



Gestión de cultivos extensivos de secano



"Crops for Better Soil" Life 10 ENV ES 471

Apuntes elaborados por: Asociación Vida Sana. Anexos de
Carlos Lacasta y Ramón Meco





ÍNDICE

1.- Gestión de cultivos extensivos de secano

1.1.- Elección de especies.....	4
1.2.- Elección de variedades.....	4
1.3.- La siembra.....	5
1.4.- La preparación del terreno.....	6
1.5.- Control de adventicias.....	6
1.6.- Fertilización.....	7
1.7.- Rotaciones y asociaciones.....	15
1.8.- Plagas y enfermedades.....	18
1.9.-Balance energético y el cambio climático.....	19

2.- Diversificación del paisaje agrario: los setos

2.1.- Los diferentes tipos de setos	21
2.2.- Funciones de los setos.....	22
2.3.- Elección de árboles y arbustos para formar el seto.....	24
2.4.- Como se planta el seto...25	

Bibliografía.....	27
-------------------	----

Anexo 1: Eficiencia en el cultivo del cereal de secano

Anexo 2: Lo que debe saber un agricultor para manejar el suelo y mantener su fertilidad y salud

Anexo 3: La rotación en cultivos herbáceos de secano



GESTIÓN DE CULTIVOS EXTENSIVOS DE SECANO

Cereales y leguminosas son los dos grupos de plantas con mayor importancia económica a nivel mundial. Se han encontrado leguminosas acompañando a cereales en todos los antiguos centros agrícolas. Así, en el Próximo Oriente, junto con la cebada y el trigo se han encontrado guisantes, lentejas, yeros, algarrobas y otras especies del género *Vicia* en vías de domesticación. En América se encuentra la asociación maíz-judía, en el Suroeste asiático el arroz va acompañado de diversas especies de judía mungo. En África se encuentra la asociación mijo/cayan, lablab y caupí.

Esto indica que en todas las civilizaciones cereales y leguminosas se han alternado o asociado en el cultivo. El agricultor sabía del beneficio para el suelo que representa el cultivo de las leguminosas, pero sólo es a finales del siglo pasado que se descubre que ese beneficio se debe a los *Rhizobium* que se encuentran asociados a sus raíces, formando nódulos.

En la actualidad, las leguminosas han perdido importancia a pesar de su multitud de usos, ya que las leguminosas se pueden utilizar para la producción de grano, como forraje o abono verde. Esta recesión de las leguminosas tiene varios motivos:

- La utilización de los abonos solubles de síntesis ha hecho que el nitrógeno haya dejado de ser limitante en la producción agrícola. Por otro lado, los abonos nitrogenados afectan desfavorablemente la instalación de leguminosas.
- La separación de la agricultura de la ganadería y la ganadería intensiva sin tierra, en la que la soja ha sustituido en gran medida a las leguminosas autóctonas en las raciones.
- La mecanización del campo, que sustituyó a los animales de tiro.



- El cambio en los hábitos alimenticios. Las legumbres han sido tradicionalmente la fuente principal de proteína. Pero su consumo, especialmente en la cultura occidental ha sido ligado a la penitencia, existiendo una reacción natural a sustituirlas por la carne, que por otro lado va unida a la idea de fiesta y riqueza.

1.1. Elección de especies

A la hora de elegir las especies que se van a cultivar se tomarán en especial consideración los requerimientos de suelo y clima. La adaptación de los cultivos a las condiciones del medio es la base para obtener unos resultados favorables.

1.2. Elección de variedades

Al inicio de la agricultura ecológica se decía que había que volver a las variedades antiguas, porque eran más resistentes, porque estaban mejor adaptadas. Al llevar esta idea a la práctica se ha visto como no siempre las variedades antiguas eran las más resistentes, ni las mejor adaptadas. Lo autóctono de ayer no es lo autóctono de hoy. Los medios físico, químico y biológico han sufrido grandes cambios y estas variedades antiguas han quedado estancadas en el tiempo. El agricultor las ha abandonado y en el mejor de los casos pequeños agricultores las han seguido manteniendo sin cuidar su selección. Así, lo que se ha visto con la práctica es que las variedades seleccionadas modernas daban mejores resultados que las variedades antiguas.

Pero esto no quiere decir que se tengan que dejar las variedades antiguas, no podemos dejar desaparecer nuestro patrimonio genético, tenemos que retomarlas y realizar sobre ellas una selección.

A la hora de elegir las variedades, a diferencia de los criterios de la agricultura convencional, lo que se tendrá en cuenta es la relación calidad/cantidad. Así, en el caso del trigo, por ejemplo, se elegirán variedades de buena calidad harino-



panadera, ya que en la posterior elaboración del pan biológico no se utilizan "mejorantes" de la harina.

1. 3. La siembra

En lo que se refiere a la siembra, no hay diferencias fundamentales con las técnicas clásicas. Se tiende a realizar siembras de precisión para facilitar el posterior laboreo en el caso de que las adventicias lo hagan necesario. La distancia entre las líneas vendrá condicionada por el apero que se utilice para el posterior laboreo.

Generalmente, se tiende a sembrar un poco antes que en el cultivo convencional, para que las plantas estén bien instaladas antes del invierno, y así compensar el retraso que tienen en primavera en relación con los cultivos convencionales, al no realizar aportes de nitrógeno soluble de cobertura. Con las siembras tempranas además se obtiene la ventaja de proteger mejor la estructura del suelo durante el invierno.

La dosis de siembra se aumentará entre el 5 y el 20% respecto a la utilizada en cultivo convencional. La razón fundamental para aumentar la dosis es controlar las adventicias. Con las siembras más densas, el cultivo presenta una mayor competencia frente a las adventicias y, por otro lado, se contrarrestan las pérdidas de plantas que se producen con el laboreo entrelíneas para eliminar las adventicias.

Normalmente, las semillas no son tratadas; sólo de forma esporádica se realiza algún tratamiento con extractos de plantas, o sulfato de cobre, cuando los análisis de las semillas indican el peligro de una enfermedad o cuando las condiciones climáticas favorecen alguna infección. Las semillas se suelen tratar así durante el periodo de reconversión hasta que el suelo se encuentra saneado.



1. 4. La preparación del terreno

En agricultura ecológica la preparación de un buen lecho de siembra es primordial para facilitar la germinación de las semillas y evitar la competencia de las adventicias. Si en los primeros estadios de desarrollo se produce un invasión de adventicias será muy difícil su eliminación, e incluso se puede llegar a perder el cultivo. Para limitar este problema, se suele realizar la falsa siembra, que consiste en preparar el suelo 10-15 días antes como si se fuera a sembrar, las adventicias germinan y entonces se realiza una rápida labor superficial, eliminando fácilmente las adventicias que han germinado, posteriormente se realiza la siembra.

1. 5. El control de adventicias

Para el control de las adventicias se cuenta con las medidas preventivas y por otra parte las medidas de lucha directa.

Las medidas preventivas para el control de las adventicias son bastante conocidas en agricultura convencional, pero están olvidadas porque la utilización de herbicidas es más fácil.

En primer lugar, la medida más eficaz para el control de las adventicias es una buena rotación. Ésta es la clave del éxito en agricultura ecológica, no sólo por el control de las adventicias sino también para la gestión del nitrógeno del suelo y como prevención de plagas y enfermedades.

En las siembras de primavera no se tiene que sembrar demasiado temprano, porque el cultivo tarda mucho en arrancar y entonces las adventicias pueden ser un problema para el cultivo.

La fertilización influye en gran medida en las invasiones de adventicias, así, los estiércoles no compostados y los aportes de abonos orgánicos ricos en nitrógeno,



como los purines, residuos de matadero, etc favorecen la invasión de ciertos tipos de adventicias, como diversas especies del género *Chenopodium*.

Los métodos directos son principalmente las escardas mecánicas. Antes de que existiesen los herbicidas los cereales se escardaban en primavera; esta técnica ha sido prácticamente abandonada y la agricultura ecológica la ha retomado.

Uno de los útiles más empleados para este fin son los cultivadores con brazos flexibles y las gradas de discos. Los quemadores sólo se utilizan en maíz, su uso está muy restringido por su elevado coste, además, la escarda mecánica es más eficaz.

1. 6. Fertilización

El nitrógeno suele ser el elemento limitante en el cultivo de los cereales. Cuando el suelo está vivo, el fósforo y el potasio se encuentran en forma de reservas fácilmente asimilables para el cultivo. Sin embargo, la gestión del nitrógeno es más difícil, siendo necesario aportarlo mediante el cultivo de las leguminosas, los purines, lisines, y otros abonos orgánicos ricos en nitrógeno. El problema se presenta porque los agricultores generalmente no disponen de estos fertilizantes en las cantidades que requiere el cultivo y, por otro lado, su coste es muy elevado. Es en este punto que el cultivo de las leguminosas dentro de la rotación cumple un papel muy importante.

Así que, en lo que se refiere a la fertilización nitrogenada, hay varias opciones, aportaciones de materias orgánicas ricas en nitrógeno fácilmente asimilable, elevando el contenido de humus en el suelo, cuya mineralización provea del nitrógeno necesario para el cultivo, o la fijación del nitrógeno atmosférico por medio de las leguminosas.

Generalmente, aun habiendo reservas suficientes de nitrógeno en el suelo, en primavera se produce una falta de nitrógeno, especialmente en los suelos



arcillosos y calcáreos, en los primeros porque el suelo tarda en calentarse y se produce una diferencia entre la temperatura de la atmósfera y la del suelo, por lo que los microorganismos del suelos están aún inactivos, mientras el crecimiento vegetativo de la planta está estimulado por las altas temperaturas. En los suelos calcáreos el humus se encuentra rodeado de una costra calcárea que dificulta la mineralización del humus. Los purines son el fertilizante más idóneo para solucionar este problema, y aquí se vuelve de nuevo a la problemática de la separación agricultura -ganadería, siendo difícil que los agricultores dispongan de los suficientes purines y lisines para fertilizar sus campos. Los resultados aplicando purines y lisines son semejantes al abonado de cobertera convencional (con nitrato de síntesis).

Durante una época se autorizó en agricultura ecológica la utilización del nitrato de Chile (nitrato sódico), para la fertilización de cobertera; sin embargo, este abono ahora ya no está autorizado, a pesar de su origen natural (proviene de excrementos de aves), es un nitrato soluble y, por lo tanto, presenta los mismos problemas de los nitratos de síntesis. Además, su elevado contenido en sodio es desfavorable para la estabilidad estructural de los suelos, por lo que su uso agronómicamente no es racional.

En ocasiones se utilizan abonos verdes de leguminosas para enriquecer el suelo en nitrógeno; pero, por regla general, resulta más económico utilizar las leguminosas asociadas a las gramíneas para el pastoreo o para producir heno, aunque con las deyecciones animales el suelo sólo recibe la tercera parte del nitrógeno fijado. Si bien las leguminosas destinadas a la producción de grano procuran una cierta mejora al suelo, los beneficios son siempre inferiores a los que se producen con el pastoreo.

Las especies que se suelen utilizar para el abonado en verde son lupinos, esparceta, vicia, medicago, *Pisum arvensis*, *Trifolium incarnatum* y *Lathyrus hirsutum*, cultivándose entre los cultivos principales.



El abono verde enterrado se descompone por completo en un periodo de 6-8 semanas, si las condiciones de humedad y temperatura son favorables. Hay que tener en cuenta que el abono verde no aumenta los contenidos de materia orgánica del suelo, por lo que no es un cultivo restaurador del suelo.

Cuando no hay animales, el abonado en verde es una práctica favorable, ya ampliamente difundida y estudiada. Sin embargo, cuando hay ganado, es preferible sustituirlo por el cultivo de pastos o cultivos para henificación.

Las leguminosas enriquecen el suelo en nitrógeno gracias a las bacterias simbióticas que se encuentran en sus raíces formando nódulos, los Rhizobium. No es la planta leguminosa en sí la que puede fijar el nitrógeno atmosférico, sino los rhizobium de los nódulos radiculares. Si no existen nódulos radiculares, o son ineficaces, la planta tiene que satisfacer sus necesidades de nitrógeno recurriendo al que contiene el suelo. Las leguminosas pratenses contienen dos veces más nitrógeno que las gramíneas por tonelada de heno seco, por tanto al ponderar las facultades fertilizantes de las leguminosas lo importante es que el proceso de nodulación sea eficiente, pues en caso contrario estas plantas no harán sino que agotar las reservas de nitrógeno del suelo con mayor rapidez que las gramíneas.

La presencia de nódulos de rhizobium en las raíces es una característica de la mayoría de las especies de leguminosas de las subfamilias de las faboideas y mimosoideas, siendo excepcional en las cesalpinoideas. Existen plantas pertenecientes a otras especies que también forman nódulos, como el *Alnus*, *Coriaria*, *Eleagnus*, *Ceanothus*, *Myrica*, *Podocarpus*, *Casuarina* y *Zygophyllum*.

La forma, número y distribución de nódulos varía mucho de una planta a otra. Las plantas anuales generalmente tienen nódulos grandes, carnosos, esféricos, piriformes, etc, aislados o en grupo, distribuidos sobre todo en torno a las raíces axonomorfas o en las laterales primarias.



Las perennes tienden a producir nódulos más pequeños, alargados, arracimados y muy distribuidos; en las partes jóvenes del sistema radicular se forman nódulos nuevos. El número total de nódulos de una planta oscila entre algunas unidades y varios millares, aunque la mera presencia de un gran número de nódulos no ha de tenerse como garantía de una fijación eficaz de nitrógeno.

Los nódulos también pueden ser producidos por infecciones de nematodos o de *Agrobacterium tumefaciens*; en estos, casos los nódulos son morfológicamente irregulares, mientras que los nódulos de rhizobium tienen una estructura regular.

Cuando el rhizobium carece de la planta hospedante apropiada no se verifica fijación de nitrógeno. Los rhizobium del trébol, alfalfa, guisante y judías se denominan de crecimiento rápido porque en un medio sólido se reproducen en abundancia en 5-7 días. Los rhizobium de la soja y el lupino necesitan unos 12 días, por lo que se denominan de crecimiento lento. Estos dos grupos presentan tendencias fisiológicas algo diferentes en sus reacciones a los factores de crecimiento y en sus necesidades de carbono y nitrógeno, siendo el más exigente el del grupo de crecimiento lento.

Con respecto a los factores físicos, la mayoría de los rhizobium se desarrollan de forma óptima entre 29 y 31°C, pero se conocen estirpes de *Rhizobium melilotis* que tiene su óptimo a 35°C. Todos los rhizobium presentan una misma tolerancia a la alcalinidad, con un límite de pH de 9,6. En cambio, la acidez los afecta de forma variable, siendo el *Rh. meliloti* el menos tolerante, con un límite de pH 5, mientras que *Rh. lupini* y *Rh. japonicum* son los más tolerantes, con límites de pH de 3,2 a 4,2. Los rhizobium son bacterias microaerófilas, toleran tensiones de oxígeno del 5% y menos, con una pérdida insignificante de actividad.

El hábitat natural de los rhizobium es el suelo, los organismos pueden adoptar una existencia libre separada de su simbiote y persistir durante muchos años. En general, cuanto más fértil es el suelo mayor es el número de rhizobium que contiene; pero en suelos poco fértiles, donde no se ha introducido ninguna



especie rizobial o bien ésta carece por completo de capacidad de persistencia, por competencia con otros organismos de la flora edáfica, siendo necesario recurrir a la inoculación artificial, no sólo para introducir los rhizobium apropiados, sino también para mantener la población dentro de unos niveles adecuados.

Una estirpe bacteriana puede asociarse al sistema radicular de cualquier grupo de leguminosas afines, pero no en leguminosas de otros grupos, sin que exista superposición entre las plantas afines a dos estirpes distintas. Esto ha dado lugar a la clasificación de las leguminosas hospedantes en los llamados grupos de inoculación cruzada que son la base adoptada para la diferenciación de las especies dentro del género *Rhizobium*. Seis de tales divisiones se han elevado a la categoría de especies, aunque al menos una de ellas es algo heterogénea y contienen grupos de relaciones inciertas.

Estirpes bacterianas	Grupos vegetales	Géneros y especies
1. <i>Rhizobium meliloti</i> 2. <i>Rh. trifolii</i> 3. <i>Rh. leguminosarum</i> 4. <i>Rh. phaseoli</i> 5. <i>Rh. lupini</i> 6. <i>Rh. japonicum</i>	Alfalfa, meliloto Trébol Guisante Judías Lupino Soja Sitao Especificidad de estirpe	<i>Medicago, Melilotus, Trigonella</i> <i>Trifolium</i> <i>Lathyrus, Lens, Pisum, Vicia</i> <i>Phaseolus</i> (en parte) <i>Lupinus, Ornithopus</i> <i>Glycine</i> <i>Acacia, Albrus, Albizzia, Alysicarpus, Andira, Arachis, Baptisia, Cajanus, Canavalia, Clianthus, Crotonaria, Cytisus, Cyamopsis, Derris, Desmodium, Dolichos, Enterolobium, Erythrina, Genista, Hadenbergia, Hymenaea, Indigofera, Inga, Kennedya, Lespedeza, Lonchocarpus, Mucuna, Parkia, Phaseolus</i> (en parte), <i>Piscidia, Pithecellobium, Platylobium, Pongamia, Pterocarpus, Pueraria, Pultanea, Stylosanthes, Stizolobium, Tephrosia, Ulex, Vigna, Voandzeia</i> Especies de: <i>Amorpha, Amphicarpa, Caragana, Cicer, Coronilla, Dalea, Lotus, Onobrychis, Robinia, Sesbania, Strophostyles</i>

Tabla 1.- Estirpes bacterianas relacionadas con los grupos vegetales con los que establecen simbiosis.

Fuente: Adaptado de Història Natural dels Països Catalans. Ed. Enciclopèdia Catalana.



La cantidad efectiva del nitrógeno fijado varía mucho. En circunstancias óptimas, la fijación de nitrógeno puede ser rápida y continuar durante todo el periodo de desarrollo. En circunstancias desfavorables, el periodo de fijación puede ser transitorio y escasa la cantidad de nitrógeno fijado. En el primer caso, se dice que la fijación es eficiente y en el segundo ineficiente. Thornton demostró en 1939 que la diferencia entre ambos casos era la duración del proceso, ya que mientras el proceso está en curso, el coeficiente de fijación por volumen unitario de células infectadas no difiere en ninguno de los casos.

En circunstancias favorables, una estirpe de *Rhizobium* puede infectar el sistema radicular de cualquier planta que pertenezca al grupo de nodulación cruzada de que se trate, pero su grado de eficiencia no quiere decir que en todas las plantas sea el mejor. Una estirpe puede formar una asociación eficiente con un hospedante del grupo de inoculación cruzada, demostrar una eficiencia intermedia con otro y una ineficiencia total con un tercero. En otros casos, una estirpe puede ser totalmente eficiente o ineficiente en los tres hospedantes. Este comportamiento se ha observado en todos los grupos de inoculación cruzada. Strong en 1937 descubrió que existe una relación típica entre cuatro estirpes de *Rh. trifolii* y tréboles rojo, blanco y subterráneo.

En las asociaciones ineficientes, la nodulación presenta una estructura característica. En general, se encuentran un gran número de nódulos pequeños, duros y esféricos, repartidos en todo el sistema radicular, que tiende a ser largo y con pocas raíces secundarias. Por el contrario, en las asociaciones eficientes, el número y distribución de los nódulos están relativamente restringidos y los nódulos son grandes rosados, carnosos, de formas diferentes, alojados en las proximidades del cuello y de las primeras raíces secundarias. Si se hace un corte longitudinal en el nódulo eficiente, encontramos un punto central de tejido de un color que va del rosa vivo al escarlata, debido a la presencia de leghemoglobina, que únicamente se producen en los nódulos eficientes ya maduros, durante la fase activa de fijación de nitrógeno y en los lóbulos más jóvenes de los nódulos



perennes. Si se interrumpe la fijación de nitrógeno, la leghemoglobina se convierte en legioleglobulina de color verde. La aparición verde en el tejido nodular es la prueba de que ha cesado la fijación de nitrógeno.

La nodulación se verifica en el momento de brotar la primera hoja verdadera. Los rhizobium entran por los pelos absorbentes. Se pueden infectar un gran número de pelos radiculares, pero solo una pequeña proporción de estos forman nódulos. En la inmediata proximidad de estos pelos absorbentes proliferan los rhizobium, sin duda por las excreciones radiculares. Dicho estímulo no es específico y pudiendo responder otros microorganismos de la rizosfera.

Nutman en 1948 llegó a la conclusión de que la suma total de las raíces laterales y los nódulos es relativamente constante y está regulada por factores hereditarios. Es decir, la infección de rhizobium solo es posible en ciertos focos predeterminados genéticamente.

En la senescencia, cesa la fijación de nitrógeno, como lo indica la aparición de legioleglobina. La longevidad del nódulo está estrechamente ligada con los hábitos de crecimiento del hospedante. En los vegetales herbáceos, los nódulos ineficientes comienzan a degenerar alrededor del séptimo día, pero los nódulos eficaces pueden permanecer intactos 5-10 veces más, los nódulos de las plantas leñosas a veces durante años. Cuando el nódulo degenera, se produce un ennegrecimiento general en todo el tejido, la superficie se arruga y se ablanda el tejido pulposo, en esta fase se desprende de la raíz.

La relación C/N es importante para regular la actividad nodular. Todo cambio que restrinja el suministro de carbono provoca una modificación en el nódulo. La fructificación, los extremos de temperatura o contenido de humedad del suelo, la defoliación y el sombreo, alteran la asimilación de carbono y, por tanto, la fijación de nitrógeno. Esto no es una situación irreversible aunque un nódulo no se vuelva a reactivar se pueden formar nuevos nódulos.



El ritmo de síntesis proteica a partir del nitrógeno fijado está íntimamente ligado con la rapidez de crecimiento de la planta; cualquier desequilibrio en la provisión de hidratos de carbono y nitrógeno afectan el otro componente.

Si la fotosíntesis es lenta y regular, los nódulos tienen asegurado el suministro de hidratos de carbono. Si la fotosíntesis se ve alterada y la fijación de hidratos de carbono disminuye o hay una aportación exterior de nitrógeno, la relación C/N se hace menor y la fijación puede llegar a anularse.

Factores que hacen disminuir la nodulación:

- Aportes de abonos nitrogenados, en estas condiciones los rhizobium pueden llegar a ser parásitos, porque el balance es negativo.
- Cuando hay nitrógeno en el suelo en el momento de la infección, no se produce.
- Cuanto más desfavorable sea la relación C/N mayor es la inoculación y la diseminación de los nódulos en las raíces.
- Carencia de fósforo en el suelo. Para que las bacterias puedan emigrar en el suelo hacia el sistema radicular es preciso que estas tengan motilidad y estén flageladas, el fósforo ejerce una acción pronunciada sobre la conservación de la motilidad. El fósforo contribuye al mantenimiento de unos buenos niveles de rhizobium en el suelo.
- El calcio es importante para las leguminosas y el rhizobium, si no hay niveles adecuados de calcio en el suelo, adoptan formas que le impiden invadir la planta.

El método más antiguo para introducir rhizobium en un campo en que no se hubiera producido con anterioridad una determinada leguminosa, consistía en hacer una aplicación superficial de suelo procedente de otro campo, en el que hubiera crecido la leguminosa a implantar, aplicándose de 1 a 24 Tm/Ha. Otro método era el de utilizar semillas no limpias y sembrar con ellas vainas, cascara, desechos y polvo de las semillas cosechadas anteriormente.



Se ha logrado aislar rhizobium para fijar el nitrógeno y las estirpes se han distribuido a escala comercial para inocular las semillas antes de la siembra.

El inóculo se pone en suspensión en una pequeña cantidad de leche o agua y se rocían las semillas con ella hasta humedecer la superficie. Se deja secar el tegumento y se siembra normalmente. La dosis es de 0,5 litros para 22-45 Kg de semillas de leguminosas.

Para manejar las semillas inoculadas se deben observar ciertas precauciones:

- No someterlas a una desecación prolongada.
- No exponerlas a los rayos directos del sol o a la acción de agentes químicos.

Por tanto, conviene sembrar las semillas inoculadas en suelo húmedo y no aplicar conjuntamente con abonos químicos, ya que al tener la mayor parte de ellos carácter ácido destruyen las bacterias.

1. 7. Rotaciones y asociaciones

En muchas ocasiones, la rotación practicada dista mucho de ser la rotación ideal, sobre todo en fincas que no disponen de ganado. La rotación está marcada por el aspecto económico, no todas las producciones tienen igual demanda. Las leguminosas que enriquecen el suelo en nitrógeno tienen un mercado muy reducido, a no ser que se valore en la misma finca con el ganado. Esto hace que en muchas ocasiones se repita demasiado un mismo cultivo o se hagan rotaciones muy cortas. Esto es lo que sucede con el trigo, uno de los productos con mayor demanda dentro del mercado biológico.

Los mejores rendimientos de cereales y especialmente de trigo se consiguen cuando sigue a una leguminosa, ya sea forrajera o para abono en verde, las leguminosas para grano no son tan eficaces en lo que se refiere a la fijación del



nitrógeno atmosférico. Cuando se cultiva una leguminosa para grano la cantidad de nitrógeno atmosférico fijado por hectárea se puede cifrar entre 0-50 Kg., según la leguminosa que se haya cultivado; en ocasiones, en suelos con problemas de asfixia, el balance de nitrógeno puede llegar a ser incluso negativo. En el caso de leguminosas forrajeras, el nitrógeno fijado por hectárea puede llegar a ser superior a 100 Kg. La mayor parte del nitrógeno fijado se encuentra en la parte aérea, las raíces y rastrojos suelen contener de un 10 a un 30% del nitrógeno total. Cuando después de dos años de alfalfa sembramos trigo los rendimientos obtenidos se asemejan a los de la agricultura convencional. Después del trigo se puede cultivar otro cereal con menos requerimientos en nitrógeno como puede ser la avena o cebada.

Cuando el agua no es limitante, se puede hacer un cultivo asociado de un cereal con una leguminosa forrajera plurianual, como puede ser el trébol, quedando la leguminosa una vez se haya recogido el cereal. Cuando el cereal es para la alimentación del ganado, se pueden cultivar de forma asociada cereal-leguminosa anual, es muy frecuente la asociación veza-avena, cuyos rendimientos cuando se cultivan de forma asociada son superiores a los obtenidos cultivando veza y avena de forma separada sucediéndose en una rotación.

La rotación, como se decía anteriormente, también tienen una importancia decisiva en el control de adventicias; en experiencias se ha mostrado como después de dos años de alfalfa la invasión de adventicias en cereal era 30 veces menor. En todas partes del mundo se encuentran ejemplos de rotaciones en los que los cultivos que roban fertilidad al suelo se alternan con aquellos que la devuelven en forma de materia orgánica y nitrógeno, estructura migajosa y sanidad del suelo en general. En el intervalo de reposo es necesario que el cultivo restaurador contenga una leguminosa en su composición, casi siempre asociada a una gramínea. Si las condiciones de clima y suelo son favorables, el mayor beneficio se obtiene con el pastoreo.



Para la agricultura de monocultivo la utilización de leguminosas en la rotación está condicionado por una cuestión técnica y económica. En estos casos la utilización de la leguminosa es para grano. En muchos lugares se utilizan las leguminosas como cabeza de la rotación para preparar el terreno, por ejemplo, se utiliza *Sesbania crotolaria* para sanear suelos alcalinos, en la región Jura suiza, y *Onobrychis viciaefolia* como cultivo preliminar en los suelos pedregosos. Las especies de *Pueraria* (kudzu) son también importantes plantas preliminares de protección de tierras erosionadas y pobres en nitrógeno.

La utilización de la alfalfa como cabeza de rotación durante 4-5 años se está imponiendo en aquellos lugares donde el régimen de humedad y el suelo lo permite, para pastoreo directo, ensilado o deshidratado.

En las asociaciones en pastoreo directo se establece un ciclo cultivo/ganado/suelo, que en condiciones favorables se puede llegar a producir de 6.350 Kg. M.S. equivalentes a 4 Tm en función del almidón, con un contenido medio de proteína del 20%.

En las asociaciones de hierbas para ensilado o heno el ciclo cultivo/ganado/suelo se rompe, éste es un sistema muy exportador, siendo necesario una fuerte restitución, como pueden ser las aportaciones de los deyecciones de los animales que se alimentan del forraje.

En las asociaciones gramínea-leguminosa las mezclas dependen de varios factores como:

- El clima.
- El uso.
- Las condiciones edáficas.

Según la riqueza de nitrógeno del suelo la mezcla puede variar desde leguminosas puras o casi puras o gramíneas puras o casi puras. Cuanto menor es



la riqueza en materia orgánica del suelo, y por lo tanto menor es la reserva de nitrógeno, mayor debe ser la proporción de leguminosas en la mezcla.

Antiguamente las mezclas de especies era mayor que en la actualidad, estas mezclas se hacían "a todo riesgo", confiando que las condiciones fueran favorables por lo menos para unas cuantas de las especies sembradas. Hoy en día las mezclas de los pastos se componen de una o dos gramíneas con una o dos leguminosas. Ello se debe en su mayor parte a los adelantos logrados en la preparación del terreno. Generalmente existen razones justificadas para incluir más de una leguminosa en la mezcla, por ejemplo, sembrar trébol rojo y blanco, con objeto de que el trébol rojo proporcione el grueso de las primeras siegas de heno y el blanco para que sea la leguminosa dominante durante el periodo siguiente.

1. 8. Plagas y enfermedades

La proliferación de plagas y enfermedades en el cultivo de los cereales es evidente que se encuentra relacionada con el aumento de la dosis de abonos nitrogenados. En agricultura ecológica, de forma esporádica y no de forma generalizada, se puede dar alguna invasión, pero se prefiere no tratar si no es importante, para no entorpecer el establecimiento del equilibrio biológico que se produciría al realizar algún tratamiento, incluso con insecticidas autorizados, como puede ser el neem o el pelitre, pues al no ser específicos también destruirían a la fauna útil. Así que los tratamientos quedan restringidos a casos extremos.

De todas formas, el problema de plagas en agricultura ecológica es mucho menor, además de por la no utilizar nitrógeno directamente asimilable, se realizan otras técnicas culturales que limitan la proliferación de las plagas, como son las rotaciones. Cuanto más larga sea la rotación, cuanto mayor sea la diversidad de cultivos, las invasiones de plagas serán menores. También se ha comprobado que en los campos en que las adventicias no se han eliminado al 100%, sino que



conviven con el cultivo sin suponer una fuerte carga para éste, las invasiones de pulgones eran menores. Este hecho se puede explicar porque las hierbas pueden servir de refugio a la fauna útil; en esta experiencia no sólo se pudo comprobar que el número de pulgones era menor sino que era mayor el porcentaje de pulgones parasitados en el cultivo. Esto viene a confirmar la hipótesis de que las adventicias favorecen la instalación de la fauna útil.

Las condiciones ambientales que predominan en la mayoría de las regiones donde se cultiva en secano, con inviernos fríos y veranos muy calurosos, son un factor importante que limita la presencia de plagas en los cultivos que en la mayoría de los casos son puramente anecdóticas.

1. 9. Balance energético y cambio climático

El consumo de energía para el cultivo extensivo de secano se hace mayor a medida que el cultivo se industrializa, cuanto más se moderniza la agricultura más desfavorable es su balance energético. En agricultura convencional se considera que el consumo energético para la producción de trigo blando es 103Kcal/Ha; en agricultura ecológica, utilizando el mismo nivel de mecanización, es aproximadamente la mitad, a causa del tipo de fertilización. La síntesis de los abonos nitrogenados precisa de un gran gasto de energía: de 2 a 3 Tm. de petróleo para sintetizar 1 Tm. de nitrógeno. De hecho los abonos nitrogenados suponen entre un 50-60% del balance energético. Por ello, al prescindir de los abonos de síntesis, el gasto energético es la mitad.

El número de labores que se realiza al cultivo y el tipo de maquinaria también tienen un efecto negativo en el balance energético. Cuanto mayor sea el laboreo y mayor la potencia de la maquinaria mayor es el consumo de gasoil. La energía asociada a la producción de la maquinaria, la obtención de semillas y de herbicidas tiene, por el contrario, muy poco efecto en el balance energético final.



Un balance energético positivo en favor de las técnicas de cultivo ecológico también influye en su repercusión sobre las emisiones de CO₂. El uso de abonos orgánicos aumenta los niveles de carbono retenidos en el suelo pero, como ya se ha apuntado, el factor más importante es el ahorro de combustibles fósiles que se produce al prescindir de los abonos químicos. En la siguiente tabla se resumen como las diferentes técnicas de la agricultura ecológica pueden tener efecto en la reducción de la emisión de gases con efecto invernadero.

	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
1. Uso de la tierra agrícola y su manejo			
Cubierta permanente del suelo	+++	-	+
Reducción de laboreo	+	-	+
Restricción del barbecho en regiones semiáridas	+	-	-
Diversificación de las rotaciones de cultivo	++	-	+
Restauración de la productividad en suelos degradados	++	+	-
Agroforestación	++	-	-
2. Utilización de estiércol y residuos			
Reciclaje de residuos urbanos y compost	++	-	+
Biogás de los purines	-	++	-
3. Ganadería			
Cría y manutención longevas	-	++	+
Restricción de la densidad de estabulado	-	+	+
Reducción de las importaciones de pienso	+	+	-
4. Fertilización			
Restricciones de la externalización de nutrientes	++	-	++
Utilización de leguminosas	+	-	+
Integración de la producción animal y vegetal	++	-	+
5. Cambios en la conducta del consumidor			
Consumo de productos regionales	+++	-	-
Aumento del consumo de vegetales	+	++	-
+++ muy alto, ++ alto, + bajo, - sin potencial			

Fuente: Kotschi & Müller-Säman (2004).

Tabla 2: Potencial de reducción directa e indirecta de reducción de los gases con efecto invernadero (GEIS) derivado de los principios de la agricultura ecológica.

FUENTE: GARCIA, A. (2006)



2.- DIVERSIFICACIÓN DEL PAISAJE AGRARIO: LOS SETOS

Los cultivos de secano se caracterizan en nuestro país por la poca biodiversidad a la que están asociados. Este hecho se ha visto acentuado por el uso sistemático de herbicidas que ha contribuido a la desaparición de especies ligadas a este agrosistema y provocando la selección de unas cuantas especies más resistentes y competitivas.

Sin embargo la biodiversidad en los sistemas agrarios juega un papel muy importante en aspectos como el control de plagas o la lucha contra la erosión. En cultivos extensivos de secano la rotación es una de las herramientas más recomendadas para incrementar la biodiversidad. La otra herramienta que podemos utilizar sin interferir en el cultivo es la instalación de setos y bandas boscosas que sirvan de refugio a la fauna útil, mejoren el microclima y eviten la erosión.

Cuando se habla de un seto, con frecuencia se asocia a una barrera de coníferas, que se planta para aislar del exterior o como cortaviento. Aquí vamos a dar un concepto más amplio; un seto es una pantalla de árboles y arbustos que cumplen diferentes funciones dentro del ecosistema agrario. Una verdadera red de setos y bandas de vegetación natural contribuyen a hacer más complejo el ecosistema agrario mejorando su capacidad de equilibrio y su productividad.

2.1.- Los diferentes tipos de setos

- Setos cerramiento. Son de pequeña altura. Formados por arbustos que resisten bien la poda. Se plantan en una o dos líneas espaciadas de 20 a 60 cm. , cuando los arbustos no se podan, la separación puede ser de 1 metro. La separación entre las plantas de la misma línea depende de si se trata de especies de hoja caduca -pierden la hoja en el otoño- o de hoja



perenne -los que siempre tiene hojas-; los de hoja caduca se plantan cada 70-80 cm y los de hoja perenne a 1-1,25 metros.

- Setos cortavientos. Son pantallas de árboles de mediana, o gran altura, formadas por árboles y arbustos plantados en dos líneas separadas no más de 1 metro. Según el tamaño se pueden distinguir:
 - Los pequeños cortavientos, cuando la altura que alcanzan no es superior a 10 metros. Los árboles y arbustos se plantan al mismo marco de plantación que en los setos cerramiento.
 - Los grandes cortavientos, están formados por tres pisos de vegetación:
 - Los árboles grandes, espaciados cada 2-8 metros, con tronco alargado.
 - Los árboles intermedios, con el tronco ramificado.
 - Los arbustos en formación de mata.
- Bandas boscosas. Se diferencian de los setos por tener una anchura mayor, al menos de 2 metros. Pueden estar formadas por:
 - Árboles únicamente, como ocurre en las plantaciones de chopos.
 - Mezcla de árboles y arbustos de diferentes tallas.

2.2.- Funciones de los setos

- Mejorar las condiciones microclimáticas. Los setos tienen un efecto de cortavientos. La eficacia como cortaviento depende de la permeabilidad y de la altura. Los setos semi-impermeables, poblados por la base, aseguran una protección de 10-20 veces su altura. Al limitar la velocidad del viento, el seto protege al suelo de la erosión. Favorece la producción vegetal, ya que al disminuir el viento, aumenta la humedad ambiente por lo que los estomas, poros por los que los vegetales realizan el intercambio gaseoso, pueden permanecer abiertos, y por lo tanto la entrada de gas carbónico y oxígeno es mayor. En las parcelas en donde se realiza el riego por aspersión, el riego es más eficaz, al ser más homogéneo.



La humedad ambiente es más elevada, lo que hace que del suelo se evapore menos agua y que las plantas transpiren menos, por lo que el agua que se acumula en el suelo es más aprovechada por las plantas. Al haber más humedad en el suelo, las diferencias de temperatura entre el día y la noche son menores, lo que favorece la actividad biológica del suelo.

- Control del agua del suelo. Los setos aumentan la cantidad de agua infiltrada en el suelo, al ralentizar la corriente de agua que discurre por la superficie del suelo, por lo que también tienen un efecto protector de la erosión producida por el agua. En los suelos con problemas de encharcamiento, los árboles favorecen el secado del suelo, al actuar como bombas que extraen el agua del suelo.
- Contribuyen a aumentar el equilibrio biológico. Un buen seto puede estar poblado por 10-20 especies de pájaros, 10-20 especies de mamíferos, varios cientos de especies de insectos, que contribuirán a mantener la salud de los cultivos, ya que muchos de ellos son depredadores de las especies que producen daños a las plantas.
- Aumento de la producción agraria. Diversos estudios apuntan a aumentos de un 20% de la producción agropecuaria en paisajes donde se ha establecido una red de setos respecto a aquellos paisajes simplificados.



CULTIVO	PAIS	AUMENTO
Remolacha azucarera	Alemania	11,4% (raiz) y 2,3% (azucar)
Remolacha forrajera	Ex URSS	21% (raiz) y 27% (hojas)
Trigo	Ex URSS	6% (grano) y 3% (paja)
Trigo	Francia	15% (secano) y 26% (regadio)
Trigo	Dinamarca	11,1% (grano) y 12,6% (paja)
Maíz	Rumanía	14-34%
Maíz	EEUU	10%
Maíz	Francia	10-15%
Cebada	Dinamarca	18,8% (grano) y 33,1% (paja)
Avena	Alemania	9%
Pradera	Rumanía	27-67%
Alfalfa	Dinamarca	21,5%
Gramíneas y trébol	Dinamarca	24,1%
Patatas	Dinamarca	16,9% 8,8% en protección única de viento E
Fresas	Dinamarca	45,3%
Manzanas	Dinamarca	16%
Manzanas	Países Bajos	75%
Peras	Países Bajos	121%

Tabla 3: Resultados de aumento de la productividad en espacios de diferentes países donde se han establecido redes de setos. FUENTE: ZALDUA, A. (2004)

2.3.- Elección de árboles y arbustos para formar el seto

La elección de los árboles y arbustos que se van a plantar, está condicionada por el tipo de suelo y clima de la zona. También hay que tener en cuenta el tipo de seto que se quiere realizar. En las zonas donde domina la agricultura se realizaran setos de poca altura; en cambio en las zonas en donde domina la ganadería, los setos podrán tener una mayor altura.

Los setos de árboles frondosos tienen más ventajas que los de resinosas, como los de cipreses. Los setos de frondosas tienen un efecto cortaviento superior. Las especies resinosas forman setos impermeables lo que obliga al viento que les toca a elevarse para descender al otro lado en forma de torbellino; la protección no supera a los 8-10 metros la altura. Esta acción de ser impermeable también hace que aumenten los riesgos de heladas de irradiación, al no dejar salir de la parcela



el aire frío. Las resinosas no rebrotan, por lo que no es posible regenerar el seto. Además, el número de animales que pueden albergar los árboles y arbustos frondosos es más elevado.

El seto es conveniente formarlo con una asociación de especies. Con las asociaciones se permite un mejor efecto cortaviento. Los árboles altos aseguran la protección en altura y los árboles y arbustos en forma de mata, aseguran la protección de la zona baja. Cuanto mayor es el número de especies que forma el seto, mayor es el número de especies animales que lo habitan, con lo se consigue un mejor equilibrio biológico. Pero sobre todo, con ello se consigue que, en caso de que alguna plaga o enfermedad afecte al seto, no todas las especies serán afectadas, por lo que el seto no desaparecerá. Al asociar las diferentes especies de árboles y arbustos, hay que tener en cuenta que estos tengan unas características comunes en lo que se refiere a sus requerimientos de suelo y clima. No se puede plantar una planta de suelos calcáreos, con otra que no tolera la presencia de cal en el suelo, o plantas que necesitan gran cantidad de agua con las que necesitan poca humedad.

2.4.- Como se planta el seto

La preparación del terreno, junto con la elección de plantas jóvenes para realizar la plantación, es la clave para que el seto se desarrolle correctamente.

Para la plantación del seto, la tierra debe de prepararse en el otoño. En primer lugar, se quitan las plantas espontáneas, retirando aquellas vivaces, como la grama, las zarzas... que pueden dificultar el crecimiento de las plantas del seto. Posteriormente, se realizará una labor profunda con el subsolador; se esparce compost bien hecho que se entierra superficialmente con el rotavator. La dosis de compost oscila entre 10.000 y 30.000 kg/ha según la fertilidad del suelo, cuanto más pobre sea el suelo, mayor ha de ser la cantidad de compost a aportar. En los suelos arenosos, la aportación de compost puede hacerse de forma fraccionada, realizando un segundo aporte de compost en la primavera.



Con frecuencia se cometen errores que son convenientes evitar, ya que posteriormente perjudicarán el crecimiento de los árboles, estos errores son:

- Pasar un apero rotativo, como el rotavator sobre las plantas espontáneas que se multiplican de forma vegetativa. Con esta labor, no sólo no se destruirán estas adventicias sino que se favorecerá su desarrollo.
- Trabajar sin que la tierra tenga el tempero; especialmente perjudicial si se trata de suelos arcillosos, donde se formarán terrones difíciles de romper en labores posteriores.
- Enterrar estiércol fresco en profundidad, donde los productos que se desprenden en la fermentación sin aire de estas materias, dificultan el desarrollo de las plantas.

Una vez realizada la plantación, es conveniente cubrir el suelo con paja o con otros restos orgánicos como pueden ser hojas o viruta de madera. Cuando en el suelo hay restos de plantas vivaces como la grama, la cobertura con paja dificulta la eliminación de estas hierbas lo que requiere un cuidado adicional del seto, por lo que en los casos en que en el suelo existan este tipo de plantas, es conveniente realizar la cobertura con lámina de plástico negro microperforado.

En los lugares secos, el riego es imprescindible hasta que las plantas se encuentran bien instaladas en el suelo. Normalmente es necesario el riego durante los dos primeros años. Generalmente, para asegurar la supervivencia del seto, es conveniente la instalación de un sistema de riego que garantice la humedad a las plantas en caso de necesidad.



BIBLIOGRAFÍA

ARBÚNIES, J; GARDE, M.; HERRANZ, E. (1995). Los setos en el medio rural. Monográficos Biolur.67 p.

DE ANDRÉS CAMACHO, C.; COSANO PORRAS, I.; PEREDA LÓPEZ, N. (2002). *Manual para la diversificación del paisaje agrario*. Ed Junta de Andalucía y Comité Andaluz de Agricultura Ecológica. 126p.

GARCIA, A. et al. (2006). *Contribución de la agricultura ecológica a la mitigación del cambio climático en comparación con la agricultura convencional*. Agroecología 1, 75-88.

GUZMAN CASADO, G. y ALONSO MIELGO, A. AM. (2000). Los setos en el manejo de plagas en agricultura ecológica. Boletín nº 4.3/00. Comité Andaluz de Agricultura Ecológica. 15p.

LABRADOR, J; PORCUNA, J. L.; BELLO, A. (2002). *Manual de agricultura y ganadería ecológica*. Ed Mundi-Prensa. 245p.

LABRADOR, J; PORCUNA, J.L; REYES PABLOS, J.L. (2004). *Conocimientos, técnicas y productos para la agricultura y la ganadería ecológica*. Ed Juana Labrador y SEAE. 382 p.

LAMPKIN, N. (2001). *Agricultura ecológica*. Ed Mundi-Prensa. 724p.

MECO, R.; LACASTA, C.; MORENO, M.M. (coord.).(2011). *Agricultura ecológica en secano Soluciones sostenibles en ambientes mediterráneos*. MARM y Ed Mundi-Prensa. 495p.

VARIOS (1999). *Cultivos herbáceos en agricultura ecológica*. Hoja divulgativa nº 1/99 de la Conserjería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía. 10p.

VARIOS (2007) *Agricultura Ecológica de Cereales*. Proyecto Ecolearning. Programa Leonardo.

ZALDUA ESTEBAN. A. (2004). *Manual para la recuperación de setos en Navarra. Metodología para la selección de especies y técnicas de restauración vegetal*. Gestión Ambiental, repoblaciones y viveros de Navarra.



Webgrafía

La cerealicultura ecológica es más rentable. Estudio energético y económico
http://www.magrama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_Ferti%2FFerti_2001_3_23_28.pdf

Cultivos herbáceos en producción ecológica
<http://oe.confolio.org/scam/29/resource/126>

Agricultura ecológica en cereales de secano
<http://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/portal/export/sites/default/comun/galerias/galeriaDescargas/cap/produccion-ecologica/cerealeco1.pdf>

Agricultura ecológica: una alternativa económica y energética para los agrosistemas de cereal en el secano español
http://www20.gencat.cat/docs/DAR/AL_Alimentacio/AL01_PAE/06_Publicacions_material_referencia/Fitxers_estatics/ae_alternativa_seca_espanyol.pdf

Cultivo ecológico en agrosistemas cerealistas
http://www20.gencat.cat/docs/DAR/AL_Alimentacio/AL01_PAE/06_Publicacions_material_referencia/Fitxers_estatics/cultivo_eco_cerealista.pdf

Producción ecológica de cereales en secano semiárido
http://www20.gencat.cat/docs/DAR/AL_Alimentacio/AL01_PAE/06_Publicacions_material_referencia/Fitxers_estatics/cereals_seca_semiarid_aragon.pdf

Hacia la autosuficiencia energética en el cereal de secano un estudio de caso en orce (Granada)
http://dspace.unia.es/bitstream/handle/10334/203/0079_Aguilera.pdf?sequence=1

Manual de Biodiversidad Agraria. Junta de Andalucía y COAG
http://www.coagandalucia.com/extras/publicaciones/MANUAL_BIODIVERSIDAD-web.pdf

Manual Sostenibilidad en la gestión de los sistemas agrarios y forestales: beneficios para la biodiversidad de la Junta de Andalucía
http://www.juntadeandalucia.es/opencms/opencms/system/bodies/contenidos/publicaciones/pubcap/2010/pubcap_3497/Guxa_Sostenibilidad_baja_resolucixn.pdf

Manual básico para la recuperación de la flora de interés ecológico en espacios agrícolas
<http://www.asociacionanse.org/publicaciones>



ANEXO 1: Eficiencia en el cultivo del cereal de secano



ANEXO 2: Lo que debe saber un agricultor para manejar el suelo y mantener su fertilidad y salud



ANEXO 3: La rotación en cultivos herbáceos de secano