuel Belgrano, sumados a su recomendación de establecer una Escuela de Agricultura, ponen en evidencia que a pesar de los más de 200 años transcurridos, poco se ha avanzado en la práctica de una agricultura que contemple criterios ecológicos (aunque por aquél entonces no existía la ecología como ciencia), como tampoco en la enseñanza de criterios sólidos para realizar una producción agropecuaria basada en los recursos naturales localmente disponibles.

Este manual, brinda los fundamentos ecológicos esenciales como también los criterios básicos, para llevar adelante producciones agropecuarias adaptadas a las condiciones del medio en que se desarrollan, particularmente en la región central de la provincia de Córdoba.

Basado en criterios agroecológicos, propone alternativas de manejo y/o aplicación de técnicas que resultan necesarias al momento de diseñar agroecosistemas sustentables, en especial, aquellas aplicables en los modelos de producción agropecuaria actuales de la zona.

Los autores, de vasta experiencia como docentes-investigadores de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Córdoba, ponen a disposición de los lectores sus opiniones y conocimientos a fin de ofrecer al medio educativo muchos de los resultados obtenidos en sus investigaciones, como también conceptos abordados por otros autores.

El manual está escrito en términos sencillos, de fácil comprensión, con una secuencia ordenada desde lo conceptual a lo

aplicado, con *reflexiones finales* que valoran el rol de la escuela en la generación de propuestas locales alternativas y un glosario de los principales términos conceptuales y técnicos utilizados. Asimismo, incluye ejercicios y preguntas cuestionadoras, conducentes a generar en los lectores razonamientos y criterios fundamentados.

Resulta oportuno destacar que gracias al apoyo brindado por la Secretaría de Ciencia y Tecnología del Gobierno de la Provincia de Córdoba, a través del PROTRI, este compendio puede ser editado.

Finalmente, agradezco a los autores la invitación a redactar el prólogo del presente manual.

Ing. Agrón. (M. Sc) Esteban Alessandria

INTRODUCCIÓN

Stella Luque

La Agroecología proporciona guías conceptuales y metodológicas para diseñar agroecosistemas que contemplan la integración de la diversidad social, cultural y biológica; la articulación exitosa de estos componentes fortalece interacciones positivas, optimiza las funciones y los procesos del agroecosistema brindando diferentes bienes y servicios a la sociedad. La producción organizada de alimentos desde la perspectiva de los sistemas se torna más estable conservando su capacidad productiva. Para diseñar agroecosistemas sustentables se deben atender requisitos sociales, considerar aspectos culturales y obtener resultados económicos favorables al conjunto de la sociedad.

La expansión de prácticas agrícolas insustentables como el monocultivo y uso indiscriminado de agrotóxicos, condujeron durante todo el siglo pasado a destruir entre 30 y 75% de la materia orgánica en las tierras arables, y 50% de la materia orgánica en los pastizales y las praderas.

La agricultura industrial extractivista, dependiente de altos niveles de insumos como herbicidas, insecticidas, fungicidas y fertilizantes, es una fuente importante de emisiones de gases que contribuyen a incrementar el efecto invernadero. De acuerdo al V informe del Panel Internacional de Cambio Climático (IPCC), este modelo de agricultura es responsable del 24% de la generación de estos gases, y de casi la mitad de las emisiones de metano, que a pesar de persistir en la atmósfera menos tiempo, es aproximadamente veinte veces más potente que el dióxido de carbono (CO₂) en su acción de efecto invernadero. A esto se suma que los alimentos son producidos en lugares cada vez más distantes, y en su transporte se genera grandes cantidades de CO₂.

Este modelo productivo depende principalmente de los cultivos modificados genéticamente (transgénicos) los cuales demandan más plaguicidas y fertilizantes que los cultivos producidos agroecológicamente. La ganadería intensiva (engorde a corral) representa la 1/4 de las emisiones de metano, emite un 18% más de gases con efecto invernadero (medidos en su equivalente como CO₂) que el sector del transporte. Este cálculo, incluye la energía

usada en la producción de alimentos, es decir, monocultivos de soja y maíz (la mayoría de ellos transgénicos), los fertilizantes nitrogenados, la deforestación para abrir pastizales y campos de cultivos para la alimentación animal, la energía utilizada en el procesamiento industrial, tratamiento de residuos, el transporte, etcétera. Además los cultivos transgénicos son usados como aditivos en los alimentos procesados como comida chatarra consumida por las sociedades urbanas.

En los últimos años, los sistemas naturales sufrieron fuertes transformaciones al convertirse en sistemas productivos.

El Ecosistema original de la región central de Córdoba, es un bosque denominado Espinal, el cual posee diferentes condiciones deseables y valiosas para los sistemas tales como la biodiversidad y complejidad, debido a su capacidad de autoregularse, a su alta resiliencia y para superar las limitantes y condiciones desfavorables. En contraste, la simplificación productiva se acentuó notablemente en los últimos quince años a raíz de los procesos conocidos como *Agriculturización y sojización*, dando como resultado sistemas productivos extremadamente simplificados, con uno o dos cultivos que ocupan un alto porcentaje del territorio. Aumentó también la intensidad de uso de los lotes y la tecnología de insumos para maximizar los rendimientos. El uso generalizado de la siembra directa, favoreció los procesos de compactación y uniformidad paisajística de la región. Esta situación aumentó la fragilidad de los sistemas y redujo los mecanismos de autorregulación.

Este manual se propone aportar al desarrollo de capacidades creadoras y reflexivas para los docentes y estudiantes que aborden la temática ambiental en diferentes niveles educativos. El problema ambiental es integral y complejo. No es sumatoria de problemas, lo cual supone una visión sistémica u holística de la realidad. Se requiere un cambio de paradigma en lo pedagógico didáctico, en donde se aborden las problemáticas interdisciplinariamente y en relación al contexto inmediato de cada comunidad educativa. Los contenidos abordados en las aulas deben ser interpretados y analizados con observaciones en la realidad, estimulando una permanente interacción entre los conceptos teóricos y las prácticas pertinentes.

Se desarrollan contenidos referidos a “ecosistemas y agroecosistemas y diversas prácticas agroecológicas”.

Es decir que, como grupo de investigadores nos proponemos aportar a la Educación para la sostenibilidad, a la producción sana de alimentos y a la mejora socioambiental de las comunidades urbanas y rurales.

ECOSISTEMAS Y AGROECOSISTEMAS

Héctor Leguía

Relacionado con el enfoque de la agroecología, veremos algunas características de los Ecosistemas, a través de un *viaje territorial* y de los Agroecosistemas, a través de *un viaje en el tiempo*.

En nuestro planeta los organismos evolucionaron gracias a una continua interacción entre sí y con el medio físico. La naturaleza desarrolló estas relaciones a una escala mayor a la del organismo individual, es decir a nivel de una *comunidad* (conjunto de poblaciones), logrando un equilibrio entre el medio físico y el conjunto de seres vivos y con ello, asegurar la permanencia del conjunto. Este es el concepto de ECOSISTEMA (ES), donde la palabra *sistema* sugiere la idea de un conjunto de elementos que, gracias a sus relaciones, funciona como una “unidad”.

Los ecosistemas son el resultado final de un prolongado proceso denominado *sucesión*, en el que se suceden cambios en el medio físico y en las comunidades presentes.

Un ecosistema (o sistema ecológico) representa un *equilibrio estructural y funcional* de una comunidad biótica y el medio físico que asegura la permanencia del conjunto.

Hay escalas mayores, por ejemplo un conjunto de ecosistemas de estructura similar, conforman un *bioma*. Es posible que todos los biomas presentes en la Tierra, permitan la vida de este gran ecosistema que es nuestro planeta.

Actividad: *busque un mapa con las distintas regiones fitogeográficas de Córdoba y ubique su localidad en:*

<http://mapoteca.educ.ar/mapa/cordoba/> seleccione mapa ambiental

Los diferentes ecosistemas. Un viaje en el territorio

Dado que las condiciones del medio pueden ser distintas, los ecosistemas, también lo son.

Subiendo al punto más alto de nuestras sierras, podrá ver un ecosistema de *pastizal* de alta montaña, si desciende, aparece un ecosistema arbustivo (*arbustal de altura*) y luego, si continúa su descenso, un *bosque serrano*. Finalmente, ya en la parte llana, debería encontrar un bosque de llanura, denominado *espinal*. Luego

de esto, si sigue hacia el SE notará cambios graduales hacia un *pastizal pampeano*. Si toma hacia el NE, notará la transición hacia un *bosque chaqueño*.

Sin embargo, al descender hacia el E de las sierras encontrará una llanura con campos de cultivo de cultivo o ganadería desarrollados y manejados por el hombre. Precisamente, esto da lugar a un nuevo concepto: los AGROECOSISTEMAS (AES).

Los agroecosistemas, son ecosistemas modificados y controlados por la acción del hombre, orientados a producir bienes agropecuarios para satisfacer necesidades. En estos sistemas, la selección de especies consideradas útiles y la eliminación de otras y la alteración de procesos naturales por la intervención humana, provocaron que el sistema se vuelva *frágil* y pierda su capacidad de *autoperpetuación*. Su regulación, control y permanencia pasó a depender del hombre.

Indudablemente, todos los sistemas ecológicos están relacionados al resto de la naturaleza, cumpliendo funciones indispensables para la vida y la permanencia en la Tierra, tal como la conocemos.

Entre estas funciones, podemos citar, la supervivencia de distintas especies, la captación de energía solar y liberación de calor, la fijación de CO₂ y liberación de O₂, el ciclo del agua, la regulación de condiciones meteorológicas o climáticas, etc. Algunos autores identifican estas funciones como “servicios ambientales”. En nuestro caso los llamamos *funciones ambientales esenciales para la vida*.

Quando se pierden los ecosistemas también se pierden las funciones ambientales

Actualmente asistimos a una crisis ambiental. Especies vegetales y animales desaparecen sin que las conozcamos, la atmósfera se calienta por el efecto invernadero, los glaciares y hielos se retraen, el agua no cumple su ciclo normal determinando sequías e inundaciones inusuales, etc.

Parecen problemas lejanos y fuera de nuestro alcance, pero están presentes en nuestra vida diaria, y muy relacionados a nuestro conocimiento y comportamiento sobre la naturaleza.

Actividad: *busque información sobre catástrofes ambientales locales o provinciales, como lo ocurrido el 15 de febrero de 2015 en Sierras Chicas de Córdoba.*

Dado que los ecosistemas naturales están en continua disminución, debido al avance de la frontera agropecuaria y la expansión urbana, obtenemos más productos y nuevos hábitats productivos, pero perdemos muchas de sus funciones ecológicas.

Es necesario diseñar, recuperar o descubrir agroecosistemas diversificados, productivos y estables, que cumplan funciones ambientales que estamos perdiendo, es decir, favorables a la vida y a nuestra supervivencia.

La relación con el medio, define nuestra cultura. Un viaje en el tiempo

La aparición del hombre se enmarcó en ecosistemas que lo sustentaban. Su cohesión social le facilitaba la subsistencia y aseguraba su reproducción. Con la trashumancia, accedió a ecosistemas donde los recursos abundaban para recolectar, cazar o pescar. Con la domesticación de animales empezó a aprovechar pastizales para obtener carne, sustituyendo la caza. Luego, domesticando especies vegetales, pudo hacerse más sedentario.

Los pueblos originarios de nuestra provincia emplearon diferentes fuentes de alimentación (caracoles, algarroba, guanacos, etc.) en distintas épocas, modificando su comportamiento y cultura a medida que encontraban diferentes ajustes al medio. La cultura incaica, que llegó al norte de nuestra provincia, es un ejemplo de domesticación de especies vegetales y animales (maíz, quinoa, zapallos, llamas, y muchas otras especies), esta riqueza no fue apreciada por el español, más atraído por el oro y la plata que podía extraer. Suprimió todas las culturas nativas y sus logros, perdiendo una riqueza mucho mayor que todos los metales que pudo sacar.

El español introdujo animales y vegetales de Europa, muchos animales se asilvestraron y fueron sustento para una nueva cultura: la del gaucho. La producción del ganado bovino y mular del área pampeana en Córdoba se enviaba en arreos al Alto Perú. Con la colonización de la pampa húmeda, los intercambios se reorientaron a la salida portuaria desde Buenos Aires. Mientras tanto, los territorios abiertos se fueron cercando, definiendo “estancias” donde los animales se criaban en base a pasturas naturales para la obtención de sebo, carne salada y cueros, orientados al mercado europeo.

Hacia finales del siglo XIX surgieron los primeros intentos de hacer agricultura, en planteos mixtos, acompañados con la introducción de alfalfas. Primero, con implementos de tracción animal y luego, alrededor de 1920, con tractores.

Con la crisis de 1930, y la disminución del intercambio comercial con el primer mundo, se desarrollaron cultivos para suplir productos que se importaban (vinos, azúcar, harinas, aceites, fibras y textiles) y se difundieron en todo el país, junto con las industrias correspondientes. A la vez de un crecimiento de las superficies cultivadas.

A mediados del siglo XX los sistemas eran ganaderos y mixtos, pero el mercado internacional y el desarrollo tecnológico se conjugaron para fomentar una agricultura creciente. Las innovaciones en semillas, maquinaria y agroquímicos, fueron definiendo un perfil netamente agrícola y se pierde el rol restaurador de la ganadería.

Entre 1960 y 1980 adquieren importancia las leguminosas, como el caso del maní en Córdoba y luego el de la soja en todo el país. El monocultivo se combinó con un sistema de laboreo inadecuado y originó serios problemas de degradación de suelos, lo que debió replantearse a través de la labranza conservacionista, que favoreció indirectamente un mayor uso de agroquímicos.

En 1980, se expande notoriamente el cultivo de soja y en 1990, aparece la Siembra Directa (SD) que acentuó aún más la agriculturización, el monocultivo y el uso de plaguicidas y fertilizantes. En 1996, aparecen variedades transgénicas de soja RR (resistente al herbicida glifosato) que se asocia a la SD y al herbicida glifosato y se forma un “paquete” tecnológico que avanzó sobre la mayoría de las actividades agropecuarias del país.

Años más tarde, se agregan los transgénicos de maíz llamados maíces Bt (*Bacillus thuringiensis*) y más tarde el maíz RR.

En esta brevísima “historia” de nuestros Agroecosistemas, podemos ver algunos rasgos característicos:

- El mercado internacional, impuso el uso de los recursos, según sus necesidades y prioridades, mediante una tecnología que priorizó la productividad y rentabilidad.
- Los ES naturales desaparecen sustituidos por AES cada vez más simplificados.
- No se consideran los efectos negativos sociales y ambientales.

En estos últimos 50 años, prevaleció la simplificación de los sistemas y el aumento de la tecnología de control de los AES con agroquímicos, genética y recientemente, con biotecnología (transgénicos). Si bien la producción aumentó considerablemente, también lo hicieron los problemas ambientales y sociales que trajeron esta concepción.

Nuestra relación con la tierra, que originalmente era íntima, nutritiva y sustentadora, tiene hoy un papel banalizado y utilitario. Sin embargo, nuestro comportamiento está encendiendo numerosas luces rojas y sólo nuestra conciencia de las heridas de la tierra, puede revertir la actual relación. No olvidemos que el hombre, “*es tierra que anda*”, como lo expresara Atahualpa Yupanqui.

La agroecología es un enfoque sistémico de la actividad agropecuaria, que propone INTEGRAR los aspectos ecológicos, sociales, culturales y económicos. Replantear la relación del hombre y su acción sobre la naturaleza, hacia una forma ingeniosa, creativa, responsable y sana. Necesitamos no sólo alimentos y bienes variados y sanos, sino también funciones ambientales vitales y devolver a la naturaleza su funcionalidad sustentadora.

LOS SISTEMAS ECOLÓGICOS

Un *sistema* es un conjunto de elementos cohesionado por complejas y variadas relaciones, que mantiene con el contexto, intercambios de todo tipo. Los *límites* de un sistema ecológico, enmarcan el espacio donde el sistema define y regula sus propias condiciones. Por ejemplo, el volumen encerrado entre las copas más altas y las raíces más profundas en una superficie dada de un bosque. Estos límites permiten identificar componentes que circulan entre el ecosistema y el medio circundante o *contexto*. Les llamaremos *entradas* y *salidas*.

Actividad:

- Dibuje un ecosistema (bosque) y sus límites.
- Reflexione y converse con sus compañeros y el profesor cuáles son las entradas y salidas del ecosistema dibujado.

Al identificar algunos elementos que entran y salen, comprenderá que no hay sistemas ecológicos cerrados y que por esta misma razón, hemos hablado de funciones ambientales de los ecosistemas. En los agroecosistemas podrá descubrir elementos similares a los del ecosistema, pero se agregan como entrada, los llamados **subsidios** que son elementos e intervenciones del hombre sobre el sistema y como salida, los **productos agropecuarios**.

COMPONENTES DEL ECOSISTEMA

Atmósfera: es el componente gaseoso del ecosistema, constituido por una mezcla de gases denominada aire (78% N₂, 21% O₂, 1% otros gases). Lo importante es que las *condiciones* de esta atmósfera, pueden ser bastante particulares y diferentes según el ecosistema o agroecosistema que se trate.

Actividad: *compare dentro y fuera del bosque, ¿qué pasa con la humedad relativa, la luz (a diferentes alturas), las temperaturas mínimas y máximas y los agentes erosivos como viento y lluvia? ¿a qué se deben las diferencias? Construya un cuadro comparativo con las respuestas.*

La actividad anterior, permitirá apreciar que el bosque tiene un microclima especial y particular que facilita la vida de los organismos presentes, contrarresta la acción de agentes erosivos y canaliza los recursos: radiación, agua y nutrientes a los organismos.

En algunos Agroecosistemas, se procura generar un microclima favorable a las especies presentes, regulando condiciones de circulación de vientos, rango de temperaturas, penetración de la luz, captación y pérdidas de agua y control de agentes erosivos. Particularmente en diversos diseños agroecológicos, estos aspectos son muy tenidos en cuenta.

Suelo: esta fracción del medio físico, es un conjunto de variados componentes. El proceso de formación de suelo acompaña a la sucesión del ecosistema. En este largo proceso, la roca sólida, se va fragmentando por factores físicos, químicos y biológicos. Los componentes son principalmente *partículas minerales* arena, limo y arcilla (que determinan la textura) y *agua* y *aire* que circulan por los

poros. Debemos sumar *sustancias orgánicas* que le dan valiosas propiedades físico-químicas (agregación, porosidad, retención de agua y nutrientes, etc.). Otros componentes bióticos son los organismos vivos del suelo.

La agroecología le da gran importancia al suelo ya que las relaciones suelo, agua, planta, regulan no solo la productividad vegetal sino también su sanidad. Incluye por ello, distintas prácticas conservacionistas para mantener una calidad física, química y biológica de los suelos.

La agroecología propone un laboreo conservacionista, aportes de materia orgánica suficiente y variada, un enraizamiento abundante, una fuerte actividad biológica del suelo y una adecuada disponibilidad de nutrientes, aire y agua.

Actividad: realice observaciones y ensayos (*infiltración, materia orgánica y estabilidad estructural*) para diferenciar las características de un suelo de bosque y de un lote agrícola.

Componentes bióticos: en ecosistemas naturales conforman una *comunidad* donde la diversidad de organismos es la máxima posible para ese ambiente.

Las especies presentes han logrado una perfecta adaptación al medio físico circundante y están también “integradas” al medio biológico, con el que establecen relaciones de todo tipo.

Si bien estas relaciones pueden significar un perjuicio o beneficio para algunas poblaciones, el efecto global es un beneficio para todas las poblaciones porque al ocurrir simultáneamente y en un medio interconectado, evitan que cualquier población se imponga sobre el resto o que alguna desaparezca. Lográndose así la *estabilidad* de las poblaciones presentes.

Cuando se diseña un **agroecosistema**, generalmente se reducen las poblaciones vegetales presentes sólo a las que tienen propósito productivo, sean forrajes o cultivos. Como el hábitat generado posee una oferta de recursos disponibles para otras especies vegetales, aparece lo que llamamos “malezas”.

En relación a los consumidores, aparecerán organismos que se alimentan de los cultivos o forrajes, entonces tenemos “plagas” y “patógenos” (microorganismos que causan enfermedades en plantas

o animales) que disminuyen los rendimientos. Afortunadamente, aparecen también, organismos que se alimentan de plagas a los que denominamos “*controladores*” biológicos.

La agroecología propone sistemas suficientemente diversos, que utilicen integralmente los recursos (suelo, agua, radiación).

Esta misma diversidad, es útil para sostener la presencia de controladores que regulen, a un nivel aceptable, las poblaciones plaga. Además de esto, utiliza especies cultivadas seleccionadas por su resistencia o tolerancia a condiciones físicas o biológicas. Pero NO a través de transgénicos, por los riesgos ambientales y para la salud humana que significan.

PROCESOS DINÁMICOS EN ECOSISTEMAS NATURALES Y AGROECOSISTEMAS

La tierra es un sistema abierto a la **energía (E)**, continuamente, recibe **energía lumínica** desde el sol y libera **energía calórica** al espacio. Por ello, la energía constituye un **flujo**.

La **energía solar** es el motor que da movimiento a todos los procesos de los ecosistemas y agroecosistemas. Determina las temperaturas de la atmósfera y suelos, el movimiento de masas de aire, el ciclo del agua, la circulación de nutrientes y la vida de todos los organismos.

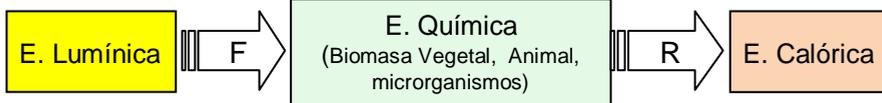
La **materia** en cambio, cumple un *ciclo*. Se encuentra en forma de moléculas simples, inorgánicas (gaseosas, líquidas o sólidas) en atmósfera y suelo (H_2O , O_2 , CO_2 y nutrientes), que los vegetales incorporan para sintetizar moléculas orgánicas complejas y sirven de alimento a consumidores. Finalmente, la materia orgánica muerta es procesada por *descomponedores* que la degradan a formas simples, inorgánicas que vuelven al medio abiótico, reiniciando el ciclo.

El **agua** también cumple un ciclo. Está presente en el medio abiótico (atmósfera y suelo) y su ingreso a los organismos vivos es esencial ya que los hidrata e interviene en todos sus procesos metabólicos.

Los nutrientes, elementos químicos necesarios para la nutrición de los seres vivos, tienen ciclos particulares y son indispensables para formar distintas moléculas orgánicas y facilitar procesos metabólicos.

La relación entre las distintas formas de energía y la materia

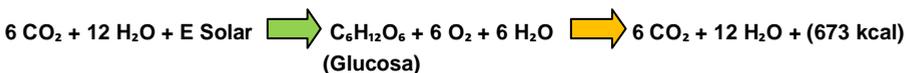
Para comprender esta relación debemos diferenciar 3 estados de la energía (lumínica, química y calórica) y dos procesos que median entre estos: fotosíntesis (F) y respiración (R).



La energía es un flujo unidireccional, desde la forma más concentrada de energía (luz recibida desde el espacio) hasta una más desorganizada (calor) que se libera nuevamente al espacio. La **energía química**, está contenida en todos los organismos y sus restos (materia orgánica). Cualquier material orgánico que se quema u oxida, libera su energía química contenida como calor.

El paso inicial lo dan los vegetales mediante la *fotosíntesis*. Para ello sólo necesitan CO₂, agua y E. solar (673 kcal). Esa energía es empleada para la síntesis de la *glucosa* un azúcar de 6 carbonos cuyos enlaces contienen esas 673 kcal, liberando oxígeno y agua.

La molécula de glucosa no es permanente. Se puede romper por el proceso de *respiración* y liberar la energía contenida en sus enlaces. La reacción desarrollada representa primero la fotosíntesis y luego la *respiración* de la glucosa, proceso que consume O₂ y que libera su energía.



Actividad: identifique en la ecuación, los componentes incluidos e investigue o consulte **cómo entran** o **salen** de la planta.

Sin embargo una planta no es sólo glucosa, sino distintas sustancias o compuestos orgánicos (hidratos de carbono, proteínas y lípidos).

¿Como hace la planta para formarlos?

Es simple, primero fabrica glucosa y luego la respira y con esa energía elabora distintas moléculas orgánicas.

En la Figura 1, un conjunto de duendes están haciendo este trabajo. Uno de ellos recoge **glucosa** formada en las hojas por la fotosíntesis, captando energía solar y empleando H₂O y CO₂. Esa glucosa se lleva a un **respirador de glucosa**, que toma O₂ (contenido en el

agua), libera CO_2 a la atmósfera y la energía contenida en los enlaces de la glucosa. La línea de alta tensión conduce la energía a un segundo dispositivo que es una

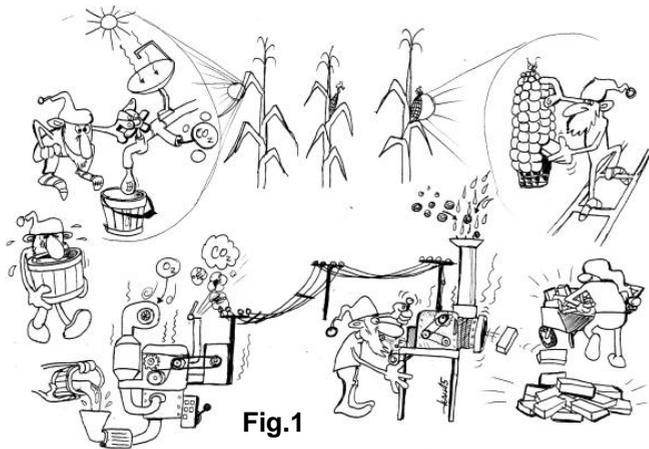


Fig.1

sintetizadora de moléculas orgánicas. Con esa energía y adicionando nutrientes y agua, fabrica diferentes moléculas donde queda almacenada la E. química (proteínas, celulosa, lignina, ceras, lípidos, almidón, aminoácidos, etc.). Finalmente, otro duende transporta esas moléculas a otro que las está incorporando a la biomasa de la planta.

En este arduo trabajo, toda la E. química capturada en la fotosíntesis se transformó en E. química contenida en las moléculas orgánicas de toda la biomasa de la planta y algo de calor liberado en el proceso.

El valor de E. química en la biomasa es casi una constante, aproximadamente, **4 kcal/gramo** de materia seca. En la biomasa animal, las grasas llegan a **7,5 kcal/gramo** de materia seca.

Actividad: coloque en la figura 1, los nombres correspondientes a elementos y procesos representados en la misma.

Si se oxida o **respira** una molécula de glucosa, **no** se pueden sintetizar moléculas orgánicas por el mismo valor de energía, porque en cada reacción metabólica hay una liberación de energía calórica hacia el medio, al respirar se emite calor.

Si la planta no sintetiza suficiente glucosa (ej. defoliación por granizo, orugas, pastoreo, etc.) y necesita energía no le queda otro remedio que respirar otras sustancias. Por ello, muchas plantas sortean momentos difíciles, apelando a “reservas” almacenadas.

Un **ecosistema** es un depósito increíblemente grande de E. química, carbono y nutrientes, acumulados durante muchos años (recuerde los anillos de crecimiento de los árboles o la edad de los

animales). Todo el carbono incorporado a la biomasa del bosque, fue tomado de la atmosfera y fijado en las moléculas orgánicas (junto con nutrientes). Si ese bosque se quema o tala para leña o carbón, la E contenida se libera como calor y el todo el C volverá a la atmósfera como CO₂ (contribuyendo al calentamiento global).

El flujo de energía en la cadena trófica

En los ecosistemas la energía lumínica es convertida en energía química por la fotosíntesis, se traslada como energía química a través de la cadena trófica, pero simultáneamente, se libera al espacio como energía calórica, por la respiración de cada uno de los organismos que intervienen, incluidos los descomponedores.

Los organismos que componen la **cadena trófica**, se ordenan por vinculos alimentarios, en varios niveles. El primer nivel lo constituyen los *productores* o vegetales que son los únicos autótrofos. En el segundo nivel, los *consumidores primarios* o herbívoros que consumen biomasa vegetal y finalmente, un tercer nivel con los *consumidores secundarios* o carnívoros que se alimentan de la biomasa de herbívoros o de otros carnívoros. La cadena de descomponedores, en cambio, se abastece de materia orgánica muerta, tanto vegetal como animal. Aprovechan para sí, algo de energía y nutrientes y descomponen todas las moléculas orgánicas, liberando E como calor y elementos químicos simples, inorgánicos.

Flujo de Energía en la cadena trófica
 proporciones citadas por Begon, Harper y Tonwsend
 (se represento un Consumo de 100% para mayor
 visibilidad)

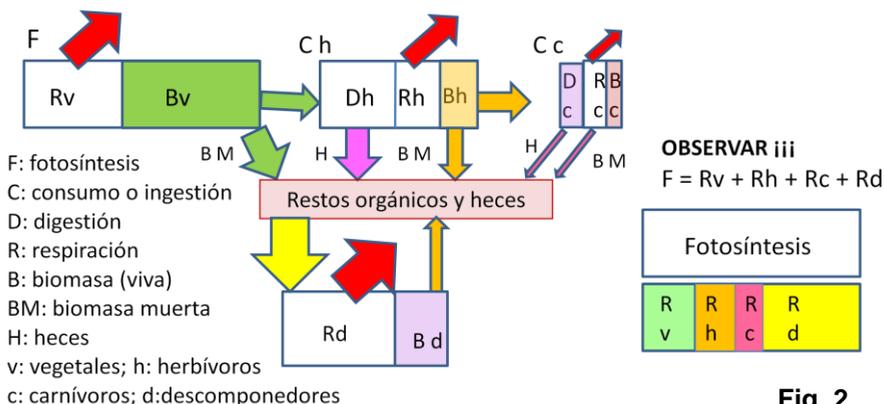


Fig. 2

En la Figura 2, se representa la E en los distintos niveles tróficos, con recuadros. Los vegetales fotosintetizan (F), respiran (R) y forman su biomasa (B). Una parte de esa biomasa es tomada por los herbívoros mediante el consumo (C) y el resto pasa a los descomponedores. En el nivel trófico siguiente, la biomasa consumida es digerida por un herbívoro que desecha con heces lo que no aprovecha. Lo asimilado se distribuye en respiración y biomasa animal que, en parte, usarán los carnívoros y el resto irá a descomponedores. Algo similar ocurre en los carnívoros.

Las flechas rojas, representan la salida de E. calórica en cada nivel trófico, por los procesos respiratorios. Si sumamos las flechitas rojas en toda la cadena, tendremos un valor igual a la energía fijada por fotosíntesis (F).

Cuando se pasa de un nivel trófico a otro, hay cada vez menos biomasa disponible como alimento. Esto se conoce como *ley del diezmo*, porque de un nivel trófico a otro sólo pasa un 10 % de la energía disponible. Hacia el final de la cadena, ya casi no hay energía para otros consumidores y la cadena se interrumpe.

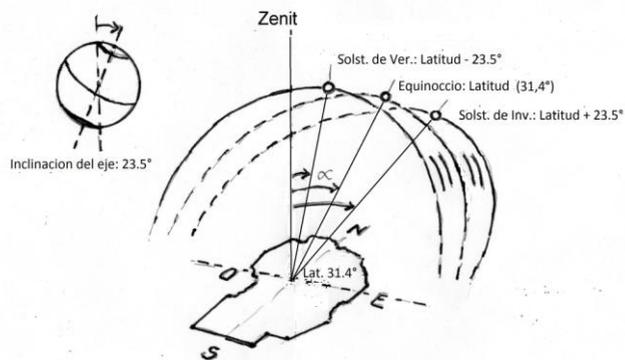
Los herbívoros consumen un 5 a 25% de la biomasa vegetal, los carnívoros, pueden consumir 50 a 90% de la biomasa de herbívoros.

La energía en ES y AES

Cada punto de la superficie terrestre recibe distinta cantidad de E. solar de acuerdo a su latitud (Figura 3). Las regiones ecuatoriales

son las que mayor energía reciben y los polos, las menores.

Cada lugar, además, sufre las variaciones dadas por las diferencias estacionales y el movimiento de rotación terrestre.



Inclinación solar sobre el área central de Córdoba en distintas épocas del año

Fig. 3

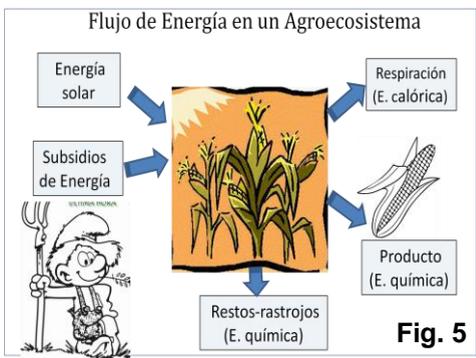
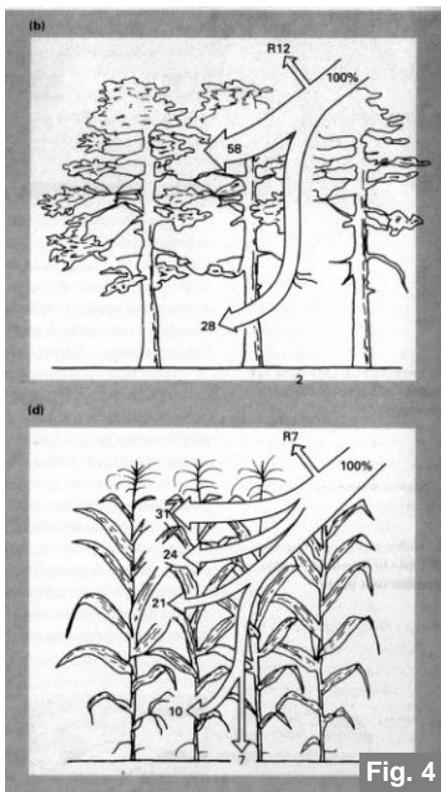
Actividad: coloque una estaca vertical y cuando la sombra se proyecte sobre el suelo, mida la longitud de la sombra o sea la inclinación con que llegan los rayos en distintas horas del día y en distintas estaciones del año.

La energía lumínica, al atravesar la atmósfera, pierde más de la mitad de su valor por absorción y reflexión. Cuando llega a la masa vegetal va disminuyendo al ser interceptada por las hojas (Fig.4). La energía fijada por fotosíntesis en la superficie terrestre, promedia un 1 a 2% del flujo recibido.

Un bosque maduro tiene la máxima biomasa posible en ese lugar. Como esta biomasa se mantiene constante año tras año, podemos deducir que las cantidades de energía ingresadas por fotosíntesis y liberadas por respiración son iguales.

En un Agroecosistema ocurre algo totalmente diferente. Como es un sistema sumamente simplificado, cuyo objetivo es producir (generar E. química contenida en granos, fibras, carne, leche, huevos, etc.), la fotosíntesis debe ser superior a la respiración.

La figura 5, muestra los *subsídios de energía*, o acciones humanas para conducir la energía a las especies de interés económico y mantener al sistema como lo queremos;



estas son intervenciones como arar, sembrar, cosechar, controlar malezas y plagas, fertilizar, etc.

¿Por qué en un bosque, se percibe una gran cantidad de biomasa vegetal, menos biomasa de herbívoros y menos aún de carnívoros?

Las poblaciones de un ES se relacionan formando una *Red o Trama trófica*, donde cada organismo, se vincula a su fuente de alimento y a sus consumidores.

En la figura 6 se observa, que los vegetales pueden alimentar a varias especies herbívoras. Un árbol por ejemplo alimenta distintas especies con sus raíces, su madera, hojas, néctar o semillas.

Con los herbívoros pasa algo parecido, pueden abastecer distintos parásitos y ser alimento de varios carnívoros.

Recuerde que los restos o materia orgánica muerta, es alimento de una red trófica de descomponedores.

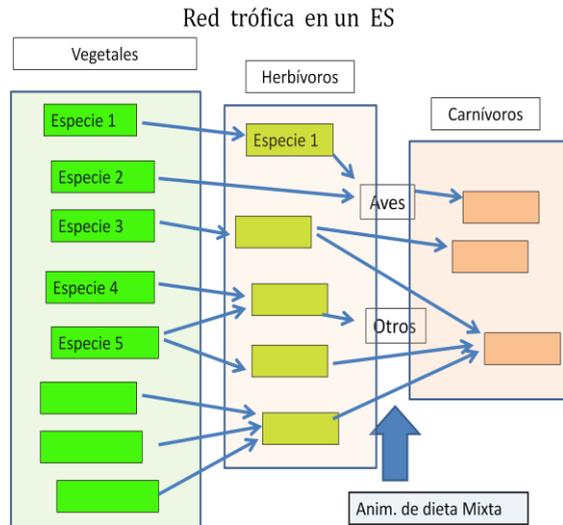


Fig. 6

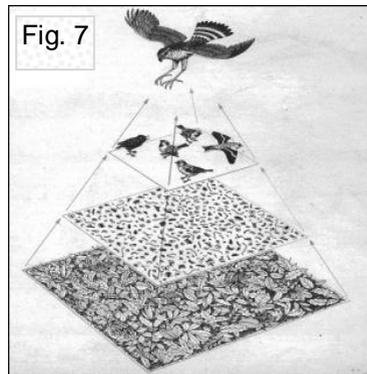
Actividad: en grupos, construir la red trófica de un bosque autóctono, citen las especies conocidas y el tipo de alimento que consumen. Identificar especies de dieta mixta.

¿Qué estrategias desarrollan las diferentes especies para no ser consumidas?

Los organismos involucrados en la red trófica de un sistema, han desarrollado en su evolución, distintas estrategias para “obtener” su alimento o para defenderse. Por ejemplo a nivel vegetal: cáscaras duras, sabor amargo, espinas, ceras, pelos urticantes, etc. A nivel de los animales sentidos agudos, capacidad de huida o lucha, mimetismo, hibernación, etc.

Todos estos mecanismos sumados a los controles interpopulacionales, aseguran que ninguna especie desaparezca y que la biomasa de cada nivel trófico esté siempre presente.

Si se grafica la energía disponible en cada uno de los niveles tróficos, veremos que se forma una *pirámide trófica*. La diferencia entre los distintos peldaños se debe a la biomasa que no fue utilizada y a las pérdidas respiratorias de cada nivel (Figura 7).



Los **vegetales** fijan aproximadamente 1% de la E. solar incidente (por ejemplo 3000 Kcal). Pero respiran un 30% (unas 1000 Kcal) de la E. fijada. La diferencia (unas 2000 Kcal) queda como biomasa disponible para los herbívoros.

Los **herbívoros** consumen vegetales para obtener E y nutrientes. Pero sólo comen una parte del vegetal, de lo que consumen, desecha como heces, un 40 a 60%. La diferencia es



energía *asimilada* que les sirve para sostener su metabolismo, que es mayor al de los vegetales, (respiran 50 a 60% del valor asimilado) y con el resto, acumulan biomasa (Figura 8).

Los **carnívoros**, consumen casi completamente a su presa y tienen mayor eficiencia para asimilar la energía y nutrientes. A diferencia de los herbívoros, tienen gran desgaste respiratorio (90-95%), no solo por un metabolismo más activo sino porque desarrollan actividades que demandan gran cantidad de energía (buscar y cazar presas). Por ello, a este nivel, la acumulación de biomasa es mínima (Figura 9).



En los AES actuales, hay una o pocas especies vegetales (por ej. lote de maíz o alfalfa) y “malezas” que compiten con los cultivos o pasturas. En el segundo nivel trófico se encuentran los herbívoros que pueden ser vacas, ovejas y/o “plagas” que también se alimentan

de cultivos o pasturas (liebre, loros, insectos). Los carnívoros mayores, son raros, pero hay insectos carnívoros que pueden alimentarse de insectos-plaga. Estos son beneficiosos y se denominan **controladores naturales** (arañas, juanitas, vaquitas).

La agroecología propone sistemas mixtos (diversidad de productores-diversidad de consumidores) para generar una trama trófica compleja, lo que contrarresta malezas y reduce la acción de plagas. Esto también favorece la presencia de controladores ahorrando los “subsidios de energía” destinados a su control.

Ciclo de nutrientes

Un tercio de los **elementos químicos** presentes en la biosfera son esenciales para los seres vivos (Ver figura 10).

Estos elementos circulan entre los componentes bióticos y abióticos de los sistemas ecológicos, desarrollando ciclos particulares. Algunos llegan a los componentes bióticos, desde la atmósfera, como los de *ciclo gaseoso*

(O, N, C) formando parte alternativamente de distintas moléculas (orgánicas e inorgánicas) circulando entre suelo, atmósfera y organismos.

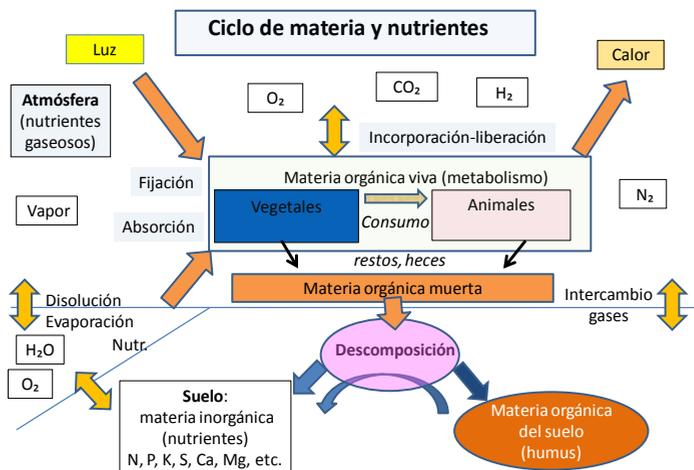


Fig. 10

En cambio otros ingresan a los vegetales desde el suelo, con ayuda del agua, como los de *ciclo sedimentario* (Ca, P, K, Fe, Mg, etc.).

Los nutrientes tomados por la vegetación, circulan luego por la cadena trófica nutriendo a los consumidores. Algunos quedan retenidos en componentes estructurales mucho tiempo (madera,

huesos, etc.). Los nutrientes incluidos en *desechos y restos orgánicos*, tarde o temprano, se liberan al medio.

Una clasificación muy conocida diferencia **macronutrientes** (N, P, K, O, C, etc.), **mesonutrientes** (Ca, Fe, Mg, S, etc.) y **micronutrientes** (Bo, Zn, Mn, etc.) según las cantidades que necesitan los vegetales. Aún cuando un elemento se use en pequeña cantidad, no significa que no sea importante y esencial. Su carencia siempre reduce la producción.

En los ES, las entradas y salidas de nutrientes están balanceadas y equilibradas y una gran cantidad de nutrientes están fijados a la biomasa vegetal-animal, a restos orgánicos y al humus, lo que evita su pérdida.

En los AES, los nutrientes están más expuestos a pérdidas. El ciclo no es perfecto ni balanceado, por la salida continua de nutrientes contenidos en los productos y hay una tendencia al agotamiento, aún cuando se repongan nutrientes con fertilizantes inorgánicos.

La agroecología intenta balancear el ciclo de nutrientes a través de distintas estrategias. Evitando las pérdidas por erosión, procurando que los nutrientes estén incorporados a la biomasa viva o a la materia orgánica en el suelo. Procura favorecer la fijación biológica mediante microorganismos que viven en el suelo. Utilizando especies con sistemas radiculares que exploran distintas profundidades. Y finalmente, por un reciclado de los residuos, empleando fertilizantes orgánicos.

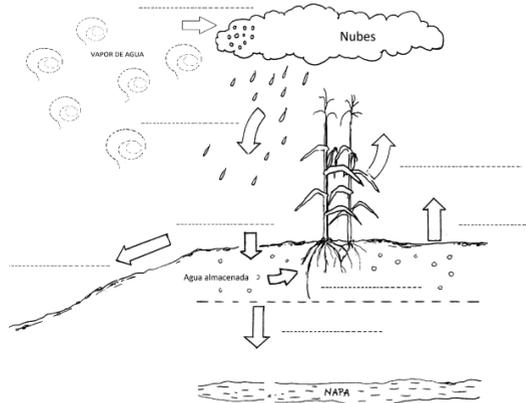
Ciclo del agua

El vapor de agua, a cierta altura y ante determinadas condiciones, se *condensa* en pequeñísimas gotas y forma nubes. Si estas gotas crecen, comienza la **precipitación**. El agua que cae, **infiltra** en el suelo, pero si es lenta, se produce el **escurrimiento** superficial hacia zonas más bajas. El agua infiltrada, se **retiene** o almacena en poros medios y pequeños del suelo, el resto, sigue profundizando más allá de las raíces (*percolación*) hasta alcanzar las napas. El agua almacenada asciende por capilaridad y se **evapora** o bien, las raíces la **absorben**, la incorporan en sus tejidos y la liberan a la atmósfera por **transpiración**. El suelo, para captar la lluvia, debe ser poroso, si no, se pierde agua y partículas minerales por escurrimiento (erosión).

El agua transporta nutrientes y oxígeno, que sólo de esa manera entran a la planta. El agua al condensarse o evaporarse libera o capta calor, por lo tanto regula las temperaturas de la atmósfera (microclima).

Actividad propuesta:

- ☀ *Coloque el nombre a cada uno de los flujos del siguiente dibujo.*
- ☀ *¿Cuáles son los flujos de agua que favorecen el crecimiento de los vegetales y por qué?*



Un ES equilibrado, trata que la mayor cantidad de agua pase por sus componentes bióticos. Tiene un suelo protegido de las gotas por follaje y mantillo, tiene excelente infiltración y almacenamiento gracias a un suelo profundo, poroso y orgánico. Escasa evaporación, por la cobertura del suelo y abastece a varias especies vegetales, con raíces a distintas profundidades. La salida del agua por transpiración refresca la atmósfera.

En los AES, estos procesos pueden verse afectados si el suelo está *sin cobertura* ya que recibe el golpe de las gotas y se *plancha*. Si ha perdido porosidad, infiltra lentamente lo que favorece escurrimiento y erosión. El agua almacenada, es menor y las pérdidas por evaporación, son mayores. Se abastece a raíces que exploran el suelo a igual profundidad y si los poros son muy pequeños, no ceden el agua a las plantas, estas se marchitan y no reciben nutrientes, ni O₂.

Actividad: *relacione estas condiciones de suelo de los AES, con problemas de sequía o de inundación.*

La agroecología promueve suelos cubiertos en forma permanente con vegetación o restos para evitar el golpe de las gotas y reducir la evaporación. Además, mantener un suelo de buena calidad para que pueda absorber, retener el agua de lluvia, evitar la erosión y en algunos casos, permitir la absorción por los cultivos presentes. con raíces a distintas profundidades.

PRÁCTICAS AGROECOLÓGICAS

Liliana Pietrarelli

Los AES actuales se caracterizan por su simplificación productiva y la pérdida de las funciones ecológicas de regulación que lo alejan de una condición sustentable. A través de un proceso de transición agroecológica se puede diseñar y manejar AES sanos. Este proceso no se logra de un día para otro sino que se deben plantear una serie de etapas.

En primer lugar, reducir el uso de insumos industriales, luego sustituirlos por insumos orgánicos y por último, la etapa más desafiante, que implica rediseñar el sistema productivo para restablecer las funciones ecológicas de regulación. Cuando hablamos de estas funciones hacemos referencia a garantizar procesos que aseguren la estabilidad del sistema productivo. Entre ellos, un ciclo de la materia que permita un constante aporte de materia orgánica para garantizar la cobertura del suelo, la actividad biológica de los organismos edáficos y la disponibilidad de nutrientes; cadenas tróficas complejas que permitan la autorregulación de poblaciones posibilitando el control natural de fitófagos, fuente de alimento y hospedaje para especies benéficas y polinizadores para la reproducción de diferentes especies vegetales.

Los agroecólogos sostienen que el daño causado por el modelo productivo basado en el monocultivo y el uso de insumos industriales, puede ser reparado restableciendo la homeostasis del sistema por medio del incremento de la biodiversidad y del mejoramiento de las condiciones biofísicas y químicas del suelo.

En la Figura 11 se puede observar que para el logro de un agroecosistema sano, se deben asegurar ciertas condiciones; esto es posible si se realizan prácticas agroecológicas encuadradas en el manejo del suelo y de la biodiversidad.

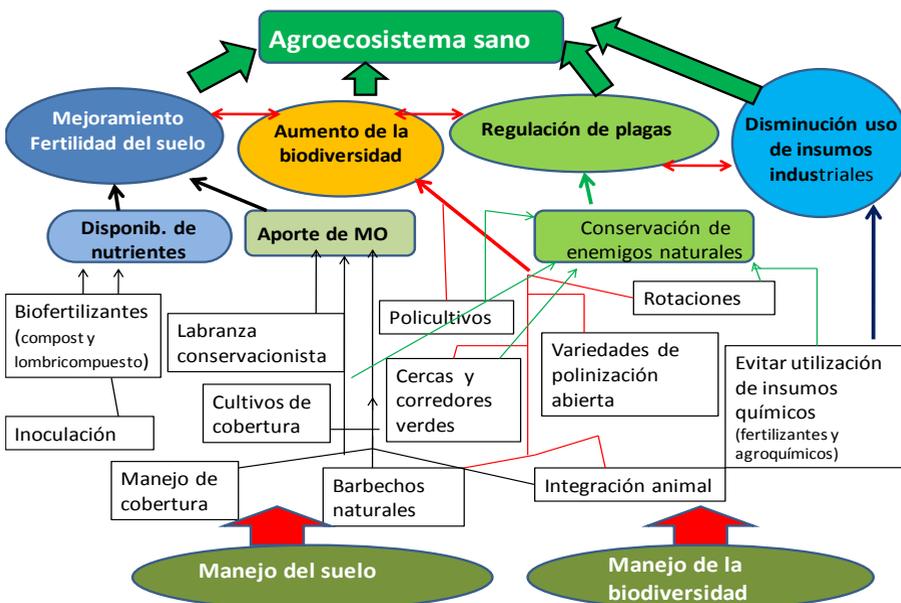


Fig. 11

Estas prácticas tienen un rol fundamental en la restauración de las funciones ecológicas de regulación. Esta es la base del diseño de un AES cuya estructura y funcionamiento se asemeje a un ES y por lo tanto sea sustentable (Figura 12).

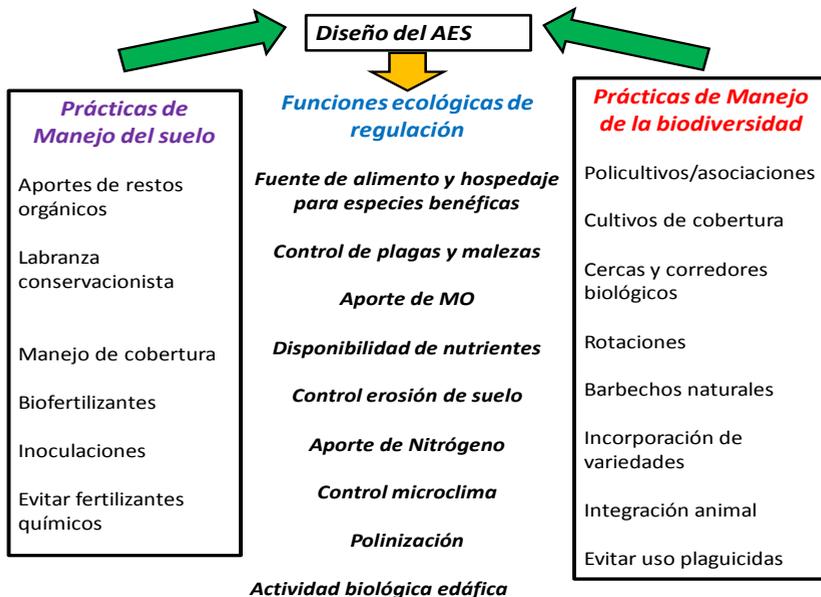


Fig. 12

Nuestra experiencia en prácticas agroecológicas en Lozada

El trabajo se centró en la evaluación y difusión de distintas prácticas agroecológicas con el objetivo de revertir la degradación de recursos asociada al monocultivo, manteniendo los niveles de productividad habituales, sin incrementar los costos.

Las prácticas se adaptaron a la tecnología de los productores. Este planteo no buscó una conversión inmediata de los sistemas productivos, sino la incorporación gradual de prácticas para atenuar los procesos degradativos. Otra característica de la experiencia fue desarrollar parcelas de experimentación en establecimientos familiares de la zona y procurar la máxima participación del productor como facilitador y ejecutor de las actividades. El propósito general fue el aumento de la biodiversidad del sistema y la incorporación de la fertilización orgánica.

Durante 10 años (2005-2014), en tres campos ubicados en la zona rural de la localidad de Lozada (Córdoba) se llevaron a cabo trabajos experimentales en parcelas permanentes de 0,7 hectáreas cada una. Cada área experimental contenía cuatro tratamientos principales:

1. soja – CC – soja (monocultivo con CC)
2. soja – barbecho químico – soja (monocultivo sin CC)
3. soja – CC – maíz (rotación con CC)
4. soja – barbecho químico – maíz (rotación sin CC)

La fertilización orgánica se incluyó como subparcelas, de los tratamientos con CC. El tamaño de las parcelas permitió aplicar técnicas de siembra, controles y cosecha, que habituales en un lote. En el CC invernal se utilizó una mezcla de una gramínea (trigo, triticale o cebada) con una leguminosa (*Vicia dasycarpa* o *V. sativa*) inoculada con *Rhizobium leguminosarum*. La rotación implementada fue de maíz-soja, empleando variedades de maíz de polinización abierta. La fertilización orgánica se realizó incorporando al suelo lombricompostado parcialmente deshidratado.

Las prácticas de **manejo de la biodiversidad** tienen como objetivo incrementar el número de especies vegetales y animales presentes en el sistema. La diversificación está asociada a diferentes funciones ecológicas (Figura 11) como el control de plagas y malezas, fuente de alimento y hospedaje para especies benéficas, el reciclado óptimo de nutrientes, la conservación del agua y suelo, la conservación de la energía y la reproducción de poblaciones vegetales (polinización).

Las prácticas de **manejo de suelo** están destinadas a mejorar la calidad del suelo, esencialmente las propiedades fisicoquímicas y biológicas que influyen en el desarrollo de los cultivos. Están asociadas a las funciones de control de erosión, aporte y descomposición de materia orgánica, retención de nutrientes y actividad biológica edáfica (Figura 12).

Se debe considerar que algunas prácticas tienen influencia tanto en el aumento de la diversidad productiva como en el mejoramiento de la fertilidad del suelo.

Para comprender la relación entre prácticas agroecológicas y su influencia en las funciones ecológicas de regulación, tomaremos el ejemplo de la asociación entre *la diversificación vegetal y el control natural de fitófagos*.

¿Cuáles son las bases ecológicas para comprender esta asociación?

La diversidad es una medida de la complejidad del sistema. Los sistemas diversificados favorecen complejas cadenas tróficas que suponen más conexiones e interacciones potenciales entre sus miembros, así como muchas vías alternativas de flujo de energía y materia. Conforme se incrementa la diversidad, aumentan las oportunidades de coexistencia e interacciones beneficiosas entre especies que pueden mejorar la sostenibilidad del sistema.

Esto explica la mayor abundancia de controladores o enemigos naturales (EN) en sistemas diversificados, porque al ser ambientes más complejos hay una mayor diversidad de hábitat para refugio y oferta de gran variedad de alimentos para depredadores y parasitoides adultos que garantizan su permanencia.

Por otro lado, las poblaciones de herbívoros (plagas) se encuentran atraídas cuando el recurso está concentrado (monocultivo). Esto significa que a la plaga le resulta más fácil encontrar el alimento.

En consecuencia, si se disminuye la concentración del recurso alimenticio combinando plantas hospederas, con plantas no hospederas, más difícil será para el fitófago localizar su alimento.

Los sistemas de cultivo más diversificados generalmente contienen determinados recursos específicos para los controladores o enemigos naturales proporcionando:

- 1) hospederos/presa alternativos en los momentos de escasez del fitófago plaga*
- 2) alimento (polen y néctar) para parasitoides adultos y depredadores*
- 3) refugios para hibernación, nidación y otras fases*
- 4) poblaciones aceptables de fitófagos para asegurar la supervivencia continúa de insectos beneficiosos.*

¿Qué prácticas se pueden utilizar para aumentar la diversidad?

La diversidad puede ser aumentada en el tiempo a través de prácticas como las rotaciones y secuenciación de cultivos; en el espacio en forma de policultivos, cultivos de cobertura, corredores o franjas multidiversas, agroforestería, integración de cultivos con ganadería y manejo de la vegetación adyacente a la zona cultivada (Figura 12).

¿Qué prácticas se pueden utilizar para mejorar la fertilidad del suelo?

La fertilidad del suelo puede ser mejorada a través de acciones que:

- a) mantengan la cobertura del suelo como labranza conservacionista, cultivos de cobertura, aplicación de materia orgánica y rastrojos.
- b) utilicen especies con diferentes requerimientos nutricionales y zonas de exploración del perfil del suelo, a través de prácticas como rotaciones y policultivos.
- c) potencien la actividad biológica a través de la utilización de biofertilizantes como: compost, lombricompost, inoculantes.

A continuación desarrollaremos una serie de prácticas agroecológicas, muchas de las cuales han sido experimentadas por nuestro grupo de investigación. El objetivo es desarrollar el

fundamento de cada una de ellas, los efectos de las mismas en las funciones ecológicas de regulación y aportar al análisis y reflexión de su implementación en el diseño de AES sanos.

Policultivos

Son sistemas en que dos o más cultivos se establecen simultáneamente y lo suficientemente juntos para que se produzca la máxima complementariedad de las especies en la mezcla. Entre las ventajas potenciales de un policultivo tenemos: disminución de la población de las plagas de insectos, la supresión de malezas por el sombreado de diferentes estratos o por alelopatías, el uso más eficiente de los nutrientes del suelo y la mejora de productividad por unidad de superficie.

El manejo del policultivo consiste básicamente en el diseño de combinaciones espaciales y temporales de cultivos en un área.

Algunos ejemplos se muestran en la figura 13, como la combinación de: soja/maíz; sorgo/maní, maíz/poroto/zapallo.



Fig. 13

Franjas, corredores biológicos y vegetación circundante al agroecosistema

Para incrementar la abundancia y eficiencia de EN se pueden plantear prácticas que permitan mantener en el espacio de cultivos, áreas que contengan gran diversidad de especies que sirvan como zonas de refugio y reproducción y que provean de polen y néctar para atraer a los controladores naturales. Estas áreas se pueden ubicar al margen del cultivo actuando como un *cercos*, o en franjas que se disponen paralelas a las líneas de cultivo y pueden ser colocadas a determinados intervalos del mismo, para favorecer en toda la superficie cultivada, las poblaciones de EN. Estas franjas pueden ser trabajadas con especies implantadas o también se pueden manejar con vegetación natural que servirían como zonas de

refugio y/o centro de dispersión de enemigos naturales, favoreciendo la diversidad de insectos benéficos y reduciendo la incidencia de plagas.

A una escala predial y zonal se pueden diseñar *corredores biológicos* de 5 m de ancho por 300 m de longitud, sembrados con muchas especies cuyos períodos de floración sean secuenciales. Estas áreas tienen desde su borde, una influencia de 30 a 40 m. Un corredor puede enlazar varios cultivos y vegetación forestal, creando una red que permita a muchas especies de insectos benéficos dispersarse a través de una región agrícola más allá de los límites del sistema productivo.

También cobra importancia, la vegetación establecida alrededor del campo cultivado, porque puede proporcionar recursos que no están a disposición de los insectos benéficos en el hábitat del cultivo. Generalmente la vegetación circundante, contiene una comunidad de insectos más rica que los campos de cultivos adyacentes y puede favorecer la permanencia de poblaciones de controladores hasta una distancia aproximada de 3 a 10 veces su altura a favor del viento.



Foto de franjas y corredores biológicos. Tomados de Altieri y Nicholls (2010)

Actividad: utilizar una parcela combinando diferentes tipos de cultivos (policultivos) y otras con los mismos cultivos en forma separada. Evaluar comparativamente rendimientos y crecimiento de la parte área de cada cultivo en las dos situaciones.

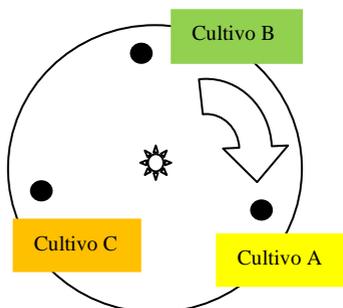
ROTACIÓN DE CULTIVOS

Héctor Leguía

Es una de las prácticas conservacionistas más conocidas y valoradas, porque brinda múltiples beneficios al suelo y al sistema. El **monocultivo**, no es ecológicamente sustentable, porque a medida que se repite un mismo cultivo, hay una disminución gradual de los rendimientos por problemas relacionados con la condición del suelo y el aumento de plagas y enfermedades.

La palabra **rotación** recuerda al movimiento físico de una rueda. En el dibujo inferior se muestra una rueda, con 3 cultivos diferentes señalados con un punto negro, que circula sobre un eje de tiempo.

Actividad: imagine, que hace girar la rueda sobre el eje temporal, en sentido horario. Recuerde que estos cultivos se realizan **en el mismo lote**, en años diferentes. Emplee un cultivo estival por año.



¿Qué cultivo corresponde a cada año?

(Anote el cultivo para cada año)

¿Qué cultivo corresponde al año 4?

¿Qué ocurre, si sigue girando la rueda?

Años	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4
Cultivos				

Esto es común en el área central de Córdoba, aunque hay casos en que se pueden realizar dos cultivos en un año (doble cultivo). Salvo en hortalizas, donde se cultivan especies de ciclo muy corto, puede haber más de dos cultivos por año.

Veremos **cómo analizar** estos casos, con un ejemplo práctico:

En el centro de Córdoba es común usar la secuencia Trigo-Soja que podría repetirse varios años. Esta secuencia de cultivos, cuando se repite a largo plazo, genera los mismos efectos negativos que un doble monocultivo debido a la alta extracción de nutrientes. Una técnica exitosa en la pampa húmeda, puede ser negativa en la zona extra pampeana.

Año 1		Año 2		Año 3	
Trigo	Soja	Trigo	Soja	Trigo	Soja

Observe en el año 1, 2 y 3 se repiten el trigo en otoño-invierno y lo mismo ocurre la soja en primavera-verano, es como un **doblo monocultivo** porque se duplican los efectos negativos. Distinto sería usar el trigo como cultivo de cobertura.

Beneficios ecológicos de las rotaciones

La alternancia de cultivos diferentes, en un lote brinda varios beneficios, entre ellos:

- *cambia el uso de los nutrientes utilizados por los cultivos, evitando el agotamiento por extracción repetida.*
- *varía la exploración del suelo por la raíces, en cuanto a la profundidad y también la “morfología” de la raíz de cada especie.*
- *cambia el aporte de rastrojos al lote y el efecto de sus raíces.*
- *permite incluir especies que fijan N a través de bacterias fijadoras que se alojan dentro de la raíz o en su periferia.*
- *alterna el vegetal hospedante ante aquellas plagas o patógenos que se instalan en el lote, reduciendo su proliferación.*
- *reduce la incidencia de malezas.*

¿Qué especies podríamos incluir en las rotaciones?

En general, cuanto mayor es la diferencia entre las especies incluidas, mayor es el beneficio de la rotación.

El cuadro inferior muestra diferentes cultivos anuales utilizados en la zona central del país, en las columnas se han diferenciado los cultivos de ciclo invierno-primaveral y los de ciclo primavero-estivo-otoñal y en las filas horizontales se han ordenado 2 grandes grupos: las monocotiledóneas (de hoja fina) y las dicotiledóneas (de hoja ancha). En este último grupo se han diferenciado leguminosas y otras especies. Cualquier combinación, en el sentido horizontal es un doble cultivo (dos cultivos por año).

Una **rotación agrícola** de un solo cultivo por año, alterna cultivos de ciclo similar, pero de diferentes grupos. En nuestra zona, por tener precipitaciones en el periodo estival, se combinan especies de la columna de la derecha.

	Inverno-primaveral (mayo a noviembre)	Primavero-estivo-otoñal (septiembre a abril)
Cultivos de hoja fina (monocotiledóneas o gramíneas)	Trigo Avena Cebada Centeno Triticale	Maiz Sorgo Mijo Moha Otros
Cultivos de hoja ancha (dicotiledóneas)	Leguminosas Garbanzo Lupino Lenteja	Leguminosas Soja Maní Porotos
	Otras Colza	Otras Girasol

Actividad: indague cuales son la rotaciones más utilizadas en la zona. Relacione los problemas ambientales y el tipo de rotaciones que se emplean en la zona.

¿La rotación aumenta la diversidad?

La rotación, permite aumentar la *biodiversidad temporal* de los cultivos en un sistema, pero también puede ser usada para aumentar su *biodiversidad espacial*.

Veamos un ejemplo:

Un productor tiene un lote de 100 has y decide que la mejor rotación es cultivo A (año 1), seguido de cultivo B (año 2) y repetir nuevamente la secuencia. Otro productor vecino coincide que esa es la mejor rotación, pero tiene dos lotes de 50 has cada uno.

¿Cómo hace el productor II, para respetar la rotación?

	Productor I 1 lote de 100 has.	Productor II 2 lotes de 50 has
Año 1	cultivo A	Año 1 <input type="text"/> <input type="text"/>
Año 2	cultivo B	Año 2 <input type="text"/> <input type="text"/>

¿Qué podría hacer el productor I, para lograr mayor diversidad espacial?

Si resolvió el ejercicio, imagine la diversidad espacial y temporal que puede lograr si incluye 3 o 4 cultivos en la rotación y si en vez de tener 2 lotes tiene 4 lotes o más.

Uno de los principios básicos de la agroecología es el de aumentar la diversidad del sistema.

¿Qué les pasaría a estos productores I y II ante situaciones riesgosas como: bajo precio de algún cultivo, aparición de plagas inesperadas o condiciones adversas como sequías o inundaciones?

Normalmente en los *sistemas agrícolas extensivos* se rotan especies para producción de granos. En los *sistemas ganaderos extensivos* también se hacen rotaciones, pero los componentes son pasturas perennes, pasturas anuales (verdeos de invierno y verano) y cultivos para reservas (silos, rollos, granos).

En los *sistemas mixtos* (agrícola-ganaderos) se suele rotar un periodo de pasturas perennes, con un periodo de varios cultivos agrícolas anuales, que a su vez, están organizados en una rotación, esto proporciona **una ventaja adicional**.

Cuando el lote está ocupado por pasturas perennes para pastoreo, la salida de nutrientes se debe a la producción de carne. Esta producción puede variar entre 50 y 250 kg/ha/año que es baja comparada con los 2.000 a 8.000 kg/ha/año que exporta un sistema agrícola, en forma de granos.

En otras palabras, la exportación de nutrientes, prácticamente se reduce por 4 años o más, en este lapso, las raíces de la pastura, que exploran el perfil más profundo que los cultivos anuales, extraen nutrientes desde mayor profundidad y los incorporan a su biomasa. Cuando el animal pastorea consume esos nutrientes pero devuelve con las heces, al menos un 50 % de los mismos. Las deyecciones se degradan liberando los elementos químicos que van enriqueciendo los horizontes superficiales del suelo, este período se conoce como *fase de carga*. Cuando sigue la fase agrícola, encuentra un suelo enriquecido en materia orgánica y nutrientes, que permiten mayores rendimientos, lo que se conoce como período o *fase de descarga*.

La rotación mixta permite la conservación de la fertilidad física, química y biológica del suelo y es una de las razones por la cual la agroecología, aconseja integrar la producción agrícola y la ganadera.

Nuestra experiencia

La rotación de cultivos ensayada en Lozada (soja-maíz) durante 6 años, provocó cambios favorables en las condiciones físicas, químicas y biológicas de los suelos y en los rendimientos.

La **condición física** del suelo se fue regenerando, la **densidad aparente** disminuyó, aumentó la **porosidad**, se redujo la **resistencia mecánica** o **dureza** del suelo y mejoró el desarrollo de raíces.

En cuanto a la **condición hídrica** del suelo, mejoró la **velocidad de Infiltración** (14%) gracias al aumento en la **porosidad** superficial y una mejora en la **estabilidad estructural** de los agregados.

La **retención de agua**, fue mayor en los lotes rotados, que en los lotes con monocultivo de soja.

La rotación mejoró la cobertura de los suelos, de 50% a 75 %.

Hubo un aumento del contenido de **materia orgánica**, más acentuado en horizontes superficiales, que en profundos.

Las condiciones descritas, aumentaron la **actividad biológica** de las parcelas rotadas, que tuvieron mayor actividad respiratoria (liberación de CO₂ por raíces, fauna y microorganismos).

La figura 14, expresa los rendimientos en kg de grano por milímetro caído durante octubre y febrero. El rendimiento de soja en

monocultivo muestra una tendencia a mantenerse o disminuir en el largo plazo. En rotación, es creciente el rendimiento de soja y el de maíz

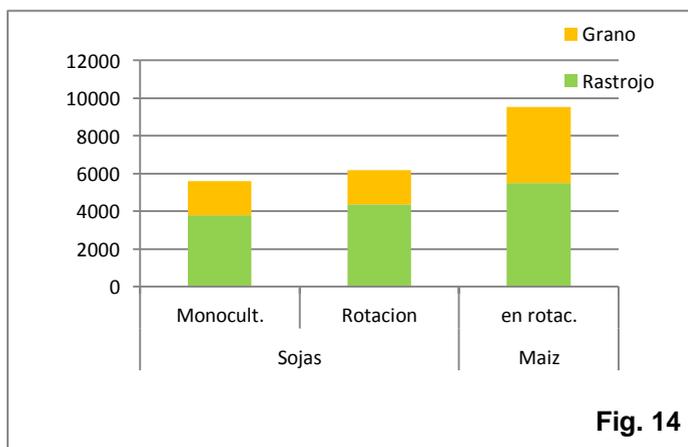


Fig. 14

también, esto demuestra que la mejora en la condición de los suelos, favorece a cualquier cultivo que se siembre en el lote rotado. Las tendencias muestran, que cada milímetro de lluvia pudo ser mejor aprovechado en la producción. Atributo importante para zonas semiáridas como la región centro de Córdoba.

CULTIVOS DE COBERTURA EN AGROECOSISTEMAS EXTENSIVOS

José Zamar

El proceso de agriculturización y la simplificación de los sistemas productivos, ha conducido a la disminución de la cobertura de residuos sobre el suelo. La inclusión de los cultivos de cobertura, en sistemas de producción agrícola, aparece como una de las alternativas tecnológicas que equilibra el balance de carbono en el suelo y aporta una mejora significativa a las propiedades físicas, químicas y biológicas (fertilidad) del suelo.

El uso de los cultivos de cobertura y abonos verdes, principalmente de especies leguminosas, data de hace muchos siglos; ya en las civilizaciones chinas, griegas y romanas los usaban y en las últimas décadas numerosos campesinos de Latinoamérica los han utilizado en sus sistemas agrícolas. Suele presentarse una confusión con el uso de los términos “*cultivos de cobertura*” y “*abonos verdes*”, ya que con frecuencia se emplean indistintamente en la literatura.

Tradicionalmente el término “**abonos verdes**” se refiere a plantas que se incorporan al suelo cuando aun están verdes, o un poco después de la floración con el objetivo de aportar nutrientes (fertilidad química) disponibles en el perfil superficial del suelo.

Por otra parte, “**cultivos de cobertura**” son aquellas plantas que se siembran para cubrir el suelo, sin importar si en el futuro serán o no incorporadas. Los cultivos de cobertura están caracterizados por sus ***funciones más amplias y multi-propósitos***, las cuales incluyen entre otras la supresión de malezas, conservación de suelo y agua, control de plagas y enfermedades.

Un cultivo de cobertura puede estar constituido por una o varias especies. Cuando contiene más de una, se trata de un policultivo o cultivo consociado y presenta mejores propiedades para la protección del suelo. Esto ocurre puesto que, si las especies han sido elegidas con un criterio correcto, pueden aprovechar en forma complementaria el espacio radicular y aéreo del terreno.

El cultivo de cobertura puede ser sembrado como antecesor del cultivo principal; en este caso cumple la función de cubrir el terreno en el momento del barbecho (ver esquema). Pero también en ocasiones es utilizado como *cultivo acompañante* del cultivo

principal, con el propósito primordial de ayudarlo en la competencia contra las malezas.

En la región pampeana es habitual la siembra de cultivos de cobertura invernales; estos se siembran en otoño y en la primavera siguiente se interrumpe su ciclo mediante el uso de herbicidas. La agroecología propone el control mecánico es una alternativa más saludable y económica a esta práctica y que ha sido utilizado durante décadas por productores tradicionales.

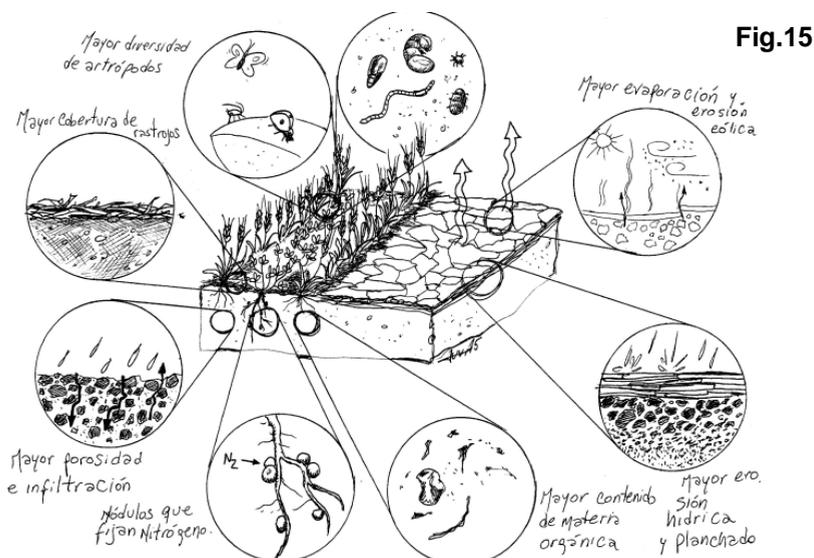
Para ello se usa un **rolo** como el de la foto, herramienta que consta de un cilindro al cual se abulonon cuchillas de 8 a 10 cm de alto. Estas son las encargadas de dañar el tejido vascular de las plantas y provocar el secado de las mismas.



¿Qué ventajas presentan los cultivos de cobertura?

- Promueven un incremento de la biodiversidad en el agroecosistema creando nuevos hábitats para los enemigos naturales de plagas y enfermedades; además producen exudaciones radiculares que atraen a diferentes organismos del suelo.
- Fijan de manera biológica el nitrógeno cuando se emplean especies leguminosas (entre 100 y 200 kg/ha, de acuerdo a la especie).
- Disminuyen la degradación de recursos naturales, reduciendo los residuos de agroquímicos, las pérdidas de suelo por erosión, las pérdidas de fertilidad por el incendio de los rastrojos, las inundaciones y la sedimentación.
- Sus raíces y el aporte de materia orgánica, incrementan la porosidad mejorando la infiltración del agua y reciclan nutrientes desde diferentes capas del suelo, solucionando los problemas de compactación.
- Generan un entorno más húmedo que contribuye a degradar los rastrojos resistentes tales como los residuos de cereales (sorgo, maíz).
- Disminuyen la pérdida de nutrientes móviles, tales como *nitratos* y *sulfatos*, que ocurre principalmente en los otoños lluviosos (la

presencia de un cultivo creciendo en esta época permite la captura del nitrógeno que se perdería por lixiviación profunda).



- La mayor cobertura de biomasa disponible disminuye la amplitud térmica del suelo superficial, que se traduce en menos pérdida de agua por evaporación.
- Reducen costos, disminuyendo la necesidad de insumos externos (ej. fertilizantes, herbicidas, alimentos animales); y la mano de obra para el desmalezado (Figura 15).

Qué tendríamos en cuenta en el manejo de cultivos de cobertura?

- En la zona semiárida se debe prestar atención al momento de la interrupción del ciclo del cultivo de cobertura. Esta, no deberá ir más allá de la *floración* si se trata de una *leguminosa*, y de la *encañazón* en el caso de las *gramíneas*, ya que a partir de estos momentos se incrementa significativamente el consumo de agua.
- Cuando se lo utiliza como cultivo acompañante, se necesita un manejo cuidadoso para prevenir la competencia.
- Ocupan una parte de la superficie con un propósito conservacionista, no exclusivamente productivo.
- Considere el efecto alelopático que podría tener el cultivo de cobertura con el cultivo siguiente.
- Cultivos de cobertura de gramíneas, pueden tener proporciones suficientemente altas de C/N como para ocasionar la retención del nitrógeno y reducir su absorción por el cultivo siguiente.

¿Criterios a tener en cuenta en la elección de un cultivo de cobertura?

Un buen cultivo de cobertura debe poseer algunas de las siguientes características:

- Rápido crecimiento, amplio desarrollo vegetativo y volumen elevado de biomasa verde, que permita cubrir la mayor área posible del suelo y al mismo tiempo alimentar a los organismos del suelo.
- Sistema radicular complementario, en el caso de un policultivo o cuando se usa como cultivo acompañante (por ejemplo, raíces que fijen nitrógeno o raíces profundas que puedan capturar agua y nutrientes que no están al alcance de las plantas de los cultivos).
- Adaptación a las características edafo-climáticas de la región.
- Bajos requerimientos de agua
- Resistencia a plagas y enfermedades. En caso de establecerse como cultivos acompañantes, debe tenerse en cuenta que no sean reservorios de plagas que afecten el cultivo principal.

¿Hay otros aspectos a tener en cuenta?

- Época de siembra y manejo.
- Capacidad de adaptación a suelos empobrecidos.
- De fácil control, para evitar que se conviertan en plantas indeseables.

Las especies más utilizadas en la región semiárida, son los cereales de invierno (trigo, avena, cebada y centeno), raigrás, triticale y leguminosas tales como diferentes especies de *Vicia* y tréboles. En el norte del país se emplean varias especies de *Crotalaria*, *Vigna*, lupinos y trébol blanco, con resultados muy promisorios.

Nuestra experiencia

Con el objetivo de mejorar las condiciones biofísicas del suelo y aumentar la diversidad espacio-temporal, se usó una mezcla de una gramínea (trigo, triticale o cebada) con una fabácea (*Vicia dasycarpa* o *V. sativa*) inoculada con *Rhizobium leguminosarum*, se implantó en el otoño y luego se interrumpió su ciclo en el momento de su floración. En la zona de estudio, la variabilidad climática condicionó el éxito de la implantación de cultivos de cobertura (60% de los casos) debido a la escasez de lluvias propio de la región semiárida.

Cuando los cultivos de cobertura se lograron, permitieron un buen control de malezas, una mejora del rendimiento en grano de soja y maíz, (especialmente cuando en los tratamientos experimentales se sumaba a los efectos de la rotación), un aumento de la biomasa aérea, mejor estabilidad estructural, menor resistencia mecánica y un incremento del nivel de materia orgánica superficial.

La figura 16 muestra los rendimientos promedios anuales de biomasa aérea de cultivos de cobertura instalados en parcelas experimentales permanentes en la zona rural de Lozada, Córdoba.

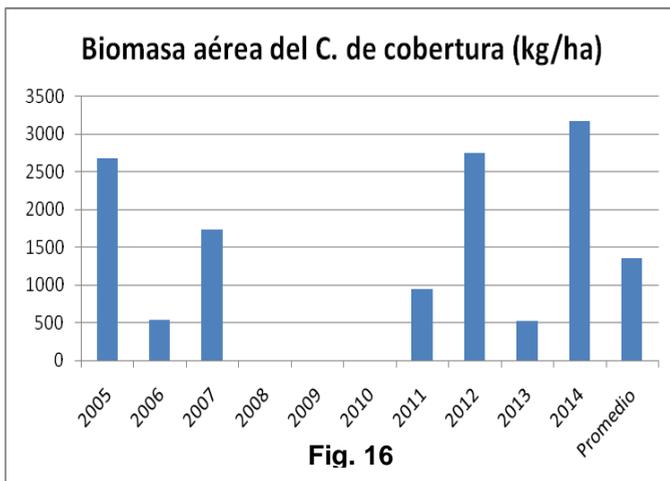


Fig. 16

Ello contribuyó a mitigar, progresivamente en el mediano a largo plazo, los procesos de degradación del suelo debidos al monocultivo de soja en siembra directa. Además, el mayor aporte de rastrojos y la cobertura invierno-primaveral, disminuyen los riesgos de erosión eólica e hídrica. Foto de cultivo de cobertura y barbecho químico.



Actividad: se sugiere recorrer el predio y definir la ubicación de una parcela experimental para la siembra de un cultivo de cobertura invernal, utilizando dos especies (gramínea y leguminosa). Para ello, previamente se realizará un taller de discusión para elegir las especies de la asociación, sus densidades y forma de distribución en el terreno (distancia entre surcos y separación de las semillas). A fin de estudiar los efectos del cultivo de cobertura, se deberá disponer de otra parcela testigo (manejo habitual de la zona).

Observaciones y actividades a realizar en las parcelas:

Poder germinativo (en laboratorio): colocar un número determinado de semillas (100) sobre una bandeja con papel absorbente y a la semana se hace el recuento de semillas germinadas y se calcula el porcentaje de plántulas.

Inoculación: las semillas de la especie leguminosa a emplear se pueden inocular antes de la siembra con una cepa de *Rhizobium* compatible (Ver página 52).

Muestreo de plántulas emergentes e implantadas en diferentes fechas: calcular el porcentaje de emergencia en parcelas.

Reconocimiento de malezas: en ambas parcelas, reconocer las diferentes especies y realizar un conteo de individuos de cada una.

Otras observaciones a realizar comparativamente en las parcelas: humedad del suelo, infiltración, detección de capas duras, presencia de artrópodos (reconocer fitófagos y depredadores) y fauna del suelo, cobertura de hojarasca, etc. Muestreo de materia seca (biomasa) aportada por el cultivo de cobertura.

INCORPORACIÓN DE MAÍCES CRIOLLOS

Juan V. Sanchez

Según estudios científicos, el maíz tuvo origen en México principalmente o Guatemala como segunda opción. Otras revisiones afirman que el maíz se originó en algún lugar de las selvas de México y se expandió hacia otros sitios de América.

El maíz (*Zea mays*), es una especie diclino monoica, que se caracteriza por tener la inflorescencia femenina (espiga) y la masculina (panoja) separadas pero en la misma planta, de polinización abierta o cruzada (alógama). Esta ocurre con la transferencia del polen, por el viento, desde la panoja a los estigmas (cabellos) de la espiga.

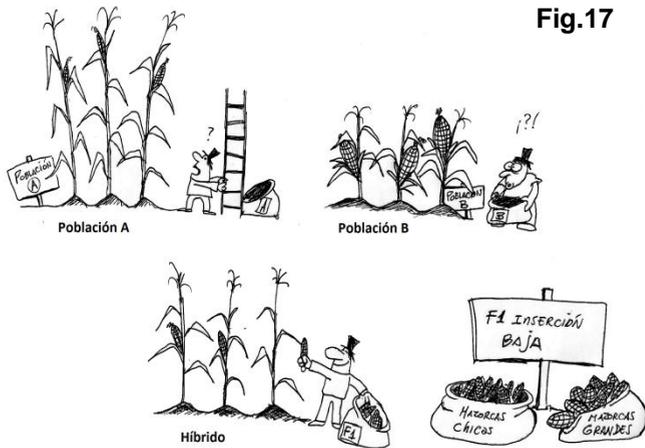
Dentro de todas las plantas cultivadas, el maíz tiene el más elevado nivel de domesticación, logrado a través de la selección, que resultó en una especie totalmente dependiente del hombre, pues la selección eliminó por completo las características silvestres de sobrevivencia en la naturaleza. Este proceso generó una gran variedad de maíces, más de 300 razas y miles de variedades adaptadas a los más diversos ambientes ecológicos y a la preferencia de sus cultivadores. Todo esto se debió a una selección masal conducida por miles de generaciones y sin interrupción por las antiguas poblaciones americanas.

En Argentina, el maíz ha sido uno de los cultivos más importantes. Nuestra historia está muy ligada a este cultivo, porque la agricultura es la principal actividad productiva, con fuerte perfil agroexportador que se fue consolidando en base al comercio de trigo y maíz. Las variedades criollas (landraces) de maíz utilizadas en Argentina a principios del siglo XX se habrían introducido por inmigrantes italianos. Los materiales de polinización abierta más difundidos eran los piemonteses, de tipo colorado, los llamados cuarentinos o cincuentinos (tipo Flint) y los amarillos.

La hibridación o cruza entre las dos variedades se logra sembrándolas juntas, por ej. una hilera de variedad A y otra hilera de la variedad B; a la variedad denominada "materna" se le corta la panoja (donde se produce el polen que fecunda las semillas) para que la mazorca solo reciba polen de la variedad "paterna".

El mejoramiento se basó en la obtención líneas puras o endocriadas y su posterior hibridación o cruzamiento: En la década del 20' y a partir del 45' en Argentina se lograron los primeros híbridos dobles. El trabajo del Ministerio de Agricultura y Ganadería y del INTA favoreció la formación de recursos humanos capacitados y la producción de nuevos maíces híbridos y variedades criollas.

En la Figura 17 se observan poblaciones diferentes de maíz (A y B). Se cosechan a mano y se seleccionan de acuerdo al tamaño de espiga, altura de planta, inserción de mazorca, etc.



En 1959 una Resolución de la Secretaría de Agricultura establece el “pedigree cerrado” para cultivares híbridos del sector privado, favoreciendo la protección de los derechos de propiedad intelectual o secretos industriales. Mientras que para las instituciones públicas regía el “pedigree abierto” o sea se debían revelar las fórmulas, y ceder las líneas endocriadas a quienes las solicitaran, porque eran bienes públicos. Lo que favoreció la apropiación por parte de empresas privadas, de creaciones públicas desarrolladas por instituciones como el INTA.

A partir de 1960 se produjo un proceso de simplificación de este cultivo, al ser reemplazadas una gran cantidad de variedades adaptadas a diversas condiciones agroecológicas, por híbridos de alta producción, generando la erosión genética del cultivo. Se suma a fines de los 90' la aparición de maíces transgénicos, con eventos como resistencia a insectos (Bt), en el 2004 maíces tolerantes a herbicidas (TH) y en el 2007 los maíces Bt x TH, o sea resistentes a insectos y tolerantes a herbicidas (llamados eventos apilados). Estas innovaciones tuvieron una alta tasa de adopción, al punto que en la

actualidad, el 95% de toda la superficie sembrada en el país es con maíces genéticamente modificados.

Los híbridos se caracterizan por: el vigor híbrido (implica un incremento en el rendimiento) y la imposibilidad de multiplicarlo porque pierde las características reunidas en ese híbrido (impide al agricultor auto proveerse de su semilla en cada ciclo); esto no ocurre con las variedades criollas.

Actualmente el maíz criollo y otros cultivos están en riesgo de ser contaminados por maíces OGM (organismo genéticamente modificado), a raíz del flujo de genes portados en el polen.

En el modelo de agricultura industrial, el maíz ha sido desplazado por el monocultivo de soja. Este proceso ha generado la más fuerte concentración de tierras de la historia Argentina, desplazando tanto al maíz como a otros cultivos tradicionales, siendo la soja el producto agropecuario de mayor exportación por el buen rendimiento, los precios y la simplicidad de manejo. Esto hace que el productor lo adopte, dejando de lado prácticas como la rotación de cultivos, en la cual el maíz cumplía un rol muy importante en el aporte de cobertura y materia orgánica de alta calidad, que favorecían la formación de humus y las ventajas derivadas del proceso de humificación y mineralización lenta en la fertilidad del suelo. La sustitución continua de especies, homogeneización del paisaje rural y el aumento del uso de insumos, produjo una elevada pérdida de la biodiversidad de los sistemas y sus mecanismos naturales de autorregulación, aumentando su fragilidad.

A mayor simplificación de los agroecosistemas, mayor vulnerabilidad, y mayor riesgo productivo.

La diversificación es, por lo tanto, una estrategia importante para disminuir el riesgo productivo en sistemas agrícolas pequeños.

Recuerde el dicho: “no hay que ... todos los en la misma”

Los agroecosistemas tradicionales son menos vulnerables a las pérdidas productivas porque la diversidad de cultivos y variedades en los diferentes arreglos espaciales y temporales generan

compensaciones. En general, los agricultores mantienen la diversidad de semillas o variedades, para enfrentar el cambio climático o futuras necesidades sociales y económicas.

Nuestra experiencia

Consistió en evaluar el comportamiento de tres variedades de maíz y un híbrido simple frente a condiciones ambientales adversas, en sistemas reales de producción agrícola simplificados (monocultivo de soja) y de alta dependencia de insumos en la zona centro de Córdoba. Se utilizó el sistema de labranza ya instalada (siembra directa), pero con un manejo agroecológico.

Las variedades de maíz que utilizamos, fueron obtenidas a través de técnicas de selección genética. Ver video en:

https://www.youtube.com/watch?v=hREyASMKp8E&feature=em-upload_owner

¿Cómo se seleccionó? Se usó el método clásico, se tomó el mejor individuo del lote y sembró esa semilla, seleccionando los hijos durante 4 a 7 generaciones, hasta obtener un cultivar de polinización abierta (*población mejorada*) con las características que se buscaba.

Los resultados obtenidos a campo, fueron importantes, ya que en la zona el promedio de rendimiento por hectárea en 10 años de los híbridos, no fue mayor a 50 qq/ha. En otras palabras hay un “techo ecológico” de producción, debido a limitantes ambientales que dificultaba la expresión del vigor híbrido, ya que este se manifiesta cuando las condiciones ambientales son óptimas. En consecuencia, las variedades de maíz lograron rendimientos menores a los híbridos, en años húmedos y mayores en años secos, con la ventaja de poder utilizar esta semilla en el próximo ciclo. En todo el período que duró la experiencia, el rendimiento en rastrojo o biomasa vegetativa de los maíces variedad fue mayor al de los híbridos. En estos suelos con 1,5 a 1,8% de materia orgánica, implica estimular los procesos de descomposición y mejoramiento de su estructura y dinámica, un aporte al sistema que no se valora ambiental y económicamente.

Se observan en las figuras 18 y 19, los ensayos en zonas distintas, donde el rendimiento en grano del híbrido es algo mayor, no así el volumen de rastrojo aportado al suelo por las variedades, cuya incidencia en el mejoramiento de la estructura del suelo no se estimó.

Ahora ¿Cuál será la importancia de estas variedades frente al cambio climático?

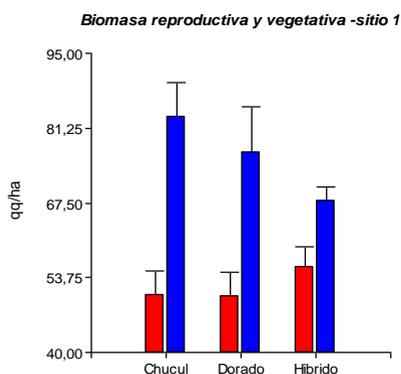


Figura 18: Relación Biomasa reproductiva – biomasa vegetativa

(Rojo: B. Reproductiva; Azul: B. Vegetativa)

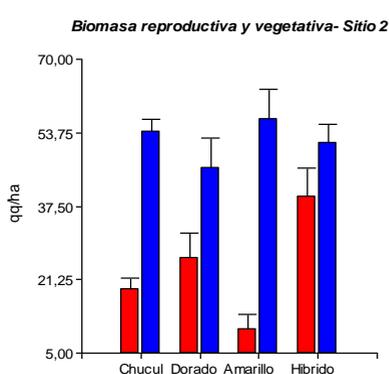


Figura 19: Relación Biomasa reproductiva– biomasa vegetativa

Actividad de análisis

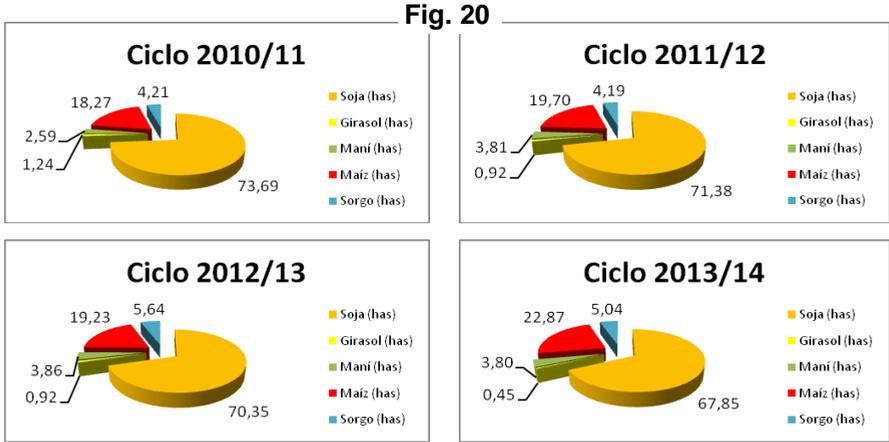
Suponiendo que un productor de maíces criollos está rodeado por cultivos de maíces transgénicos, nos preguntamos:

- ¿Qué riesgos tendría para conservar sus variedades?
- ¿Qué respaldo legal tiene, al ser un receptor involuntario de genes modificados a través del flujo de genes?
- ¿Qué ocurre con su capacidad de mantener su variedad pura?
- ¿Cómo pueden convivir sistemas agroecológicos, con sistemas convencionales?

Si la superficie sembrada de maíz genéticamente modificado (GM) ocupa el 95% de nuestro país y solo un 5% es ocupado por maíces criollos o variedad, examinemos:

- ✿ ¿Cuál es la importancia del maíz criollo o variedad, dentro de la producción agroecológica?
- ✿ Si hay indicios que se ha quebrado la resistencia dada por transgenes a gusanos, el uso de materiales no transgénicos ¿será una alternativa?
- ✿ ¿En Córdoba, como impacto el proceso de sojización en la superficie con maíz?
- ✿ ¿Cómo podemos cuantificar el costo de comprar un maíz híbrido o producir un maíz criollo?

Actividad: en la figura 20, analice el porcentaje de rotación de cultivos de verano en Córdoba entre los ciclos 2010/2011, 2011/20212, 2012/2013 y 2013/2014. Reflexione si esta forma de producir, es recomendable o no.



Busque información actualizada y confeccione una tabla comparando variedades e híbridos en relación a producción de semillas, costos, rendimientos, tolerancia a condiciones adversas, aporte de biomasa (MO) al suelo.

Actividades prácticas

Para realizar esta actividad vea previamente el video “deshibridación”

¿Cómo se selecciona un maíz variedad?

Se toman semillas de las plantas que me interesan, se mezclan y se siembran para originar una nueva población, este proceso se repite sucesivamente. A esta forma de selección la denominamos selección masal.

La figura 21 muestra el trabajo familiar, donde se seleccionan espigas de maíz, se desgranán y mezclan las semillas y estas se pasan por una zaranda eligiendo las más grandes.



Fig. 21

PRÁCTICAS PARA PROMOVER LA ACTIVIDAD BIOLÓGICA DEL SUELO

Liliana Pietrarelli

Uno de los pilares de la fertilidad del suelo es lograr que se impulse su **actividad biológica**. Un suelo se considera “vivo” debido a la actividad de macro, meso y microorganismos que son capaces de transformar sustancias orgánicas producidas por plantas y animales. Estos organismos son muy diversos y cumplen distintas funciones formando una red trófica edáfica. Algunos organismos actúan como consumidores primarios alimentándose de materia orgánica y otros de consumidores secundarios y terciarios.

La diversidad biológica del suelo es parte importante de la salud y estabilidad del agroecosistema, ya que los organismos del suelo aportan una serie de servicios fundamentales. Son el principal agente del ciclo de nutrientes, regulan la dinámica de la MO del suelo, la retención de C, la emisión de gases de efecto invernadero, modifican la estructura del suelo, y la dinámica del agua, mejorando la disponibilidad de nutrientes para la vegetación y la salud de las plantas.

El aporte de materia orgánica tiene una función insustituible en la vida microbiana y en la diversidad edáfica. Existen una serie de prácticas para aumentar la cantidad y diversidad del aporte orgánico como la utilización de compost, estiércoles, restos de cosecha, mulch, lombricompost y una variedad en el manejo de la diversidad vegetal como policultivos, CC, praderas, combinaciones de árboles, arbustos y pastizales, que permiten una mejora nutricional y del hábitat del suelo y un crecimiento de la complejidad de las redes tróficas. También existen prácticas específicas para aumentar la diversidad edáfica, como la inoculación de ciertos microorganismos.

¿Cuáles son los microorganismos del suelo?

Los microorganismos del suelo están representados por bacterias, actinomicetes, hongos, algas y protozoarios. Para tener una idea de su representatividad, en 1 ha de suelo podemos encontrar 1100 a 2200 Kg de hongos, 500 a 700 Kg de actinomicetes, 400 a 600 Kg de bacterias.

Los beneficios de estos organismos son múltiples y entre ellos se encuentra la retención y movilización de nutrientes como los macro (nitrógeno, fósforo, potasio) meso (calcio, magnesio y azufre) y micronutrientes (hierro, zinc, manganeso, cobre, etc.). En el caso del **nitrógeno**, los vegetales obtienen éste nutriente por absorción desde el suelo y por fijación biológica, donde los microorganismos tienen una participación particular.

¿Qué es la fijación biológica de nitrógeno?

El ciclo del nitrógeno en el suelo representa solamente una parte del ciclo total del nitrógeno en la naturaleza. La disponibilidad de este elemento es de gran importancia para las plantas, que absorben nitratos y amonio para utilizarlos en la síntesis de las proteínas y de otros compuestos orgánicos vegetales.

Aproximadamente el 98% del N total de la Tierra se presenta en la litosfera (suelos, rocas, sedimentos, materiales fósiles). El resto del N se encuentra casi en su totalidad en el aire, en forma molecular (N₂). Este nitrógeno (N₂) puede ser incorporado al suelo por la acción de microorganismos que lo transforman a través de diversas reacciones en formas asimilables, que son absorbidas por las raíces de la planta. Este proceso es conocido como **fijación biológica del Nitrógeno (FBN)**.

¿Quiénes participan en este proceso?

La FBN es realizada por microorganismos que viven libremente en el suelo y otros que viven simbióticamente con determinadas plantas. Entre los organismos de vida libre encontramos bacterias aeróbicas como *Azotobacter*, bacterias anaeróbicas como *Clostridium*, algas azules-verdes como *Anabaena*, etc.

La **fijación simbiótica de nitrógeno** es aquella que realizan los microorganismos que se encuentran en asociación con plantas de determinadas especies. Dentro de estos organismos, uno de los más importantes es la especie *Rhizobium*, bacterias capaces de inducir la formación de nódulos fijadores de nitrógeno atmosférico en las raíces de las leguminosas como soja, maní, poroto, algarrobo, etc.

En la superficie de las raíces se encuentran pequeñas vesículas esféricas o semiesféricas llamadas *nódulos* que indican la existencia

de una colonia de bacterias (Figura 22).

Se establece entre ambos organismos, una relación de beneficio mutuo, ya que la planta proporciona sustancias nutritivas a las bacterias y estas *capturan* y *fijan* nitrógeno del aire del suelo, que queda disponible para la planta.

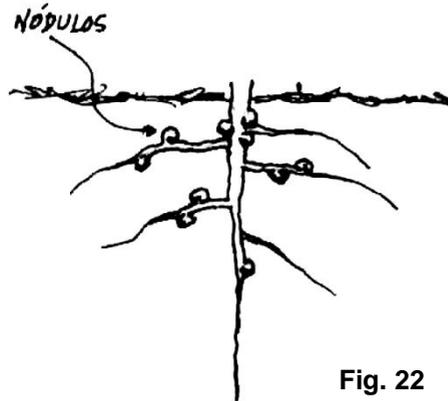


Fig. 22

Esta simbiosis contribuye con una parte considerable del nitrógeno disponible en el suelo y permite a las plantas leguminosas crecer sin fertilizantes nitrogenados y sin empobrecer los suelos. Entre el 25 y el 75% de las necesidades de N son logrados por FBN.

¿Cómo se forma un nódulo?

Tanto la planta como la bacteria deben reconocer al socio adecuado. Esto se realiza gracias a que las raíces de las leguminosas segregan sustancias que estimulan el crecimiento microbiano en sus proximidades. El primer paso de la formación del nódulo es la *adherencia* de la bacteria a los pelos radicales de la planta, luego estas *penetran*, invadiéndolo, e inducen a la planta a formar un *tubo de infección*, dentro del cual se multiplicaran los rizobios. Las bacterias logran la infección de las células vegetales contiguas a los pelos radicales, y se estimula su división celular, formando finalmente los nódulos. Dentro de los mismos, las células bacterianas inician la FBN.

Ni las leguminosas, ni la bacteria *Rhizobium* pueden fijar nitrógeno por separado, solo se logra en el momento en que estas interactúan. En el interior del nódulo se encuentra la *leghemoglobina*, proteína que se une al oxígeno controlando su concentración óptima. Esta proteína es de color rojo ya que contiene hierro y siempre está presente en nódulos sanos fijadores de nitrógeno.

El nódulo fija nitrógeno atmosférico por un periodo de tiempo determinado, después del cual ésta actividad decrece dando lugar a la *lisis* y a la muerte del mismo. Los nódulos activos pueden diferenciarse de los no activos debido a su coloración rosada en el

exterior y rojiza en su interior. El primer síntoma visible de la senescencia nodular es el cambio de color y la pérdida de turgencia en los primeros nódulos formados (Figura 23).



¿Cuáles condiciones favorecen la nodulación?

La nodulación es el producto de una interacción entre la planta y las bacterias. La eficiencia de la nodulación depende de la procedencia de la bacteria colonizadoras (nativas o inoculadas), el lugar de la raíz donde lo hace y las condiciones edáfico-climáticas de desarrollo.

Esta asociación es una respuesta fisiológica de dos organismos frente a medios deficitarios; en el caso de la simbiosis rizobios-leguminosa es una adaptación al desequilibrio de N en el suelo. Cuando hay abundante cantidad de N en el suelo, la nodulación es mínima y cuando hay escasez de N, esta es abundante porque se convierte en la principal fuente de ese nutriente para la planta.

La fijación de N se reduce ante condiciones de deficiencia hídrica y también por la falta de aireación del suelo, debido a estados de compactación física o a saturación por inundaciones.

Las bacterias nativas o naturalizadas (instaladas desde hace varios años en los suelos) tienen gran capacidad de colonizar raíces aún en condiciones difíciles, pero son menos eficientes en la fijación de N y se suelen ubicar principalmente en raíces laterales. Mientras que si se emplean inoculantes con bacterias de alta eficiencia y el suelo tiene buenas características físicas y químicas, los nódulos se ubicarán en la raíz principal, cercanos al cuello de la raíz. Las cantidades de N fijadas en el proceso simbiótico son muy diversas, con valores de 20 a 1000 Kg de N.ha⁻¹ en un ciclo de producción.

¿Cuáles son las prácticas que logran la FBN?

Cuando en el suelo no hay rizobios adecuados para el cultivo, se pueden agregar artificialmente sobre la semilla o el suelo, a través del método denominado **inoculación**. El producto biológico que se utiliza se denomina **inoculante**. La bacteria debe ser específica para la especie vegetal que se va a inocular, para que se puedan formar buenos nódulos que sean efectivos en la FBN.

En la zona central de Córdoba debido a la amplia difusión del cultivo soja y la repetida inoculación anual, los rizobios se han naturalizado en la mayoría de los suelos sojeros. Por ésta razón es posible observar, al examinar las raíces de soja no inoculada, la presencia de nódulos en suelos donde se implantó un cultivo de soja sin inocular.

Existen inoculantes en polvo, granulados y líquidos. Se debe lograr que todas las semillas queden cubiertas con el inoculante, a fin de que cada una de ellas disponga del número de rizobios adecuado. Los inoculantes en polvo pueden aplicarse en suspensión o aspersión. En el primer caso, se mezcla el inoculante con una solución de azúcar, luego la semilla se mezcla con esta suspensión hasta obtener un revestimiento homogéneo, y se deja secar. Cuando se realiza por aspersión, las semillas son asperjadas inicialmente con agua azucarada y seguidamente espolvoreadas con un inoculante seco. También se puede utilizar la inoculación en seco, mezclando el inoculante en la tolva de la sembradora. Los inoculantes líquidos, se mezclan directamente con la semilla empleando en algunos casos máquinas inoculadoras.

El proceso de inoculación debe realizarse a la sombra y a temperaturas moderadas. Como una importante cantidad de bacterias muere al momento de inoculación, se debe efectuar la siembra, en lo posible, antes de las 12 horas de aplicado el producto.

Una buena nodulación se logra con unos 40 nódulos por planta y por lo menos 500 mg de biomasa de nódulo por planta. El costo de la inoculación promedio histórico es equivalente a 14-16 kg de soja por hectárea, por lo que se considera a esta tecnología dentro de las denominadas de costo cero.

Esta práctica ha mejorado en general los rendimientos. Se han encontrado incrementos en la producción que van desde de 100 a 300 kg por hectárea (en lotes en los que se ha realizado cultivo de

soja con anterioridad) hasta 1400 kg por hectárea en lotes en los que nunca se cultivó soja.

Nuestra experiencia

El equipo de investigación, analizó en sistemas agrícolas extensivos del área central de Córdoba, el efecto del tipo de secuencia de cultivos, la inoculación y la fertilización con fósforo y azufre en la nodulación y en el rendimiento del cultivo de soja. Se midieron número y peso de nódulos en raíz principal y en raíces secundarias, porcentaje de nódulos activos y al final del ciclo de cultivo, se pesó la biomasa total y el rendimiento en grano.

Nuestros resultados demuestran que las *condiciones hídricas* del suelo afectan el peso promedio de los nódulos de la raíz principal. Cuando hubo mayor disponibilidad hídrica el peso promedio fue el doble del registrado en la campaña con deficiencia hídrica. Las plantas *inoculadas y fertilizadas* mostraron una nodulación más abundante y los suelos con *menor disponibilidad de nitratos* manifestaron mayor número y peso de nódulos en la raíz principal. Por lo tanto, cuando se generan en los suelos condiciones de mayor porosidad que influye en la disponibilidad de agua y aire, la nodulación se expresa mejor.

Actividad:

En base a la lectura del texto precedente, responda las siguientes preguntas:

- 1) ¿Qué diferencias existe entre la fertilización química y una FBN?*
- 2) ¿Qué características debería tener un suelo para lograr una buena nodulación?*
- 3) ¿Por qué la inoculación es una técnica de costo cero?*

Actividades prácticas

- 1) Buscar diferentes plantas de la familia leguminosa, extraer sus raíces y analizar las características de la nodulación (forma, ubicación, peso de nódulos en raíz principal y en raíces laterales y porcentaje de nódulos activos)
- 2) Realizar una experiencia de investigación a través de la siembra de una leguminosa en diferentes parcelas, una inoculada y otra sin inocular. Analizar los resultados en forma comparativa de: características de la nodulación, tamaño de planta y rendimiento.

FERTILIZACIÓN CON ABONOS ORGÁNICOS: LOMBRICOMPUESTO

Miryam Arbornó

La reposición de nutrientes a los suelos comenzó cuando los agricultores se dieron cuenta que los cultivos disminuían sus rendimientos al sembrarlos continuamente, y que al incorporarle estiércol o residuos vegetales se restauraba la fertilidad.

En Asia desde tiempos remotos (6.000 años a. C.) se utilizaban no sólo los abonos orgánicos, sino que se hacía un manejo integrado de los recursos, reciclando los desechos agrícolas, propiciando la conservación del agroecosistema. En Egipto (2.000-2.500 años a. C.), las inundaciones periódicas de las riberas del Nilo depositaban grandes cantidades de materia orgánica (MO), lo que permitía mantener la fertilidad de estos suelos. En tanto los griegos (1.000 años a.C.) conocieron y manejaron diferentes tipos de abonos orgánicos: estiércoles, abonos verdes y aguas negras.

Durante el transcurso de la segunda mitad del siglo XX se logra dar una visión holística de los problemas medioambientales y es ahí cuando los residuos surgen como un asunto de consideración. La gestión de los residuos orgánicos (RO) para su utilización como combustible o fertilizante son prácticas de reciclaje comunes y constituyen una alternativa apropiada. La MO constituye la principal fuente de carbono (C) y nitrógeno (N) en los ecosistemas terrestres y de su conservación depende la sustentabilidad de los sistemas agrícolas. Para conservarla es necesario dirigir el proceso de transformación de los RO hacia la formación de sustancias húmicas estables y con ello disminuir la emisión de gases a la atmósfera contribuyendo a atenuar el efecto invernadero y elevar la productividad de los ecosistemas terrestres. En este contexto, los RO juegan un papel determinante en el manejo de la fertilidad de los suelos a través de su efecto de la disponibilidad de nutrientes y por su contribución al aumento del stock de C en el suelo.

La calidad de suelo está relacionada con la fertilidad, es decir con la capacidad de otorgar nutrientes, agua, y aire para el desarrollo pleno de la planta y a su vez es un indicador de salud del sistema. El suelo es el resultado de un proceso formativo y sucesional, mediante la acción de fuerzas fisicoquímicas y agentes biológicos. Es el producto de una interacción continua entre partículas minerales, aire-agua, y restos orgánicos en descomposición (materia orgánica) que forma una capa superficial porosa para permitir el anclaje y el desarrollo de seres vivos vegetales y animales, hasta lograr un sistema equilibrado.

Entonces cabe preguntar *¿cuál es el rol de la materia orgánica en el sistema productivo en su conjunto?*

La materia orgánica es un elemento clave para mantener la fertilidad y calidad productiva de los suelos y sostener la biodiversidad edáfica

La cantidad y calidad adecuada de materia orgánica permite que los microorganismos del suelo actúen en la descomposición y ciclado de la materia, manteniendo disponibilidad de nutrientes, la fijación de nitrógeno, la producción de sustancias de crecimiento y sustancias cohesivas (Figura 24).

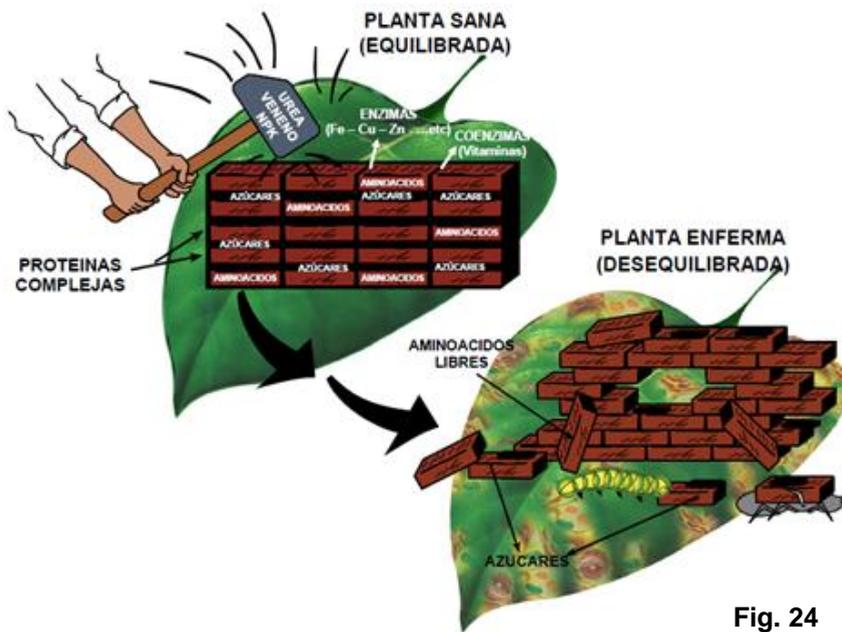


Fig. 24

El mejoramiento de la calidad del suelo incide en la susceptibilidad de los cultivos a los insectos plaga. Una planta “bien nutrida” tendrá menos posibilidades de enfermarse. Esto se explica, porque las plantas se hacen más resistentes al ataque de los mismos, y porque se hacen menos atractivas para fitófagos. La teoría que explica este fenómeno se llama trofobiosis.

El rol de la materia orgánica en las condiciones biofísicas de los agroecosistemas

En la región Central de Córdoba se estudiaron las condiciones biofísicas de los sistemas productivos y se determinó el deterioro de la calidad de los suelos, cuando estos dejaron de sostener un bosque nativo y se convirtieron en suelos agrícolas.

Así, mientras el contenido de materia orgánica en sistemas naturales alcanzaba un porcentaje del 5% al 6 %, se detectó su reducción a valores inferiores al 2%, como consecuencia de una historia productiva basada en el monocultivo de especies económicamente rentables (agriculturización). Esta cuantiosa pérdida de materia orgánica puede ocurrir en un corto plazo, cuando no se realizan prácticas conservacionistas.

Una práctica recomendada para restablecer materia orgánica, es la incorporación de enmiendas o abonos orgánicos, como el compost o el lombricompost, también denominados *biofertilizantes* ya que además de proveer nutrientes incorporan microorganismos que restablecen relaciones sinérgicas para la salud del sistema.

La adición de biofertilizantes aporta diversidad biológica y permite reponer los nutrientes extraídos por los cultivos. El humus de lombriz (lombricompost), así como el compost vegetal, proporcionan muchas ventajas al suelo agrícola, incluyendo capacidad creciente de conservar la humedad y mayor retención de los nutrientes, mejoramiento de la estructura del suelo, y niveles más altos de actividad microbiana.

La literatura indica que el humus de lombriz puede ser superior al compost vegetal en diversos atributos o características, como su contenido de nutrientes disponibles para las plantas, favorece la germinación en semillas, su habilidad para estimular el crecimiento radicular y vegetativo, su capacidad para suprimir las enfermedades y repeler las plagas (control de nematodos). Lo más importante del lombricompost es la acción integrada de todos sus elementos físicos como químicos y biológicos.

¿Qué es la Lombricultura?

La lombricultura es una *biotecnología* que permite por medio de la acción combinada de lombrices y microorganismos, aprovechar y transformar los residuos sólidos orgánicos derivados de actividades

agrícolas, pecuarias, agroindustrias y urbanas, obtener productos de alta calidad y a bajo costo: **humus y proteínas**.

¿Cómo se hace?

Es un proceso que resulta de la acción combinada de lombrices y su microflora y microfauna que viven en su aparato digestivo. Se diferencia del compostaje, por formar sustancias húmicas más rápidamente, debido a una digestión de los residuos que pasan por el aparato digestivo de las lombrices, que atacan las paredes de las células vegetales por medio de enzimas digestivas y alteran la estructura de granos de roca y minerales por medio de sus jugos gástricos.

El lombricompost resulta de una descomposición aeróbica de diversos materiales (Figura 25). Es un humus estable formado por sustancias estrictamente húmicas: ácidos húmicos, ácidos fúlvicos, huminas, y otros. Contiene: carbono oxígeno, hidrógeno y nitrógeno, macro y micronutrientes, hormonas y microorganismos benéficos.

Tipos de alimentos que pueden usarse para el lombricompost.

- Residuos vegetales que proceden de explotaciones agrícolas (frutos, bulbos, hojas, tallos, etc.).
- Residuos de explotaciones pecuarias. (heces bovinas, caprinas, porcinas, camas avícolas, de conejos, etc).
- Restos de aserraderos e industrias relacionadas con la madera.
- Desperdicios de mataderos, efluentes de tambos, de criaderos de cerdos.

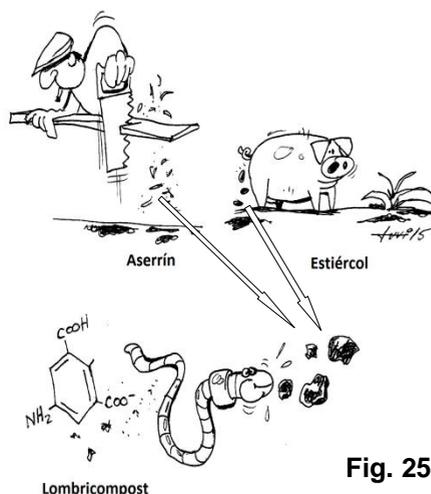


Fig. 25

La aplicación de lombricompost en los sistemas de cultivos

Los biofertilizantes han tenido mayor difusión de aplicación en pequeña escala y utilizados en dosis altas (enmiendas) en cultivos intensivos. Algunos ejemplos de las *dosis de lombricompost recomendadas para distintas actividades intensivas* se muestran en la tabla:

Actividad y/o cultivo	Dosis empleadas	Dosis por hectáreas
Césped (jardinería)	1,5 dm ³ / m ²	15000 dm ³ /ha
Rosales (floricultura)	1,5 dm ³ por planta	
Frutales (Fruticultura)	2 a 3 dm ³ por cazuela 3 veces/año	90000 dm ³ /ha
Arvejas	800 gr/ m ²	8000 kg/ha
Lechuga	350 gr/ m ²	3500kg/ha

Estas dosis implican disponer de gran volumen de producto y herramientas adecuadas para su distribución e incorporación al suelo.

Actividad:

¿Qué tamaño debe tener un lombricario, para producir el lombricompuesto necesario para un huerto familiar de 100 m² y mantenerlo por dos años?

¿Qué ventajas tiene para el ambiente y la sociedad, realizar esta práctica de producción de lombricompuesto?

Nuestra experiencia

En la localidad de Lozada se implementaron secuencias de cultivos (rotaciones) con elevado aporte de materia orgánica, con la finalidad de generar condiciones de autorregulación de plagas y malezas. En este marco experimental, se monitoreó el proceso de transición de estos agroecosistemas degradados hacia parámetros de mayor sustentabilidad incorporándoles dosis bajas de lombricompuesto.

El desafío de la aplicación de lombricompuesto a los cultivos extensivos bajo siembra directa, con el objetivo de incorporarlo al suelo en el mismo momento que las semillas, implica hacerlo reduciendo la dosis hasta los 150 kg/ha. Estos volúmenes de biofertilizante (dosis bajas) en el momento de la siembra, permiten esparcirlo y enterrarlo en las líneas de manera eficaz. Esta operación se realiza con el cajón fertilizador de la sembradora de labranza cero (Figura 26).



Fig. 26

Esta técnica necesita del acondicionamiento del lombricompost bajo condiciones controladas de humedad (40%), a fin de preservar la actividad de los microorganismos y facilitar la distribución mecanizada por la sembradora. Estas dosis aplicadas presentan un costo inferior al de un fertilizante químico y tienen la potencialidad de mejorar las condiciones biofísicas del suelo y el rendimiento del cultivo. A continuación se presentan gráficos con los resultados de la experiencia (Figura 27).

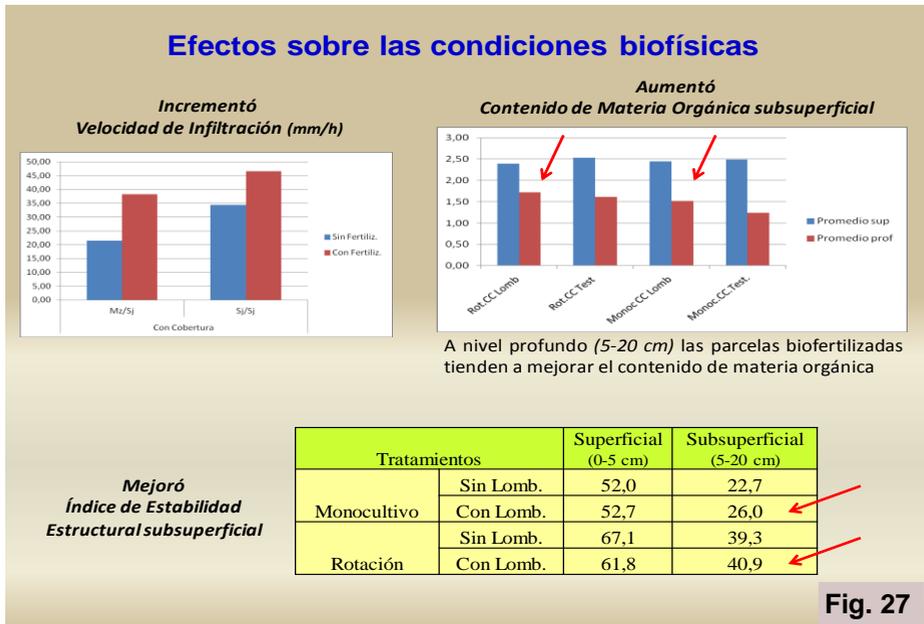


Fig. 27

El biofertilizante tuvo incidencia positiva en el incremento de biomasa (32% para soja y 34% para maíz) y de granos (22% para soja y 31% para maíz) bajo rotación. Bajo monocultivo los incrementos fueron menores.

Conclusiones:

La lombricultura aporta al reciclaje de residuos orgánicos permitiendo mejorar e integrar la producción agropecuaria intensiva y extensiva. Otorga valor agregado a diferentes escalas de producción (familiar y comercial). Se obtienen: humus, proteínas (lombrices vivas y harina). La utilización del lombricompost otorga ventajas para el suelo y el crecimiento vegetal. Genera oportunidades de producción de autoinsumos, aumentar puestos de trabajo y mejorar las condiciones nutricionales de la población.

FERTILIZACIÓN CON ABONOS ORGÁNICOS: COMPOST

Luciano Orden

El proceso de compostaje se utiliza para convertir los RO en un material apto para su utilización como enmienda para la agricultura. La normativa argentina (Ley 25.127: Producción ecológica, biológica u orgánica) permite una serie de productos naturales y residuos orgánicos a partir de vegetales o estiércoles animales.

¿Qué es el compost? ¿Qué ventajas tiene en relación al uso de residuos sin compostar?

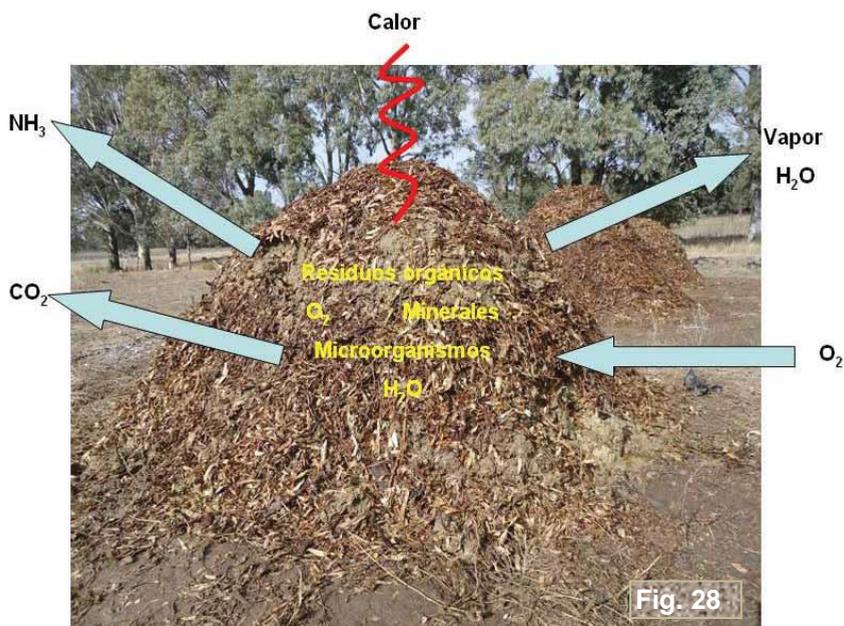
La diferencia entre aplicar e incorporar directamente los residuos sin procesar y los residuos estabilizados provenientes de compostaje, está en la cantidad y momento en que los nutrientes estarán disponibles para las plantas.

Los estiércoles se han aplicado por siglos para suministrar nutrientes a los cultivos, pero existe una preocupación creciente debido al riesgo de contaminación de los recursos hídricos con nitratos y fosfatos, y al riesgo de contaminación del aire por la emisión de amoníaco, metano y óxido nitroso que contribuyen al efecto invernadero.

El proceso de compostaje consiste en la fermentación aeróbica de RO. Es un proceso microbiológico realizado por microorganismos nativos: bacterias, hongos y actinomicetes, influenciado por factores, como la composición química del material original, su relación C/N, humedad, aireación, temperatura, pH (Ver foto de pila de compost).

El compostaje ha sido propuesto como una alternativa para obtener un producto estable, de lenta liberación de N, que minimiza el riesgo de pérdidas de nitratos por lixiviación.

La figura 28 muestra un esquema simplificado del proceso de compostaje (Compost gallinaza - chip de poda arbolado urbano. Dpto. Agronomía UNSur).



El compostaje de RO es una tecnología ampliamente utilizada ya que permite su valorización a través de una reducción substancial de peso y volumen, y genera un producto que dependiendo de su calidad, puede ser utilizado como mejorador de suelos degradados. Como producto final se obtiene el compost, que al ser incorporado como enmienda al suelo mejora la infiltración y retención de agua, contribuye a disminuir las fluctuaciones de temperatura, facilita el laboreo, mantiene el pH, aumenta del contenido de nutrientes y reduce la erosión.

¿Cómo es el proceso de compostaje y a qué escala se puede realizar?

Es una técnica simple, puede ser aplicada a diferentes escalas de acuerdo al desarrollo productivo:

- productores familiares descapitalizados (con alta dependencia de mano de obra)
- grandes productores que pueden mecanizar el proceso
- industrias para el comercio de enmiendas orgánicas certificadas (Ley 20.466: Fiscalización de fertilizantes y enmiendas)
- tratamientos de residuos sólidos urbanos.

El procedimiento más utilizado es el “apilamiento con volteo” (o “pilas con volteo a campo”), por su bajo costo y su tecnología simple. Es

viable para pequeños y medianos productores rurales y un método apropiado para plantas y rellenos sanitarios de municipios adheridos a programas de clasificación de residuos domiciliarios en origen para posterior reciclaje y tratamiento de los RO.

El compostaje es *bio oxidativo*, porque exige una actividad biológica que lo diferencia de procesos físicos-químicos y digestión anaeróbica. Durante el cual se monitorean algunos variables que actúan simultáneamente en la eficiencia de humificación de la MO mediante la acción de los microorganismos.

¿Cuáles son las variables que regulan este proceso?

A continuación se detallan las variables más importantes que afectan el proceso y que requieren mayor control a saber: *tamaño de partículas, relación C/N, humedad, aireación, temperatura (T) y pH.*

Tamaño de partícula

- Las partículas grandes disminuyen la superficie de ataque para los microbios.
- Las partículas pequeñas disminuyen el espacio poroso afectando la entrada de oxígeno y la eliminación de CO₂.

Por estos motivos es aconsejable un tamaño óptimo entre 2 y 5 cm.

La relación C/N

Los microorganismos utilizan 30 partes de C por cada parte de N consumida, por tal motivo se considera teóricamente óptimo para un rápido y eficiente compostaje una relación C/N inicial entre 25 y 35.

La figura 29 muestra la evolución de la relación C/N durante el proceso de Compostaje.

Esta relación disminuye durante el ciclo de compostaje, llegando a una relación C/N óptima para un compost maduro, menor a 18

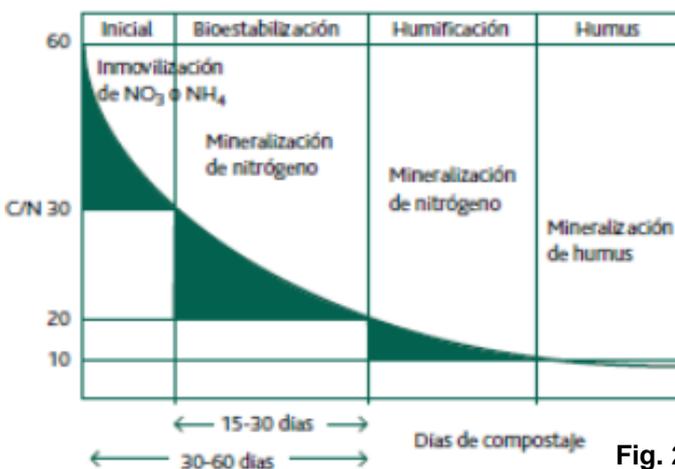


Fig. 29

(cercana a 10). En esta condición se puede aplicar a los cultivos sin causar inconvenientes de inmovilización de N (por los microorganismos edáficos) para las plantas, aportando todos los beneficios de la fertilización orgánica.

Humedad

La humedad apropiada durante todo el proceso debe estar entre el 40-65%. El riego durante el armado de las pilas y durante los volteos es una buena técnica de humedecimiento. En zonas con exceso de lluvias, se aconseja cubrir las pilas con un material impermeable para prevenir anaerobiosis y pérdidas de nutrientes por lixiviado. Un método práctico para monitorear el contenido de humedad llamado “regla del puño”, consiste en tomar con la mano una muestra del material y comprimirlo:

- 1) Si sale un hilo de agua continuo del material se asume que contiene más de un 60 % de humedad.
- 2) Si el material gotea su contenido en humedad es cercano al 40%.
- 3) Si no gotea y cuando abrimos el puño de la mano permanece moldeado la humedad estará alrededor de un 25%.

Aireación

El tamaño y forma de la pila (se recomiendan de forma trapezoidal) es de largo variable, de 2 m de ancho y 1,5 m de alto como mínimo.

La porosidad de los RO y el volteo periódico favorecen el intercambio gaseoso. Para mantener las condiciones aeróbicas se deben voltear las pilas ya sea de forma manual (como lo muestra la foto) o mecánica con tractor con pala o herramientas especializadas.



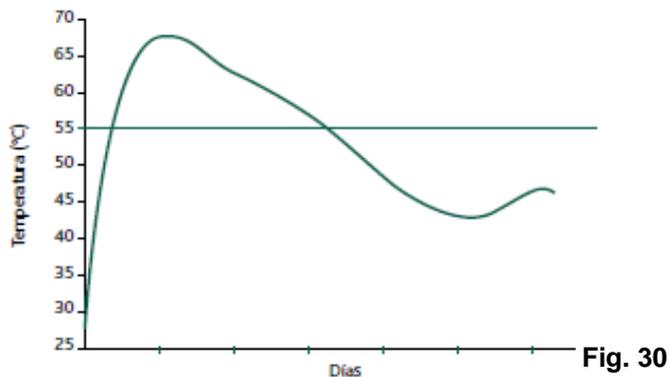
Temperatura

Se observan tres fases en el proceso de humificación de los RO:

- fase mesófila inicial: $T < 45^{\circ}\text{C}$.
- fase termófila: $T > 45^{\circ}\text{C}$.
- fase mesófila final: $T < 45^{\circ}\text{C}$.

- fase de estabilización: el proceso finaliza cuando se alcanza la T inicial.

Se considera una temperatura óptima para que se eliminen los organismos patógenos (humanos y vegetales) y las semillas de malezas, cuando se superan los 55°C y se alcanzan los 60°C. Después de 48 horas con esta temperatura es recomendable realizar el volteo. La figura 30 muestra la variación típica de la temperatura durante el compostaje.



pH

De la misma forma que la variación de la temperatura, el pH sigue una curva típica de acuerdo a la fase del proceso en que se encuentre la pila. Durante la fase mesófila inicial se produce un descenso del pH debido a la producción de ácidos orgánicos llegando a valores de 5. En las fases posteriores el pH se recupera manteniéndose durante el resto del proceso entre 6 y 8.

¿Qué aporta el uso del compost al manejo agroecológico del sistema?

Para asegurar un uso sostenible de la fertilidad edáfica (química, física y biológica), se recomienda en sistemas de producción agroecológica la aplicación de compost. Su fácil construcción y bajo costo, permite su adopción por parte de productores agropecuarios.

El procesamiento y uso de RO compostados es una alternativa viable que contribuye a paliar varias problemáticas de la actualidad: desde el tratamiento de RO a la producción de alimentos saludables, pasando por el cuidado de los recursos naturales y el autoabastecimiento de biofertilizantes, para agricultores de escala familiar.

Actividad: busque información acerca de los sistemas de producción predominantes en la zona (agrícolas, mixtos, ganaderos) y calcule los volúmenes de restos vegetales (maíz, soja, sorgo, etc.) y volúmenes de estiércol (sistema de cría, invernada, tambo, etc.) que se producen. Con estos datos deduzca ¿cuánto compost se podría producir?

Nuestra experiencia

Durante el 2014, se desarrolló una “unidad demostrativa de producción de bio-fertilizantes” en un colegio técnico de Oncativo (IPEA 220), abordando la elaboración de Compost y Humus de Lombriz (lombricompuesto).

Las pilas de compostaje resultaron ideales para procesar distintos restos vegetales (podas, hojas, rastrojos, desmalezados y otros), combinándolos, en proporciones adecuadas (aproximadamente 3:1) con estiércoles de porcinos, camas de ponedoras y estiércol de conejos.

Se construyeron cordones de 2 mts de ancho por 1,6 mts de alto y longitud variable como se observa en la foto. Estas dimensiones aseguran la conservación de calor, aún en invierno. En latitudes menores o en estaciones cálidas, podrían elaborarse cordones con una sección menor.



En el compost, se usa el calor liberado por la descomposición para desactivar patógenos y semillas (48 hs. a 55-60 °C), por ello, hay que monitorear periódicamente la evolución de las temperaturas. Las ondas de calentamiento luego de llegar a un máximo, (que “pausteriza” el material), descienden lentamente y es el momento de reiniciar el proceso mediante el “volteo” o aireación de la pila (que se suele combinar con el riego, si falta humedad). Cada volteo desencadena una nueva onda de calentamiento. Luego de 5 o 6 meses, se obtiene el compost maduro y se reduce a un 65 %, el volumen original de residuos. El destino del compost se orientó a la huerta a cielo abierto, los invernáculos de hortícolas y canteros organopónicos.

EL ROL DEL GANADO EN LA AGROECOLOGÍA

Mónica Arias

El ganado juega un papel importante en muchos sistemas de agricultura alternativa, en términos de reciclaje de nutrientes y por su capacidad para hacer que las rotaciones de cultivos sean económicamente posibles. La crianza de animales siempre ha tenido un lugar preponderante en la agricultura familiar. La producción en sistemas mixtos, en la que se combina la ganadería con la agricultura, es una práctica común. La utilización de tierras marginales con praderas para el pastoreo ayuda a controlar la erosión y a reducir el escurrimiento de agua. Los nutrientes no retenidos por el animal pueden ser fácilmente retornados al suelo en el estiércol, el cual devuelve nutrientes y mejora el contenido de materia orgánica del suelo.

Los sistemas silvopastoriles se refieren a sistemas productivos en los cuales los árboles, cultivos agrícolas, pasturas y las especies animales se desarrollan simultáneamente o en secuencias temporales en una misma unidad predial.

Los sistemas silvopastoriles, son un tipo de producción agroecológica que implica la presencia de animales directamente pastando entre o bajo los árboles.

Un sistema silvopastoril donde se combina la producción forestal y ganadera presenta las siguientes ventajas:

- Se obtiene una mayor cantidad y variedad de alimento con mejor calidad.
- El aprovechar la capacidad fotosintética de estratos múltiples de plantas destinadas específicamente a proporcionar alimento para los animales, representa uno de las mayores oportunidades para intensificar la producción pecuaria de manera sostenible, con menor dependencia de recursos externos.
- El estrato arbóreo alto, está compuesto de un número determinado de individuos repartidos uniformemente, además

de proporcionar una media sombra que favorece la creación de un micro-clima en el cual se mantienen los forrajes de calidad por períodos más prolongados. También ayudan con la extracción de nutrientes del subsuelo y pueden proporcionar tanto frutos como follaje caducifolio que los animales aprovechan en ciertas épocas del año. Este estrato es clave para la estabilidad del sistema.

☀ El estrato arbustivo, compuesto de arbustos para ramoneo (consumo directo de ramas y brotes por parte de los animales), es un componente forrajero muy importante, aportando en forma complementaria de follaje o frutos con valor nutritivo (ver foto).



☀ El estrato herbáceo puede estar constituido por pasturas naturales o implantadas. Siempre deben ser especies adecuadas a la condiciones del ambiente de la región y al tipo de ganado del establecimiento.

☀ La presencia de variados tipos y calidades de forraje permite a los animales variar su dieta y de esta manera poder balancearla mejor de acuerdo a sus requerimientos y potencial, que se puede reflejar en un mayor nivel de producción.

☀ El follaje de árboles y arbustos proporcionan nitrógeno y otros nutrientes para el adecuado funcionamiento ruminal, en dietas basadas en forrajes de baja calidad.

☀ Los árboles pueden ser de vegetación natural o plantados con fines maderables (algarrobos, robles, pinos), para productos industriales (eucaliptus, álamos), como frutales (cítricos, olivos) o árboles multipropósito en apoyo específico para la producción animal.

Existen varios tipos de sistemas silvopastoriles y agroforestales con componente pecuario:

- ☀ Pastoreo en bosques naturales.
- ☀ Pastoreo en plantaciones forestales para madera.
- ☀ Pastoreo en huertos frutales.

- ☀ Pastoreo en plantaciones de árboles con fines industriales (ver foto).
- ☀ Praderas con árboles o arbustos forrajeros o multipropósito para corte.
- ☀ Pastoreo en sistemas agrícolas.



¿Qué aportan los animales en los sistemas agroecológicos?

Los animales son imprescindibles para el ciclo de la materia y optimizar el flujo de la energía. Su presencia en los sistemas agropecuarios, permite aprovechar ventajosamente pastos, forrajes y subproductos agrícolas, ofreciendo alimentos de gran valor biológico.

- ☀ Los productos animales contribuyen a lograr un equilibrio de la dieta humana a la que proporcionan una gran calidad organoléptica (sustancia que favorece la excitación de un receptor sensorial) y nutritiva.
- ☀ El estiércol, materia orgánica rica en nitrógeno y microorganismos, es importante para lograr una adecuada dinámica en el proceso de humificación y necesario para lograr un adecuado equilibrio en los caracteres físicos, químicos y biológicos del suelo. Por tanto es un elemento básico para mantener y aumentar la fertilidad del suelo y del sistema.
- ☀ La presencia de ganadería en la explotación obliga a incluir los pastos, forrajes y otros cultivos para la alimentación animal en las rotaciones, que en general contribuyen de manera importante a mantener e incluso aumentar la fertilidad. Impone además, la creación de infraestructuras (sombras, abrevaderos, etc.) que ayudan a diversificar y mejorar las condiciones del medio natural.
- ☀ Contribuyen al logro de un mayor equilibrio y estabilidad de los sistemas al aportar elementos que implican mayor biodiversidad.
- ☀ El ganado mantiene el suelo libre de malezas y evita la aplicación de herbicidas.

- ☀ Actúa como un medio de prevención de incendios, al disminuir el material combustible debajo de las plantaciones.
- ☀ Permite retornos económicos más rápidos que los de la forestación.
- ☀ Diversifica la producción del agroecosistema.
- ☀ La incorporación de distintos animales permite obtener variados productos como: carne, leche, fibras, cuero, huevos, miel como así también derivados de los mismos (ver foto).
- ☀ Reduce los factores de riesgo biológicos y le da mayor flexibilidad al sistema para ajustarse a variaciones de mercado.



Actividad: en grupos realizar esquemas en papel e identificando las interacciones entre los distintos componentes, donde se integren producción vegetal y producción animal. Cada grupo deberá identificar las ventajas y las desventajas de esta integración en el aspecto económico, ambiental y social.

REFLEXIONES FINALES:

La educación en la Agroecología propone la participación de diversos actores y la construcción permanente de nuevos saberes, rescatando saberes tradicionales y científico-técnicos, con una visión holística de la realidad. Esto incluye un enfoque interdisciplinario que integra las ciencias naturales y ciencias sociales a partir de problemáticas socioambientales de cada zona, en relación a su contexto regional, nacional y mundial.

La comunidad educativa de las zonas rurales, está inmersa en una crisis ambiental provocada por los efectos del modelo productivo dominante, pero de esta situación crítica pueden surgir y generarse propuestas alternativas y locales. La escuela es un ámbito de encuentro, reflexión y discusión para estimular el desarrollo de la creatividad y la investigación, propiciando la participación activa del estudiante en la búsqueda de respuestas a cambios necesarios sobre la realidad que lo contiene.

Este manual, aporta conocimientos teórico-prácticos a través de la presentación de experiencias agroecológicas, realizadas por nuestro equipo de investigación en situaciones reales de producción y que favorecen el proceso de transición, hacia un modelo de producción de alimentos sanos. Estas prácticas apuntan entre otras cosas a comprender que un suelo fértil, es un suelo saludable, a través de sus condiciones físicas, químicas y biológicas que favorecen el crecimiento y desarrollo de los seres vivos.

La fertilidad está asociada a la disponibilidad de materia orgánica en los suelos. Desde hace años y a pesar de los resultados presentados por investigadores, donde se evidencia la disminución de materia orgánica (MO) bajo el sistema productivo actual, el productor argentino no muestra señales de intranquilidad, como sí lo hace frente a la aparición de malezas resistentes, insectos y hongos, que en síntesis están relacionados con la pérdida de fertilidad. El enmascaramiento que generan las innovaciones tecnológicas, como el mejoramiento genético y la tecnología de insumos disponibles, a saber fertilizantes, biocidas y maquinaria de última generación, mantienen los niveles de producción y hasta aumentan los rendimientos, generando un espejismo en el productor.

GLOSARIO

-Actinomicetes: microorganismos unicelulares procariotas (sin núcleo) muy abundantes en el suelo. Actúan descomponiendo sustratos carbonados como celulosa y hemicelulosa.

-Agroforestería: es un sistema productivo que integra árboles, ganado y pastos o forraje, en una misma unidad productiva.

-Alelopatía: se refiere a la acción de una planta que por diversas vías, libera al medio compuestos químicos, los cuales al ser incorporados por otra planta (receptora) provocan un efecto perjudicial o benéfico sobre germinación, crecimiento o desarrollo de esta última.

-Alogamia: es un tipo de reproducción sexual entre plantas, por medio de la polinización cruzada, donde se fecundan individuos genéticamente diferentes.

-Bacterias aeróbicas: organismos unicelulares procariotas que necesitan de un ambiente que contenga oxígeno para poder existir y desarrollarse adecuadamente.

-Bacterias anaeróbicas: bacterias que no necesitan oxígeno para vivir.

-Biodiversidad: es la variedad de formas de vida que se desarrollan en un ambiente determinado. Involucra a todas las especies de plantas, animales, microorganismos y su material genético.

-Biosfera: capa o envoltura de la tierra donde se alojan seres vivos, incluye cierta profundidad de suelo, de océanos y cierta altitud de la atmósfera.

-Calentamiento global: aumento de la temperatura media del sistema climático (por gases de efecto invernadero GEI (CO₂, CH₄, O₃, N₂O)).

-Combustión: proceso de oxidación acelerado que libera energía calórica a partir de la energía química contenida en la biomasa (similar a respiración).

-Cultivo acompañante: especie que se intercala a un cultivo principal y que brinda diversos beneficios; el más importante suele ser el de suprimir malezas.

-Densidad aparente: relación o cociente entre el peso y el volumen de suelo. ($P/V = \text{gr/cm}^3$, o kg/litro).

-Endocría: cruzamiento de individuos emparentados.

-Erosión genética: pérdida de biodiversidad genética.

-Estabilidad estructural: firmeza de los agregados ante la inmersión en agua.

-Evapotranspiración: suma de la liberación de vapor de agua desde el suelo (evaporación) y desde los seres vivos (transpiración).

-Exudaciones de raíces: amplia gama de compuestos que las plantas emiten a la rizósfera, mediante los cuales pueden regular la comunidad microbiana del suelo, hacer frente a herbívoros, cambiar propiedades físico-químicas del suelo, inhibir crecimiento de plantas competidoras.

-Fenotipo: caracteres visibles que un individuo presenta como resultado de la interacción entre su genotipo y el medio.

-Fitófagos: organismos que se alimenta de materiales vegetales.

-Hibridación: cruzamiento de diferentes variedades para obtener un nuevo organismo o híbrido.

-Homeostasis: es el estado interno relativamente constante de un sistema ecológico que se mantiene mediante mecanismos de autorregulación.

-Insumos industriales: son bienes generados a través de un proceso de transformación de materia prima (agroquímicos, fertilizantes, semillas, balanceados) y son utilizado para producir otros bienes como por ejemplo, productos agropecuarios.

-Leghemoglobina: es una proteína producida por plantas leguminosas capaz de unirse al oxígeno y participa en la simbiosis con las bacterias fijadoras de nitrógeno.

-Lisis: proceso de ruptura de la membrana celular que produce la salida de su material interno.

-Maíz híbrido: el que resulta de la mezcla entre dos o más variedades de maíz, con el objetivo de hacerlos más resistentes a problemas y/o enfermedades que afectan los cultivos de una forma natural, elevando la productividad del cultivo.

-Maíz criollo: también llamado *cultivar de polinización abierta o de polinización cruzada*, es el maíz tradicionalmente seleccionado, donde se mantiene la diversidad genética de la población, obteniéndose una **población mejorada**. Se pueden obtener nuevos y mejores tipos de plantas a partir de una población donde existe **variación**.

-Monoicas: plantas que tienen separadas las flores masculinas y femeninas en un mismo pie.

-Parasitoides: es un insecto que depreda o parasita a un insecto de otra especie.

-Pedigree: término utilizado en genética, es un método de selección y garantiza la pureza de raza.

-Planta hospedera: plantas que sirven como alimento, refugio o sitio de reproducción de insectos.

-Procesos metabólicos o metabolismo: procesos físicos y químicos de los seres vivos que incluyen la síntesis (anabolismo) o degradación de sustancias (catabolismo)

-Protozoarios: seres eucariotas (con núcleo celular definido), unicelulares que se alimentan de materia orgánica. Suelen ser de vida libre, aunque existen grupos que son parásitos.

-Selección masal: es un método de mejora, donde se elijen plantas individuales en base a su fenotipo. Las semillas de los individuos selectos se mezclan en partes iguales para el próximo ciclo de siembra y selección.

-Senescencia nodular: conjunto de alteraciones fisiológicas, bioquímicas y estructurales que son inducidas por envejecimiento natural, o cuando las plantas son sometidas a estrés.

-Simbiosis: interacción biológica y persistente entre organismos de diferentes especies.

-Trofobiosis: [*trofo:* alimento, *biosis:* existencia de vida] significa que cualquier ser vivo sólo sobrevive si existe alimento adecuado y disponible para él.

Francis Chaboussou, padre de la Teoría de la Trofobiosis, considera que una planta (o parte de una planta) cultivada solo será atacada por un patógeno (insecto, ácaro, nematodo, hongo, bacteria, virus) cuando en la savia contenga el alimento adecuado para estos patógenos, y este alimento esté constituido principalmente por aminoácidos. Las plantas tratadas de forma incorrecta contienen gran cantidad de aminoácidos. Una planta sana difícilmente será atacada por plagas y enfermedades.

-Variación Ambiental: atribuida a factores externos, no se transmiten a la siguiente generación.

-Variación Genética: depende de la constitución genética de cada planta, al reproducirse transmite sus caracteres a la descendencia.

BIBLIOGRAFIA

Bibliografía básica

*Altieri, M. y C.I. Nicholls. 2000. Agroecología. Teoría y práctica para una agricultura sustentable. Edición PNUMA. México.

*Gliessman, S. 2002. Agroecología: Procesos Ecológicos en Agricultura Sostenible.

*Sarandón, S. & Flores, C. 2014 Agroecología: bases teóricas para el diseño y manejo de Agroecosistemas sustentables. Universidad Nacional de La Plata. <<http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/37280>>

Bibliografía de consulta

Ecosistemas y Agro-ecosistemas

*Begon, M., Harper J.L. y C.R: Townsend. 1999. Ecología. Ediciones Omega. Barcelona.

*Brailovsky, A.E y D. Foguelman. 1991. Memoria Verde. Historia Ecológica Argentina. Editorial Sudamericana. Buenos Aires.

*Odum, Eugene. 1972. Ecología. Editorial Latinoamericana. México.

*Primavesi, Ana. 1982. Manejo Ecológico del Suelo. Edit. El Ateneo. Buenos Aires.

*Sutton, B. y Harmond, P. 1983. Fundamentos de Ecología. Ed. Limusa. México.

Prácticas Agroecológicas

*Altieri, M.A. y C. Nicholls. 2010. Diseños agroecológicos para incrementar la biodiversidad de entomofauna benéfica en agroecosistemas.

*Perez, M. y M.E. Marasas. 2013. Servicios de regulación y prácticas de manejo: aportes para una horticultura de base agroecológica. Ecosistemas 22 (1): 36-43.

Rotación de Cultivos

*30 años de experiencias. Rotaciones y secuencias de cultivos en la Región Mixta Cerealera del centro-sur bonaerense. 2012.

<<http://inta.gob.ar/documentos/30-anos-de-experiencias.-rotaciones-y-secuencias-de-cultivos-en-la-region-mixta-cerealera-del-centro-sur-bonaerense/>> Consultada 18/02/2014.

*Morón A., Marelli H., Sawchik J. y V. Gudelj. 2004. Indicadores de la calidad de suelos en experimentos de rotaciones de cultivos en Córdoba Argentina. En XIX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo.

*Tallarico Luis y Puricelli Carlos, 1983. Determinación del efecto de las rotaciones y sucesiones de cultivos sobre la fertilidad química y física del suelo en la zona centro de CREA. IDIA n° 409-412. 1983.- INTA. Bs. As.

*Casas, R.; Gil, R.; Irurtia; C.; Michelena, R.; Noailles Bosch; Veiga A.y Di Giácomo R., 2008. Libro: El suelo y su conservación. Editor. J.L. Panigatti (INTA). Castelar.

Cultivos de cobertura en agroecosistemas extensivos

*Álvarez, C., A. Quiroga, D. Santos y M. Bodrero (Eds.). 2013.

Contribuciones de los cultivos de cobertura a la sostenibilidad de los sistemas de producción. Ediciones INTA.

<<http://inta.gob.ar/documentos/contribuciones-de-los-cultivos-de-cobertura-a-la-sostenibilidad-de-los-sistemas-de-produccion/>>

Consultado 04/03/2015.

*Ruffo, M. L. e A. T. Parsons. 2004. Cultivos de Cobertura en Sistemas Agrícolas. Informaciones Agronómicas del Cono Sur, n° 21.

*Pound, B. 1999. Cultivos de Cobertura para la Agricultura Sostenible en América Latina. Agroforestería para la producción animal en

América Latina. FAO.

<<http://www.fao.org/Ag/aga/AGAP/FRG/Agrofor1/pound7.pdf>>

Consultado 18/03/2015.

Incorporación de maíces criollos

*Altieri M. y C. Nicholls, 2008. Los impactos del cambio climático sobre las comunidades campesinas y de agricultores tradicionales y sus respuestas adaptativas. Revista Agroecología, vol. 3, año 2008.

*ArgenBio, 2014. Cuaderno N° 43. Los cultivos transgénicos en Argentina y en el mundo.

<<http://porquebiotecnologia.com.ar/index.php?action=cuaderno&opt=5&tipo=1¬e=43>> Consultada el 17/03/2015.

*Biasutti C. *et al*, 2013. Compendio de Problemas y Ejercicios sobre Mejoramiento Genético Vegetal.

*Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentos. Gobierno de la Provincia de Córdoba. Informe de estimaciones agrícolas.

*Rossi D., 2007. Evolución de los cultivares de maíz utilizados en la Argentina. Revista Agromensajes. Facultad de Ciencias Agrarias UNR.

Actividad biológica del suelo

*Labrador, J. 2008. Manual Técnico manejo de suelos en los sistemas de producción ecológica. SEAE. 47 págs.

*Paredes, M. C. 2013. Fijación biológica de nitrógeno en leguminosas y gramíneas. Trabajo Final de Ingeniería en Producción Agropecuaria. F.C.A. Universidad Católica Argentina. <<http://bibliotecadigital.uca.edu.ar/repositorio/tesis/fijacion-biologica-nitrogeno-leguminosas.pdf>> Consultada el 08/04/2015.

*Pietrarelli, L.; J.L. Zamar, H.L. Leguía, E.E. Alessandria, J. Sanchez, M. Arborno y S.M. Luque. 2008. Efectos de diferentes prácticas de

manejo en la nodulación y en el rendimiento del cultivo de soja. Agriscientia, vol. XXV (2):81-87.

Fertilización con abonos orgánicos

*Teoría de la Trofobiosis. 2014. <<https://agrologia.wordpress.com>> Consultada 15/04/2015.

*Compagnoni, L. y G. Putzolu. 1998. Cría moderna de las lombrices y utilización rentable del humus. Ed. de Vecchi, S.A. Barcelona.

*Díaz, Eduardo. 2002. Guía de Lombricultura. Lombricultura una alternativa de producción para emprendedores y productores del agro. ADEX; Agencia de Desarrollo Económico Comercio Exterior. Municipio de La Rioja, Argentina. Formato digital pdf. 1-57p. <<http://www.biblioteca.org.ar/libros/88761.pdf>> Consultada el 04/03/2015.

*Fantino, V., D. Damen, S. Leguizamón, M. Silva Rossi, J. Garcia. 2003. Utilización de fertilizantes orgánicos en el cultivo de maíz. Para mejorar la producción, Maíz, campaña 2002/2003. Rev. n. 23. INTA V. Tuerto.

*INTA (Anónimo). 2005. Efecto de lombricomposteo y fertilizantes químicos en trigo. En Boletín INTA Informa N° 340.

*Leguía, H., L. Pietrarelli, S. Luque, J. Sanchez, E. Alessandria, M. Arborno, J. Zamar. 2004. El bosque nativo como referente de las condiciones hídricas de los suelos agrícolas. LEISA, 19 (4): 28-31.

Munroe, G. 2005. Manual of On-Farm Vermicomposting and Vermiculture.

<http://www.organicagcentre.ca/DOCs/Vermiculture_FarmersManual_gm.pdf> Consultada el 15/04/2015.

*Zamar, J.L.; Arborno, M.; Alessandria, E.; Pietrarelli, L.; Sanchez, J. y H. Leguía. 2007. Evaluación de la aplicación de lombricomposteo en cultivos estivales en sistemas productivos en transición hacia una

mayor agrodiversidad. Resumen publicado en VI Reunión Nacional Científico Técnica de Biología del Suelo. Río Cuarto, Córdoba.

El rol del ganado en la agroecología

*Caporal FR & JA Costabeber. 2004. Agroecologia e extensão rural. Contribuições para a promoção do desenvolvimento rural sustentável. MDA/SAF/DATER-IICA. Brasília DF. 119 pp.

*Altieri, M. y C.I., Nicholls, C. 2012. Agroecología: Única esperanza para la soberanía alimentaria y la resiliencia socioecológica. Agroecología, vol. 7, nº 2 (2012) < file:///E:/Descargas/182861-664801-2-PB.pdf> Consultada el 18/02/2015.

*Deambrosi A.; Capozzolo M.C. y C.G. Castro. Sistemas silvopastoriles. 2012. <<http://inta.gob.ar/documentos/sistemas-silvopastoriles/>> Consultada el 11/03/2015.

*Salcedo Salomón y Lya Guzman. 2014. Agricultura Familiar en América Latina y el Caribe: Recomendaciones de Política. <<http://www.fao.org/docrep/019/i3788s/i3788s.pdf>> Consultada el 11/03/2015.