

## **CAPÍTULO 13**

### **MANEJO DE LA BIODIVERSIDAD EN AGROECOSISTEMAS**

*Claudia C. Flores y Santiago J. Sarandón*

#### **Introducción**

La promoción de agroecosistemas y paisajes diversificados es una estrategia clave a la hora de avanzar en el diseño de sistemas basados en los principios de la Agroecología. La idea central es transformar la estructura y función de los agroecosistemas para optimizar los servicios ecológicos que brinda la biodiversidad (ver Capítulo 5). De esta manera, se busca disminuir el uso de insumos externos y minimizar los impactos ecológicos, económicos y sociales derivados de su uso (ver Capítulo 1).

El diseño y manejo de la biodiversidad dentro de los agroecosistemas incluye a la diversidad productiva o planificada (animales y cultivos), el resto de la vegetación, la biota funcional que vive en el suelo y los demás organismos que cohabitan con dichas plantas (beneficiosos, dañinos y otros), incluyendo los que son introducidos como parte del manejo (controladores biológicos, micorrizas, polinizadores, entre otros).

El manejo de la diversidad vegetal (tanto cultivada como espontánea) es estratégico, porque conlleva a un incremento de la diversidad en la biota asociada. El aumento de la diversidad puede lograrse con diferentes estrategias: rotaciones de cultivos, el uso de policultivos, el uso de abonos verdes o cultivos de cobertura, a través de sistemas agroforestales, bordes, cercas y manejo de la vegetación espontánea. Todo esto está estrechamente relacionado con los objetivos y conocimientos de los agricultores, es decir, de la diversidad cultural.

El objetivo de este Capítulo es analizar algunas de estas estrategias de manejo de la biodiversidad en los agroecosistemas con el propósito de reducir su vulnerabilidad ecológica tanto a nivel de la finca como del paisaje rural.

## Ventajas de la diversificación

El incremento de la diversidad en agroecosistemas es una estrategia de manejo que ha demostrado muchas ventajas, entre otras (Power, 1999):

- Conlleva a una mayor diversidad de biota asociada.
- Asegura una mejor polinización y una mayor regulación de plagas, enfermedades y malezas.
- Mejora el reciclaje de nutrientes y la captación de energía.
- Los sistemas diversos y complejos tienden a tener mayor productividad total.

Este incremento de la biodiversidad puede lograrse de diversas maneras actuando tanto sobre la vegetación cultivada como sobre la vegetación extra-cultivo.

## Estrategias para el aumento de la diversidad cultivada

Un manejo adecuado de la diversidad cultivada implica la elección, entre el conjunto de recursos genéticos disponibles, de aquellas especies y variedades que generen las mejores cualidades emergentes para aumentar la estabilidad y la productividad del sistema (ver Capítulos 5 y 6) (Soriano Niebla & González Gutiérrez, 2012)

Para ello se pueden utilizar diferentes estrategias:

## Rotaciones

Se define como rotación a la alternancia regular y ordenada en el cultivo de diferentes especies vegetales en secuencia temporal en un área determinada (Geisler, 1980). En consecuencia, las rotaciones incrementan la diversidad temporal y espacial del agroecosistema (Francis & Clegg, 1990).

Se pueden diseñar muchos esquemas diferentes de rotaciones de cultivos pero los mismos deben ajustarse a las siguientes pautas (Arnon, 1972 modificado):

- Alternar especies de plantas con diferente habilidad para absorber nutrientes del suelo o que tengan sistemas radicales que alcancen diferentes profundidades. Es decir aquellas especies que tengan nichos ecológicos parcialmente superpuestos (ver Capítulo 9)
- Alternar especies vegetales susceptibles a ciertas enfermedades y plagas con aquellas que son resistentes: de esta manera se logra, entre otros objetivos, disminuir la presión de selección y reducir la aparición de resistencia.
- Planificar las secuencias teniendo en cuenta todo efecto negativo o positivo de un cultivo sobre el siguiente. Estos efectos se asocian a la liberación de sustancias tóxicas (alelopatía), al suministro de nutrientes, al incremento de materia orgánica, etc.
- Alternar el uso de cultivos que tienden a agotar el suelo con cultivos que contribuyen a mejorar su fertilidad (por ejemplo gramíneas y leguminosas)
- Alternar especies con diferentes necesidades de mano de obra, máquinas e implementos, agua, etc. en épocas diferentes.

El potencial de las rotaciones de cultivos, como estrategia adecuada para manejo de los agroecosistemas ha sido reconocida debido a sus principales características (Studdert & Echeverría, 2000):

- Permiten la combinación de cultivos con distintas estrategias y momentos de utilización de recursos (leguminosas que fijan nitrógeno, cultivos con

sistemas radicales superficiales, cultivos con sistemas radicales profundos, etc.) o que exhiban otras características que incidan sobre el suelo o las plantas (por ejemplo, especies alelopáticas).

- Contribuyen al control de malezas, plagas y patógenos.
- Inciden sobre las propiedades del suelo y la erosión del mismo.
- Viabilizan el manejo de la cantidad y la calidad de los productos exportados del sistema de producción y de los residuos que se restituyen al suelo,
- Promueven una diversificación de la producción que da al sistema una mayor estabilidad frente a adversidades ambientales y/o económicas-financieras.

*La alternancia de especies con diferente hábito de crecimiento, precocidad, sistema radical (profundidad, masa, longitud, capacidad exploratoria), uso de agua y nutrientes, resistencia a enfermedades, diferentes habilidades de competencia y asociación con malezas produce un mayor equilibrio de la biodiversidad y de las características químico-físicas del suelo. Esto conduce a una combinación de factores abióticos (suelo y clima) y bióticos (enfermedades, plagas de insectos y malezas) que favorece el crecimiento y desarrollo de las plantas de interés económico (Karleen et al, 1991, Karleen et al., 1994).*

Las rotaciones de cultivo brindan numerosos efectos benéficos para la optimización de numerosos procesos ecológicos. Aunque su importancia fue reconocida desde tiempos ancestrales es, en apariencia, una práctica tan sencilla y poco espectacular que fue una de las primeras prácticas en ser descartadas con el advenimiento de la agricultura industrial.

Desde el punto de vista de los *procesos de regulación biótica*, Francis & Clegg (1990) establecieron los efectos de la rotación de cultivos sobre la interrupción de los ciclos biológicos de enfermedades y artrópodos. Lampkin (1990), por su parte, señaló que en los sistemas de producción orgánicos, las rotaciones constituyen la medida principal para el control de malezas, plagas y enfermedades.

Las rotaciones contribuyen a los procesos de regulación biótica debido a cambios en la susceptibilidad a las plagas y enfermedades de los cultivos involucrados en la rotación, por cambios en las labores de los diferentes cultivos

(que permiten interrumpir el ciclo de las plagas y patógenos) o por la generación de residuos que promueven la actividad de organismos antagónicos de plagas y enfermedades (Altieri, 1999; Altieri & Nicholls, 2000; Gliessman, 2001).

Por ejemplo, Martinuk & Wagner (1978) encontraron que las rotaciones de cultivos provocaron una reducción de hongos del género *Fusarium* comparados con sistemas que recibieron fertilización química (NPK) o estiércol.

Por su parte, Baxendale (1987, citado por Francis & Clegg 1990) señaló que, en el cultivo de maíz, el crecimiento de las poblaciones de *Diabrotica sp* a niveles de importancia económica ocurrió en menos del 1% de los casos si el antecesor fue soja y en 1/3 de los casos si el antecesor fue maíz.

Desde el punto de vista del control de malezas, Lamping (1990) señala la importancia de las rotaciones dado que las comunidades de malezas son particularmente sensibles a los cambios en las especies de cultivos usados de una estación a otra. Diferentes especies de cultivos compiten o suprimen el crecimiento de malezas con distinta intensidad. Por ejemplo, la avena (*Avena sativa*) tiene una alta competitividad con las malezas en comparación al trigo (*Triticum aestivum*). Por lo tanto, puede ser incluida tardíamente en la secuencia de cultivos (Giaccio, 2013) para limpiar el lote antes del inicio de una nueva secuencia.

Otras especies que pueden ser incluidas en la rotación son capaces de generar efectos alelopáticos que impiden el desarrollo de las malezas. Se ha observado que el sorgo, el girasol y otros cultivos reducen el uso de herbicidas tanto durante su desarrollo como en años siguientes (Sampietro, 2013).

Por otra parte, la inclusión de praderas en el esquema de rotaciones, permiten la reducción de la población de malezas por competencia con las especies forrajeras de mayor vigor así como por su remoción por el pastoreo o corte (Venegas, 1990).

Desde el punto de vista del *ciclado de nutrientes* las rotaciones son de vital importancia ya que modifican la cantidad y calidad de la materia orgánica del suelo y con ello el aporte de nutrientes para cultivos futuros. Por ejemplo, Latanzzi *et al.* (2006), en ensayos realizados en Marcos Juárez, Argentina, encontraron que las

rotaciones agrícolas que incluyeron gramíneas y leguminosas (Trigo/Soja-Maíz; Maíz-Soja; Sorgo-Soja) fueron más eficientes para incorporar carbono que las de alta proporción de leguminosas (Trigo/Soja-Soja; Girasol-Soja y Soja-Soja).

Desde el punto de vista del *control de la erosión* la alternancia de cultivos permite disminuir las pérdidas de suelo ocasionadas por este fenómeno. Por ejemplo, según una investigación realizada por el grupo de Recursos Naturales del INTA Paraná (Entre Ríos, Argentina), la rotación de cultivos disminuye la pérdida de suelos de 500 a 1100 kg\* ha<sup>-1</sup>\*año, comparada con el monocultivo de soja. Además, según el mismo estudio, las rotaciones disminuyen a la mitad la pérdida de agua por escurrimiento superficial (INTA informa, 2011).

## **Policultivos**

Los policultivos, cultivos mixtos, intercropping o cultivos consociados son sistemas de cultivos múltiples, donde dos o más cultivos crecen juntos en la misma superficie de tierra durante parte o todo su ciclo.

Contribuyen al aumento de la diversidad específica, vertical, estructural y funcional de los agroecosistemas (Gliessman, 2001) (ver Capítulo 5) presentando como beneficios un mejor comportamiento ante la presencia de adversidades (enfermedades, malezas y plagas) y/o una mayor eficiencia en el uso de los recursos (Sarandón & Labrador Moreno, 2002; Sarandón & Chamorro, 2003).

Sin embargo, estos beneficios no se logran simplemente mezclando un cultivo con otro. Para poder desarrollar con éxito un sistema de policultivo es fundamental entender los mecanismos ecológicos que pueden provocar su mayor rendimiento. Muchos fracasos en el uso de este sistema de cultivos múltiples se deben al hecho de no haber comprendido sus principios de funcionamiento: sólo se han copiado asociaciones de cultivo que en algún otro agroecosistema han resultado exitosas pero que trasladadas a otras situaciones no reproducen dicho éxito. Es por esto que se dice que los policultivos son sitio específicos dado que

los resultados no pueden extrapolarse linealmente de un sitio a otro. Por ello, es fundamental entender los principios ecológicos en que se basan.

*Principios ecológicos que explican el funcionamiento de los policultivos:  
Producción Competitiva y Facilitación*

Según Vandermeer (1989), existen dos principios que explican los mecanismos del mayor rendimiento de los policultivos, comparados con los cultivos puros: el principio de producción competitiva y el principio de facilitación.

El principio de **producción competitiva** se produce cuando un componente del policultivo tiene un efecto sobre el ambiente, que causa una respuesta negativa en el otro componente de la mezcla, pero aun así, ambos pueden utilizar más eficientemente los recursos necesarios cuando crecen juntos que cuando lo hacen separados. Existe competencia pero ésta es sólo parcial porque existe un solapamiento parcial de los nichos ecológicos (ver Capítulo 9).

El **principio de facilitación** se observa cuando un componente modifica el ambiente de tal manera que beneficia a la segunda especie o genotipo. Este sería el caso de una planta que sea hospedera de un enemigo natural de una plaga de la planta acompañante. En este caso, la asociación de ambas plantas produce un beneficio que desaparece cuando están separadas.

*Los fenómenos de competencia y facilitación pueden darse juntos, y el resultado final del policultivo dependerá de cuál de los dos prevalezca.*

Cuando la competencia es mayor que el beneficio de la facilitación, entonces el comportamiento del policultivo es peor que el del cultivo puro. Este puede ser el caso del comportamiento de algunas mezclas de cultivares desarrolladas para disminuir el daño de plagas: en presencia de la plaga, el comportamiento de la mezcla puede ser mejor que el de los cultivos puros pues predomina el efecto de

facilitación por sobre el de competencia; en ausencia de la enfermedad, el efecto de la competencia entre los componentes de la mezcla puede ser mayor que el beneficio de la resistencia al patógeno y el resultado final de la mezcla puede ser peor que el de los cultivos puros (Sarandón & Labrador Moreno, 2002).

La relación entre competencia y facilitación puede depender también de la densidad de siembra de los componentes y de las prácticas agronómicas tales como la fertilización o el riego, lo que sugiere la importancia de elegir una adecuada combinación de los componentes de la mezcla para cada condición de cultivo. La evaluación correcta del comportamiento de los policultivos se vuelve entonces una herramienta esencial para definir su conveniencia (Anexo 13.1).

### *Beneficios del uso de policultivos*

Al igual que en el caso de las rotaciones se han encontrado beneficios en el uso de policultivos para mejorar los *procesos de regulación biótica*. Uno de estos beneficios tiene relación con la regulación poblacional de los insectos herbívoros por la alteración de los mecanismos “*bottom-up*” y “*top-down*” (ver Capítulo 10) a través de medios físicos (protección contra el viento, ocultamiento, sombreado, alteración del color, o la forma) o la interferencia biológica (presencia de estímulos químicos adversos, presencia de parasitoides, etc.).

Según Altieri (1992) las hipótesis que explicarían la menor incidencia de plagas en los policultivos son la hipótesis de los enemigos naturales, la hipótesis de concentración del recurso (ver Capítulo 10), la hipótesis de la resistencia asociacional y la hipótesis de la apariencia de las plantas.

La resistencia asociacional se refiere a que los policultivos brindan una estructura, ambiente químico y microclimas relativamente complejos, además de la resistencia individual. La estratificación de la vegetación dificulta a los insectos la localización de su alimento y la permanencia en pequeños sectores favorables cuando las condiciones microclimáticas son muy fraccionadas.

La hipótesis de la apariencia de las plantas se basa en que la efectividad de las defensas naturales es reducida en los monocultivos, que hacen a las plantas “más aparentes” a los herbívoros que lo que fueron sus antecesoras.

### **Anexo 13.1 ¿Cómo evaluar el comportamiento de un policultivo?**

Una de las limitaciones al desarrollo de estos sistemas de policultivo es la complejidad para evaluar su comportamiento con relación al monocultivo. Esto está asociado a que, para evaluar la performance de los mismos, es necesario utilizar un enfoque holístico para medir el rendimiento del sistema como un todo y no sólo sus componentes.

En la evaluación de un sistema de cultivos múltiples, puede haber 3 posibles situaciones deseables (Sarandón, 2002):

- 1) Que el policultivo rinda más que el cultivo más productivo en monocultivo: Es el caso de las pasturas, mezclas de cultivos muy similares o mezclas de cultivares de la misma especie. Se busca maximizar el rendimiento.
- 2) Que el policultivo tenga por objetivo el rendimiento de un cultivo principal y algo de rendimiento de un cultivo acompañante.
- 3) Que el sistema de policultivo rinda más que los mismos cultivos sembrados puros. En este caso el agricultor necesita la producción de todos los componentes del policultivo y no uno sólo. Lo que se busca es el rendimiento del sistema como un todo.

La manera más frecuente de evaluar el comportamiento de una mezcla es usando índices como la Razón Equivalente de Tierra (Land equivalent ratio o LER) o el Rendimiento Relativo Total (Relative Yield Total o RYT). Este índice da una idea de la cantidad o superficie de tierra que se requiere, sembrando los componentes de un policultivo por separado, para obtener el mismo rendimiento que se obtiene cuando ambos crecen asociados. A mayor valor de este índice, mayor ventaja del policultivo respecto a la siembra de cada uno de los componentes de la mezcla en monocultivo. Por ejemplo, un valor de 1,2 indica que se necesitarían 1,2 has de tierra si se sembraran dos cultivos por separado, para obtener lo que se obtendría en sólo 1 ha si se sembraran juntos.

El valor de LER o RYT de una mezcla dada es la suma de los rendimientos relativos de sus componentes comparados con el monocultivo (Silvertown, 1982). LER o RYT es calculado como:

$$\text{RYT} = \text{RY}_{ij} + \text{RY}_{ji}$$

Siendo  $\text{RY}_{ij} = Y_{ij}/Y_{ii}$  y  $\text{RY}_{ji} = Y_{ji}/Y_{jj}$

donde  $Y_{ij}$  es el rendimiento relativo del cultivar (o especie)  $i$  en la mezcla con el cultivar (o especies)  $j$ ,  $Y_{ii}$  es el rendimiento del cultivar (o especies)  $i$  cuando crece puro.

Parece un poco complicado (de hecho, es más complicado que medir sólo el rendimiento de un cultivo), pero es bastante sencillo. Un valor de RYT o LER mayor a 1 indica un mayor rendimiento o un beneficio del policultivo contra el monocultivo. Un valor igual a 1 indica que no hay ventaja (indiferencia) y un valor menor a 1 indica que el rendimiento o comportamiento del policultivo es peor que el de los cultivos aislados.

Otro mecanismo es el efecto de los cultivos trampa. En este caso, el cultivo asociado es preferido por la plaga que, de otra manera, atacaría al cultivo principal.

A pesar de que estas hipótesis intentan explicar las razones por las cuales los policultivos son menos atacados por plagas que los monocultivos, existen numerosos casos en que ninguna de ellas da cuenta completamente del por qué los policultivos son menos atacados que los monocultivos por las plagas. Se debe tener en cuenta que no siempre los cultivos asociados logran su objetivo con la plaga deseada, lo que sugiere que el efecto del intercultivo y la efectividad de los cultivos trampa suele ser específico y que no puede generalizarse como receta.

Por ejemplo, en un experimento realizado con crisantemo (*Deandranthema grandiflora* Tzvelev) intersembrado con trébol subterráneo (*Trifolium subterraneum* L.) para analizar el comportamiento del trips *Frankliniella occidentalis* (den Belder *et al.*, 1999) la presencia del trébol no sólo no disminuyó los niveles poblacionales del trips en crisantemo, sino que, ante un mismo nivel de ataque, las plantas de crisantemo consociadas con trébol, presentaban mayores daños que las que estaban solas. Estos autores concluyen que la calidad del alimento puede ser modificada por el cultivo acompañante y que esto habría motivado el mayor daño.

La distancia y distribución de las plantas consociadas es muy importante en el diseño de sistemas de policultivos. Potts & Gubnadi (1991) encontraron que el policultivo redujo las poblaciones de *Myzus persicae*, *Aphis gossypii* y *Empoasca spp.*, cuando la separación entre las plantas de papa y cebolla fue menor de 0,75m., pero no a mayores distancias.

La elección, por lo tanto, del sistema más apropiado debe estar basada en el conocimiento de las características del agroecosistema, de la dinámica de la plaga, sus hábitos de búsqueda y localización de las plantas hospederas y de la interacción que tiene lugar entre las plantas que componen el policultivo.

Por otra parte, existen numerosos estudios de los beneficios del uso de policultivos o mezclas de cultivares para mejorar el comportamiento ante las enfermedades, especialmente para el caso de los cultivos extensivos en zonas templadas, como los cereales. En algunos casos, las mezclas de cultivares han

logrado una reducción del 97% en la incidencia de enfermedades en comparación con el monocultivo (Finckh & Mundt, 1992).

La diversificación para el control de las enfermedades puede alcanzarse de dos maneras: el uso de multilíneas y la mezcla de cultivares.

Las multilíneas consisten en una mezcla de una serie de líneas puras, de comportamiento agronómico similar, para introducir diversidad dentro de una variedad para lograr lo que se conoce como resistencia horizontal. Por ejemplo, Borlaug (1959) propuso obtener multilíneas de trigo retrocruzando líneas que diferían en su susceptibilidad a diferentes razas de royas, pero manteniendo la uniformidad en otras características agronómicas.

Las mezclas de cultivares, en cambio, están compuestas por diferentes cultivares o genotipos seleccionados por su buena capacidad combinatoria “a priori” (nichos parcialmente superpuestos), mezclados en diferentes proporciones. No se busca necesariamente una uniformidad en los caracteres agronómicos.

El uso de policultivos ha sido considerado también como una estrategia adecuada para el control de malezas, basado en su capacidad para explorar y utilizar más eficientemente los recursos en comparación con los monocultivos. Por lo tanto, menos recursos quedan disponibles para las malezas. Liebman & Dyck (1993) enumeraron una serie de experiencias donde la disminución en la biomasa de las malezas en los policultivos, fue mayor que la de los componentes de la mezcla cuando crecen solos (ver Capítulo 11).

Además de las ventajas que presentan los policultivos en relación al control de adversidades, uno de los aspectos más relevantes es su supuesta mayor eficiencia, comparados con los monocultivos, en el uso de los recursos (agua, luz, nutrientes). En un monocultivo, las plantas pueden no utilizar todos los recursos disponibles en una determinada área, debido a que todos los genotipos son similares y utilizan los mismos recursos al mismo tiempo (Sarandón & Sarandón, 1995). Trenbath (1986) sugirió la hipótesis de que en muchos ambientes agrícolas, estos factores o recursos pueden ser más completamente utilizados y convertidos en biomasa por un policultivo que por un cultivo puro.

*El policultivo puede “ampliar los recursos del sistema” por una utilización más completa de los mismos para su conversión a biomasa en comparación con un monocultivo en el cual no se hace uso de todos los recursos disponibles en una determinada área.*

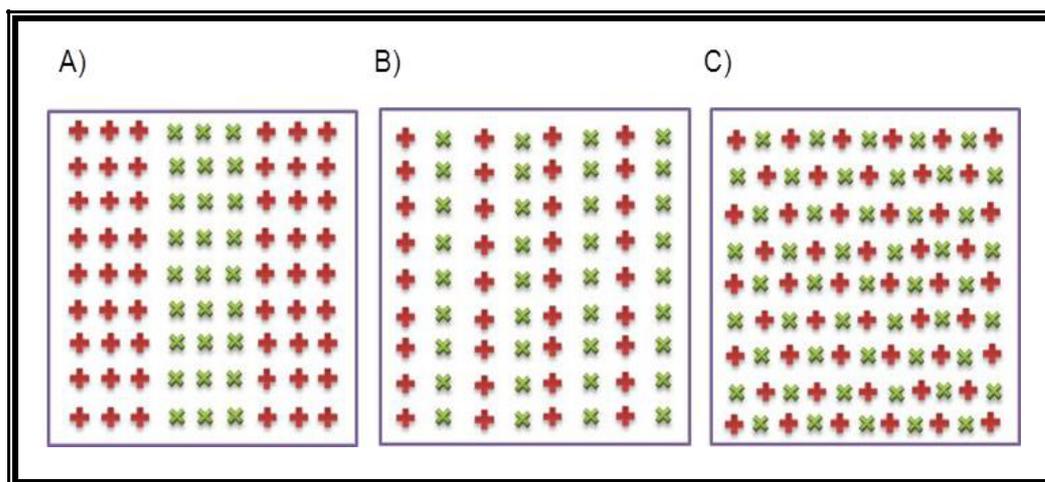
### *Distintos sistemas de policultivos*

La posibilidad de poner en juego los principios de producción competitiva y/o facilitación puede darse a través de mezclas de especies o de cultivares de una misma especie, de acuerdo a varios diseños de siembra o distribución de cultivos. La elección del sistema más apropiado dependerá de varios factores, como recursos disponibles, especies elegidas, genotipos y tipo de manejo.

*Mezcla de especies:* el éxito de una mezcla de especies dependerá de una buena elección de las especies que lo conforman y del diseño espacial de siembra. El diseño más adecuado dependerá de las condiciones del cultivo y del principio ecológico que quiera aprovecharse. Diseños que pueden ser adecuados para ciertos sistemas pueden no serlo para otros. Incluso la distancia o tipo de siembra: en franjas, surcos o totalmente al azar (Figura 13.1) son altamente dependientes de varios factores. Por ejemplo, un diseño en franjas muy anchas no sería adecuado si pretendemos diseñar un policultivo en base al principio de producción competitiva (diferente aprovechamiento espacial o temporal de los recursos), dado que este principio se dará solo en las zonas de transición entre una franja y otra. Este mismo diseño sí podría ser útil si queremos utilizar el principio de facilitación para, por ejemplo, favorecer la presencia de algún enemigo natural.

Un ejemplo de la importancia de una correcta elección en el diseño es el descrito por Putnam & Allan (1992) quienes evaluaron diferentes arreglos espaciales en una mezcla de girasol (*Helianthus annuus* L.) con mostaza (*Brassica hirta* Moench). Sembraron el girasol intercalado con mostaza en surcos y en franjas y los compararon con los rendimientos de los cultivos puros, durante 2

años. Las plantas de mostaza adyacentes a las de girasol en el cultivo en franjas, rindieron un 61% más que el cultivo puro y las plantas de girasol adyacentes a las de mostaza un 40% más que las de cultivo puro. Pero el rendimiento de las plantas de girasol y mostaza en el sistema de surcos intercalados fue menor que el de los cultivos puros. Según los autores, el mayor rendimiento de los cultivos en franjas se debió a sus diferentes ritmos de demanda de agua. Las plantas de mostaza utilizaron el agua más temprano en la estación que las de girasol. Esto permitió el uso complementario del recurso en las zonas adyacentes entre ambos cultivos, de acuerdo al principio de producción competitiva. Esto no ocurrió en los surcos internos de los monocultivos ya que la competencia era intraespecífica. A su vez, las diferencias entre especies en su madurez, favoreció un uso más eficiente del N que en los cultivos puros, debido a la tendencia a equalizar su uso.



**Figura 13.1:** Diferentes posibilidades de diseños para sistemas de policultivos: A) en franjas, B) en surcos y C) al azar

Hay que tener en cuenta que el ancho de las franjas de girasol y mostaza debe ser el suficiente como para que puedan acumularse estos recursos, pero no demasiado grande como para que el efecto de la zona de interacción entre especies sea limitado.

*Policultivos con leguminosas:* la asociación con especies leguminosas, es considerada en muchos países como un sistema adecuado para minimizar el

riesgo de falla del cultivo bajo condiciones no favorables, estabilizar los rendimientos y mantener la salud del suelo. La compatibilidad entre leguminosas y otro tipo de plantas, mayormente gramíneas-cereales, se debe a las diferencias en su habilidad para la captura de N, lo que sugiere que sus nichos están sólo parcialmente superpuestos y su combinación, es de esperar, sea entonces generalmente exitosa.

Por ejemplo, Singh *et al.*, (1995) evaluaron el comportamiento de un policultivo de maíz con una especie de poroto (*Phaseolus mungo*). Ellos observaron que, aunque el maíz rindió un 12% menos que en el cultivo puro, el poroto rindió un 31% más y el rendimiento equivalente de maíz fue superior en el policultivo que en el monocultivo de maíz. El policultivo se comportó mejor, con un mejor retorno económico, un mayor valor de LER, una ventaja monetaria y una relación costo-beneficio mayor que el cultivo puro.

El uso de sistemas de policultivos o cultivos múltiples en zonas templadas, en grandes extensiones, requiere un rediseño de los sistemas que se adapten a las modalidades de cultivo predominantes. El advenimiento de los sistemas de labranza conservacionistas con menor remoción de suelo o con franjas permanentemente cubiertas, ha renovado el interés en evaluar los sistemas de "strip-intercropping", o franjas intercaladas, de soja y maíz. West & Griffith (1992) probaron franjas de 8 surcos de maíz y 8 de soja contra la producción de los cultivos puros. En las franjas de maíz, las hileras que estaban adyacentes a las de soja rendían más (hasta un 25% más) comparadas con los maíces en monocultivo, pero que la soja adyacente al maíz, disminuía su rendimiento en forma más o menos proporcional. Debido al precio diferencial del maíz y la soja, este sistema podría ser económicamente rentable y competitivo en comparación con los sistemas convencionales. Incluso el sistema podría ser mejorado si las franjas de maíz se aumentaran y redujeran las de soja, aunque esto dependerá del precio relativo de ambos cultivos.

Más allá del efecto que tiene el uso de leguminosas en el cultivo acompañante en el mismo ciclo, el mejor desempeño de los policultivos con leguminosas ha sido atribuido al efecto de éstas sobre la mayor disponibilidad de

N para el cultivo subsiguiente, cuando la fijación de la misma supera a lo extraído por su cosecha o la leguminosa se utiliza como abono verde. En un estudio sobre la interseembra de trébol subterráneo (*Trifolium subterraneum* L) con trigo, Brandt *et al.*, (1989) encontraron que el trébol disminuyó el rendimiento del trigo en el primer año pero lo incrementó en el segundo debido a la liberación de N fijado en el año previo (ver Capítulo 16).

*Mezclas de cultivares:* las mezclas de cultivares han sido consideradas como una manera potencial de incrementar el rendimiento de los cultivos desde hace tiempo (Harper, 1964) y son una alternativa particularmente interesante para sistemas extensivos mecanizados.

Si las diferencias entre los cultivares mezclados son suficientes para conferirle una diferente habilidad para usar los recursos presentes en un sistema, entonces, la cantidad total de los recursos utilizados por el policultivo puede ser mayor que la de los mismos componentes creciendo en parcelas puras. Esto podría llevar a una mayor producción de biomasa en la mezcla y, eventualmente, una mayor calidad de grano, tal como encontraron en trigo Sarandón & Sarandón (1996).

Los recursos (nutrientes, agua, luz) pueden ser importantes factores para el comportamiento de la mezcla. Las diferencias existentes en los patrones de distribución de las raíces dentro del suelo entre diferentes cultivares puede determinar que el sistema que se desarrolle más tarde ocupe capas más profundas del suelo en las mezclas que en monocultivo (Berendse, 1979). En este caso, el valor del LER (ver anexo 13.1) puede ser mayor a 1. Por ejemplo, Barreyro *et al.* (2000), evaluaron el rendimiento de una mezcla de 2 híbridos de girasol bajo dos niveles de fertilidad nitrogenada, y dos espaciamientos, sembradas en relación 1:1 en hileras alternadas. El comportamiento de las mezclas varió entre los arreglos de siembra. A 50 x 38cm la mezcla produjo más biomasa y rendimiento que los cultivos puros mientras que a 70 x 25cm no hubo diferencias. El LER alcanzó valores de hasta 1,22 para biomasa y 1,19 para rendimiento. El comportamiento de los híbridos fue diferente indicando la importancia de la elección correcta de los componentes.

Un aspecto práctico que hay que tener en cuenta en las mezclas de variedades, es su persistencia en el tiempo. Las interacciones entre los componentes de una mezcla o policultivo causan drásticos cambios en la composición de las mezclas distorsionando el rendimiento de los componentes respecto a lo que sucede en cultivos puros. Es decir, la proporción sembrada no es generalmente la que se cosecha e implica que las mezclas deberán ser reconstituidas por los agricultores todos los años para que mantengan las correctas proporciones entre los componentes que le brindan sus propiedades exitosas.

### **Cultivos de cobertura**

Un cultivo de cobertura (CC) es definido como una cobertura vegetal viva que cubre el suelo en forma temporal o permanente, el cual está cultivado en asociación con otras plantas (intercalado, en relevo o en rotación). Los términos "cultivos de cobertura" y "abono verde" se han usado en el pasado como sinónimos. Sin embargo, los CC están caracterizados por sus funciones más amplias y multi-propósitos, las cuales incluyen la supresión de malezas, conservación de suelo y agua, control de plagas y enfermedades, alimentación humana y para el ganado (Pound, 1997).

Los CC pueden ser anuales (sembrados en el período que no es favorable para la producción de cultivos comerciales y que son destruidos antes de la siembra de estos) o coberturas vivas (que crecen al mismo tiempo que el cultivo comercial durante parte o toda su estación de crecimiento). Contribuyen al incremento de la diversidad específica, vertical, horizontal, estructural y temporal de los agroecosistemas (ver Capítulo 5) (Gliessman, 2001)

Aunque los CC pueden pertenecer a cualquier familia de plantas, la mayoría son leguminosas. Ejemplos de cultivos de cobertura no-leguminosos pueden ser avena negra (*Avena strigosa*), avena amarilla (*Avena byzantina*), *Raphanus sativus var. oleiferus* y el ryegrass italiano (*Lolium multiflorum*), los cuales son

usados como cultivos de cobertura invernales en el sur de Brasil para suprimir malezas y reducir la erosión en la estación previa a la siembra de maíz o soja (FAO, 1994).

Algunos importantes servicios ambientales proporcionados por el incremento de la diversidad biológica vegetal a través del uso de cultivos de cobertura incluyen la protección del suelo contra la erosión, la captura y la prevención de pérdidas de nutrientes del suelo, la fijación del nitrógeno por parte de las leguminosas, el incremento del carbono del suelo y mejoramientos asociados a sus características físicas y químicas, la disminución de la temperatura del suelo, el aumento de organismos benéficos y la supresión de las malezas y las plagas (Sustainable Agriculture Network, 1998).

Por ejemplo, Álvarez *et al.* (2005) encontraron que, en un suelo Hapludol típico del noreste de la Provincia de Buenos Aires, Argentina, la inclusión de cultivos de cobertura (*Avena sativa* y *Lolium multiflorum*) durante el período invernal previo al cultivo de verano incrementó el volumen de residuos aportados, mejorando el balance de carbono orgánico del suelo.

Por su parte Álvarez *et al.* (2010) evaluaron, en 4 localidades de la región Pampeana Argentina (General Villegas, Pergamino, Marcos Juárez y 9 de Julio), los aportes sobre las propiedades edáficas (infiltración, densidad aparente, estabilidad de fragmentos, poros, agua útil a la siembra del cultivo de verano, materia orgánica total y su fracción mayor a 100  $\mu$ ) de diferentes especies de gramíneas invernales (avena, centeno, y una combinación de avena centeno y ray grass) utilizadas como CC en sistemas de Siembra directa con alta frecuencia de soja. Ellos concluyen que la infiltración acumulada aumentó en promedio un 36% para todos los sitios. Los contenidos de materia orgánica total y su fracción mayor a 100 $\mu$  también presentaron un aumento promedio de 9,3% y 7,7% respectivamente. Asimismo, la estabilidad de fragmentos mejoró en todos los sitios. A pesar de las ventajas encontradas, estos autores advierten que, en los sitios con régimen subhúmedo, se observó un efecto negativo sobre la oferta hídrica para el cultivo de verano subsiguiente y, por lo tanto, sería necesario

evaluar estrategias de manejo de los cultivos de cobertura que puedan minimizar este efecto.

La inclusión de cultivos de cobertura en la rotación entre dos cultivos comerciales es un buen método preventivo que puede ser usado en una estrategia de supresión de malezas (ver Capítulo 11). Por ejemplo, Baigorria *et al.* (2012) evaluaron, en Marcos Juárez, la influencia de la inclusión como cultivo de cobertura de invierno y el posterior rolado del residuo del triticale (*Triticosecale* Wittmack), sobre la población de malezas de la soja y encontraron que tuvo efectos positivos en el control de malezas anuales gramíneas y latifoliadas, mientras el efecto sobre las malezas perennes fue menos considerable.

La utilización de cultivos de cobertura forma parte también de las estrategias para el control ecológico de plagas (ver Capítulo 10) brindando refugio o fuente de alimento alternativo para los enemigos naturales. Altieri *et al.* (2007) encontraron, en un viñedo en el norte de California, que cuando los cultivos de cobertura de verano (alforfón o trigo sarraceno -*Fagopyrum sp.*- y girasol) se mantuvieron durante toda la temporada de crecimiento, aumentó la cantidad de enemigos naturales asociados y se redujo el número de cicadélidos de la uva y trips occidentales (*Frankliniella occidentalis*). Los depredadores dominantes incluyeron arácnidos, hemípteros (*Nabis sp.*, *Orius sp.*, *Geocoris sp.*), coccinélidos, y crisopa (*Chrysoperla sp.*)

## Sistemas agroforestales

Los sistemas agroforestales (SAF) son una forma de uso de la tierra en donde especies leñosas perennes interactúan biológicamente en un área con cultivos y/o animales (López, 2007). Aunque la presencia de árboles aporta beneficios en todos los sistemas, la presencia de los mismos es particularmente importante en aquellos agroecosistemas en donde el árbol forma parte de la estructura del bioma original del lugar. Existen distintos tipos de sistemas agroforestales, según la naturaleza y presencia de los tres principales

componentes agroforestales: plantas leñosas perennes, cultivos agrícolas y pastizales:

- *Sistemas agrosilvícolas*: consisten en alternar árboles y cultivos anuales o perennes.
- *Sistemas silvopastoriles*: consisten en alternar árboles y pastizales para la producción animal
- *Sistemas agrosilvopastoriles*: Consisten en alternar árboles, cultivos y pastizales para sostener la producción animal.

La mezcla de árboles, cultivos y/o animales pueden tomar muchos modelos y formas, desde los surcos alternados de cultivos y árboles podados para cercos hasta animales pastando debajo de los árboles, lo que da lugar a diferentes sistemas: agricultura migratoria, sistemas Taungya, árboles en asociación con cultivos anuales, árboles en asociación con cultivos perennes, huertos caseros, asociación de árboles con pastos, pastoreo en plantaciones forestales y frutales, cercos vivos, cortinas rompevientos, entre otros (Palomeque Figueroa, 2006).

*Más allá de las diferencias entre los distintos tipos de sistemas agroforestales se considera que éstos en general, son hábitats perturbados y manejados por el hombre que han demostrado tener un papel importante en la conservación de los suelos, clima, agua y diversidad biológica.*

Entre sus ventajas se destacan: una mejor utilización del espacio vegetal, un microclima más moderado, una mayor protección contra la erosión hídrica y eólica, una mayor posibilidad de fijar nitrógeno atmosférico mediante árboles, contribución a la recuperación de suelos degradados, provisión de hábitats para alojar una mayor diversidad, reducción del daño por plagas y enfermedades, mantenimiento de la estructura y fertilidad del suelo (aportes de materia orgánica, mayor actividad biológica, reducción de la acidez, mayor extracción de nutrientes de los horizontes profundos del suelo).

El mejoramiento del suelo en los sistemas agroforestales está vinculado al crecimiento de los árboles fijadores de N o de árboles/arbustos de raíces profundas que aumentan la disponibilidad de los nutrientes a través de la fijación biológica, reciclaje de nutrientes desde capas profundas hacia la superficie del suelo (especialmente en zonas secas) y acumulación de materia orgánica en el suelo (Beer, 1988; Rao *et al.*, 1998). Al agregar plantas que exploran diferentes nichos ecológicos, se produce una “ampliación” de recursos como consecuencia de una extensión de los límites del agroecosistema por el aumento de la profundidad de exploración de las raíces y la altura de las plantas componentes del mismo.

Por ejemplo, Szott & Palm (1996) señalaron que los barbechos de árboles leguminosos incrementaron la cantidad del mantillo, los cationes intercambiables y el P disponible en el suelo (0-45 cm); y el total de las reservas de P, K, Ca y Mg en la biomasa en comparación con barbechos herbáceos leguminosos. Imbach *et al.* (1989), por su parte, sugirieron que los árboles en los SAF pueden reciclar los nutrientes previniendo su pérdida por lixiviación, reduciendo así la contaminación por nitratos u otras sustancias dañinas para el ambiente de las aguas subterráneas.

Los SAF proveen hábitat donde los componentes de la biodiversidad pueden vivir y reproducirse, por ejemplo, especies depredadoras que protegen a las plantas de cultivo contra brotes de plagas, o especies polinizadoras importantes para garantizar la cosecha de los cultivos. Numerosos estudios han señalado que la presencia de árboles en paisajes fragmentados o agropecuarios pueden ayudar a mantener una mayor proporción de la diversidad del ecosistema original (Daily *et al.*, 2001, Lang *et al.*, 2003, Harvey *et al.*, 2006, Tobar *et al.*, 2007).

En este sentido, es importante reconocer la importancia de la flora nativa como hospedera y refugio de enemigos naturales (producto de años de coevolución) comparada con especies exóticas. Klein *et al.* (2002) señalan que en sistemas de cacao en Indonesia, la transformación de los SAF tradicionales a sistemas intensificados tiene un elevado impacto en la estructura de la comunidad de artrópodos disminuyendo la relación predador-presa. Esta disminución está

relacionada con la reducción de la cantidad de especies arbóreas y el consecuente cambio en el microclima (incremento de la temperatura, disminución de la humedad y cobertura del canopeo) y conduce a que los agricultores locales tengan más problemas de plagas que en los sistemas agroforestales tradicionales. Asimismo, la intensificación de los sistemas agroforestales tradicionales tuvo un impacto negativo en la presencia de organismos polinizadores, con la consecuente disminución en el rendimiento de frutos en de cacao (Klein *et al.*, 2007)

Los SAF de altos rendimientos pueden jugar también un papel importante en el secuestro de C en suelos y en la biomasa leñosa (sobre y bajo suelo) (Beer *et al.*, 2003). Espinoza-Domínguez *et al.* (2012) encontraron que los sistemas agroforestales que incluyen al café y cedro rosado, almacenan 115 Mg C·ha<sup>-1</sup> mientras que los sistemas de “potrero” almacenan sólo 2 Mg C·ha<sup>-1</sup>.

## Estrategias para el aumento de la diversidad extra cultivo

### **Parches de vegetación, bordes, cercas y manejo de la vegetación espontánea**

La manipulación de la biodiversidad puede hacerse a diferentes niveles: parcela, lote, predio o finca y, finalmente, paisaje y/o región. Este último nivel reviste enorme importancia para los procesos ecológicos en los agroecosistemas, aunque no siempre ha sido debidamente tenido en cuenta.

Una de las consecuencias más importantes del crecimiento de los agroecosistemas en el mundo ha sido la partición de los hábitats naturales y el consiguiente aislamiento de los parches remanentes, proceso que es conocido como fragmentación. Una de las principales consecuencias biológicas de la fragmentación es que los fragmentos o parches resultantes se comportan como “islas” incapaces de sustentar la misma cantidad de especies que contenían cuando estaban lindantes unos con otros.

Generalmente, los paisajes rurales son un mosaico de agroecosistemas de distintos tipos y de remanentes de los ecosistemas originales. Como consecuencia de la disminución de tamaño del ecosistema original, su fragmentación y el aislamiento, junto con las dinámicas de los agroecosistemas que las rodean, las comunidades bióticas que habitan en dichos remanentes, sufren grandes transformaciones (Perfecto *et al.*, 2009).

Por efecto de la fragmentación se altera el microclima dentro y alrededor del remanente, su aislamiento de los demás remanentes en el paisaje circundante y la modificación del régimen hidrológico por la alteración de un sinnúmero de componentes. La eliminación de la vegetación natural cambia las tasas de captación de agua de lluvia y la evapotranspiración, y en consecuencia, los niveles de humedad del suelo y la infiltración de agua a través del mismo. Todo ello tiene implicaciones profundas en la aparición de crecidas súbitas o de inundaciones en épocas de mayores lluvias y de sequías prolongadas en épocas de menores niveles de precipitación y afectan, vía cambios microclimáticos, a los agroecosistemas adyacentes (León Siccard, 2012).

Las áreas de cultivo están relacionadas con lo que algunos autores denominan “biodiversidad no planificada”, aunque esto no es estrictamente cierto, porque muchos agricultores deciden y planifican cuál será la vegetación espontánea, las flores, los cultivos de barrera, las plantas – trampa o los cultivos de distintos niveles que se relacionan con sus cultivos y con las zonas de manejo de animales que se dejan en el campo (León Siccard, 2010).

Dentro del paisaje rural, como en cualquier otro paisaje, se pueden distinguir tres componentes principales: una *matriz*, *parches* y *corredores* (Barnes, 1999) (Figura 13.2).

León Siccard (2012) define claramente estos componentes:

La *matriz* es el componente dominante del paisaje, el más extenso y conectado. La matriz dominante (que en muchos paisajes está representada por agroecosistemas) presenta una determinada densidad de parches (porosidad), formas definidas en sus límites, redes de relaciones y distintos niveles de heterogeneidad.

Los *parches* son áreas con una vegetación diferente a la de la matriz principal. Son unidades de tierra o hábitat muy heterogéneas cuando se comparan con la totalidad del paisaje. Pueden ser disturbados, remanentes, específicos (húmedales) o introducidos.

Los *corredores* son franjas de tierra que vinculan a los parches entre sí y que funcionan como calles para la circulación y traslado de los organismos permitiendo su intercambio de parche a parche.

El tamaño de los parches y el aislamiento relativo de la matriz principal se relacionan con los equilibrios poblacionales y la diversidad de especies.

Si bien no hay acuerdo sobre cuán grande debería ser un parche, en general, se considera que cuanto más grande sean, mayor será su capacidad para soportar más especies y una mayor diversidad de hábitats, por lo que el equilibrio poblacional y la diversidad serán mayores.



**Figura 13.2:** Componentes estructurales del paisaje: matriz, parches y corredores

Un aspecto importante es el rol que tienen los setos o cercas vivas como componentes de las fincas y sus enlaces con los corredores y franjas de vegetación natural (Burel, 1996). Las cercas vivas se definen como elementos lineales divisorios arbolados que separan áreas de pasturas, áreas de cultivos y algunos parches de bosques (Harvey *et al.*, 2005). Además de proveer productos (por ejemplo, leña, frutos o forraje para animales), las cercas vivas también

pueden brindar servicios dentro de la finca, como áreas que funcionan como hábitat para numerosos organismos, por su función en la regulación del microclima (prevención de heladas, disminución de la velocidad de los vientos, entre otros), en la reducción de escorrentía superficial y erosión de los suelos y como refugio de predadores.

Por ejemplo, Harvey *et al.* (2003), a partir de un inventario realizado en Costa Rica y Nicaragua, señalan que la presencia de cercas vivas aumentó en gran medida la cobertura arbórea, con las copas de los árboles cubriendo desde el 3,2 hasta el 12% del total del área de pastura de los paisajes estudiados y que las mismas fueron particularmente importantes para aumentar la conectividad estructural de los hábitats arbolados en el paisaje. En este estudio registraron la presencia de 170 especies de aves, murciélagos, escarabajos estercoleros y mariposas en las cercas vivas monitoreadas en dos de los paisajes.

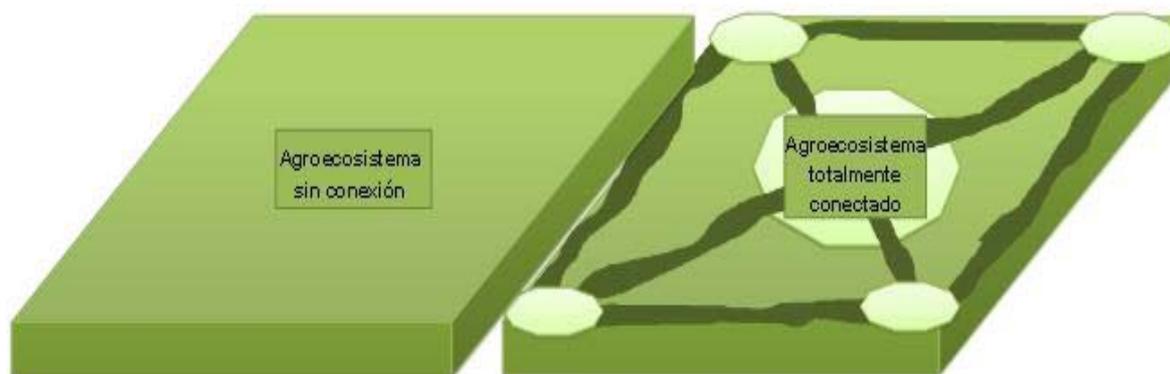
Durr & Rangel (2002) por su parte, documentaron la importancia de las cercas vivas en la provisión de sombra y la protección contra el viento para la producción ganadera. Bennett (2003) señala que la promoción, extensión y/o mantenimiento de cercas vivas en zonas agrícolas pueden ser utilizadas para incrementar la conectividad de los paisajes agrícolas. Esto es sumamente importante dado que el aislamiento causado por la fragmentación de un ambiente limita el potencial de dispersión y colonización de plantas y animales, lo que puede generar un escenario adecuado para procesos de extinción local o regional (Wilson, 2004).

A la hora de instalar cercas vivas, es muy importante conocer la distancia mínima que debe existir entre ellas y los fragmentos de vegetación natural. Si bien se acepta que cuanto menor es la distancia mayor es la conexión entre los agroecosistemas y los ecosistemas naturales la misma depende de qué especies se pretenda conservar y/o de las funciones que quieran ser privilegiadas.

León Siccard (2012) señala que quizás un aspecto más interesante que definir una distancia mínima puede ser el establecer el grado de conexión entre el agroecosistema y la vegetación natural circundante. Este puede ir desde la completa desconexión (fincas de monocultivo totalmente desconectadas de

cualquier parche o remanente de vegetación) hasta fincas totalmente conectadas (Figura 13.3)

Además, es importante considerar la funcionalidad de las cercas para el manejo del agroecosistema por la presencia de plantas que ofrezcan diferentes servicios (polinización, trampas, alelopatías, refugio, alimento, efectos contra heladas, regulaciones de temperatura y humedad, disminución de escorrentía superficial, sombra). Una mayor funcionalidad estará dada por cercas altamente diversas que combinen varias hileras de vegetación natural con una fuerte estratificación y plantas con flores.



**Figura 13.3:** Agroecosistemas con diferentes grados de conectividad

Otro aspecto importante a tener en cuenta es la extensión que deben tener las hileras de vegetación interna que conectan a las distintas parcelas o lotes con las cercas externas. Aunque no hay una definición clara al respecto, es necesario contar con conectores internos en la finca, en una red suficientemente densa para los fines de producción, sanidad, estabilidad y renovabilidad de los agroecosistemas con características de biodiversidad semejantes a las de las cercas externas (León Siccard, 2012).

También es sumamente importante considerar el manejo de la vegetación espontánea, dado que aporta beneficios para la regulación de poblaciones de fitófagos (ver Capítulo 10), efectos alelopáticos, recirculación de nutrientes, conservación de humedad, barreras anti erosión, fuentes alimenticias y medicinales para humanos, mejoramiento de la estructura de suelos o relaciones con microorganismos edáficos a través de sus exudados, entre otros muchos efectos. En muchos casos, es posible mantener una cierta población de espontáneas en las parcelas de cultivo. En otras ocasiones, esto no es posible, ya sea porque el nivel de la población es tal que ejerce niveles de competencia inaceptables en términos económicos, o porque éstas interfieren en la cosecha (sobre todo cuando esta es mecánica), merman la calidad comercial del producto o desaparecen cuando se laboreo el suelo. Por ello es importante el mantenimiento de espontáneas o incluso la siembra y plantación de plantas seleccionadas para tal fin en los bordes o márgenes de los cultivos.

Está claro que para la selección de plantas a sembrar es necesario conocer sus habilidades para potenciar los servicios ecológicos que desean fomentar. Por ejemplo, la siembra de una colección de especies al azar tiene el riesgo de favorecer más a la plaga que a su entomófago (Alomar & Albajes, 2005). También es muy importante determinar el papel que pueden jugar las plantas seleccionadas como fuente de dispersión de enfermedades, principalmente virus, por ser reservorios o huéspedes importantes de sus vectores. Finalmente, es preferible evitar el uso de especies o variedades alóctonas menos adaptadas a las condiciones locales (Alomar & Albajes, 2005).

## Conclusiones

El manejo de la biodiversidad en los agroecosistemas es un objetivo prioritario a la hora de diseñar sistemas sustentables.

A lo largo del Capítulo se han analizado diferentes estrategias para lograr este objetivo. Está claro que en la combinación de múltiples estrategias estará el éxito en el incremento de la biodiversidad.

Sin embargo, hay que tener en cuenta que la selección de las mismas para su utilización en cada agroecosistema dependerá de las características del sistema de producción, de las particularidades del bioma original y de la posibilidad de adecuación de estas estrategias a las posibilidades y saberes de los agricultores y agricultoras.

## Preguntas para el repaso y la reflexión

1. *¿Cuál es la importancia de las rotaciones de cultivos para incrementar la biodiversidad en los agroecosistemas?*
2. *¿Qué funciones ecológicas promueven las rotaciones? ¿Por qué considera que, a pesar de su bajo costo, no son aplicadas en forma más masiva?*
3. *¿Cuáles considera Ud. que son las limitaciones para el uso de rotaciones de cultivos?*
4. *¿Qué son los cultivos de cobertura y cuál es su rol en la promoción de la biodiversidad en los agroecosistemas?*
5. *¿Qué son los policultivos y qué ventajas se considera que pueden tener? Fundamentar cada ventaja.*
6. *¿Cuáles considera usted que son los impedimentos que conspiran contra una mayor difusión de los sistemas de policultivos? ¿Cuál cree Ud. que es la principal?*
7. *¿Cuáles son las dificultades de evaluar un sistema de policultivos? ¿Cómo puede compararse el comportamiento de un policultivo contra un monocultivo? ¿Qué es el LER o RYT? ¿Qué significa un LER de 1,5?*
8. *¿Cuáles son y en qué consisten los principios ecológicos que explican el mejor comportamiento de los policultivos? ¿Por qué es importante su conocimiento?*
9. *¿Cuáles son los principios o teoría ecológica que explica el mejor comportamiento de un policultivo ante la presencia de plagas?*
10. *¿De qué manera pueden influir un policultivo en la susceptibilidad ante las enfermedades?*
11. *¿Qué tipo de policultivo cree usted que sería interesante probar en su zona?*
12. *¿En qué condiciones o para qué sistemas productivos considera usted que sería interesante o viable el uso de policultivos?*
13. *¿Qué son los sistemas agroforestales y cuál puede ser su rol en el manejo de la biodiversidad?*
14. *¿Qué tipos de sistemas agroforestales conoce?*
15. *¿En qué condiciones es especialmente recomendada la inclusión de árboles en los agroecosistemas?*
16. *¿Cuáles son los principales factores a tener en cuenta para el manejo de la biodiversidad extracultivada?*

## Bibliografía citada

- Altieri MA (1992) Diversidad vegetal y estabilidad en sistemas de cultivos múltiples. En: Altieri MA (Ed.) Biodiversidad, agroecología y manejo de plagas, pp. 41-53, CETAL Ediciones, Valparaíso, Chile, 1992.
- Altieri MA (1999) The ecological role of biodiversity in agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 74:19-31.
- Altieri M, CI Nicholls (2000) Agroecología. Teoría y Práctica para una agricultura sustentable. PNUMA. México. 257pp.
- Altieri M, L Ponti & C Nicholls (2007) El manejo de las plagas a través de la diversificación de las plantas. LEISA. Revista de agroecología 24 (2). Disponible en: [http://www.leisaal.org/web/revistaleisa/94vol22n4.html#El\\_manejo\\_de\\_las\\_plagas](http://www.leisaal.org/web/revistaleisa/94vol22n4.html#El_manejo_de_las_plagas). Último acceso: febrero de 2014.
- Alvarez C, M Barraco, M Díaz Zorita, C Scianca & C Pecorari (2005) Uso de cultivos de cobertura en rotaciones con base soja: efecto sobre algunas propiedades edáficas y rendimiento de los cultivos en un Hapludol típico del noroeste bonaerense. *Boletín de divulgación técnica* N° 87.
- Alvarez C, C Scianca, M Barraco & M (2010) Cambios en suelos bajo siembra directa con cereales de invierno como cobertura. XXII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Rosario. CD
- Arnon I (1972) Crop production. y dry regions. Vol I. Leonhard Hill. London. 650pp.
- Baigorria T; C Cazorla, D Santos Sbuscio, B Aimetta & P Belluccini (2012) Efecto de triticale (×Triticosecale Wittman) rolado como cultivo de cobertura en la supresión de malezas, rendimiento y margen bruto de soja. Disponible en: . <http://inta.gob.ar/documentos/efecto-de-triticale-xtriticosecale-wittman-rolado-como-cultivo-de-cobertura-en-la-supresion-de-malezas-rendimiento-y-margen-bruto-de-soja/>. Último acceso: febrero de 2014
- Barnes T (1999) Landscape ecology and ecosystems management. Cooperative Extension Service University of Kentucky College of Agriculture. Disponible en: [www.uky.edu/ag/pubs/for/for76/for76.pdf](http://www.uky.edu/ag/pubs/for/for76/for76.pdf) . Ultimo acceso: Noviembre de 2011.
- Barreyro RA, G Sánchez Vallduví, A Chamorro, N Tamagno & SJ Sarandón (2000) Rendimiento, índice de área foliar y cobertura del suelo de una mezcla de híbridos de girasol. XXIII Reunión Argentina de Fisiología Vegetal. Universidad Nacional de Río Cuarto. Del 29 de noviembre al 1 de diciembre de 2000. Actas, Pág. 76-77. Río Cuarto, Córdoba. Argentina.
- Beer J (1988) Litter production and nutrient cycling in coffee (*Coffea arabica*) or cacao (*Theobroma cacao*) plantations with shade trees. *Agroforestry Systems* 7:103-114.
- Beer J, C Harvey, M Ibrahim; JM Harmand, E Somarriba, F Jiménez (2003) Servicios ambientales de los sistemas agroforestales. *Agroforestería en las Américas* 10 (37-28): 80-87.
- Bennet AF (2003) Linkages in the landscape: The role of corridors and connectivity in wildlife conservation. IUCN. Gland, Suiza. 254pp.
- Berendse F (1979) Competition between plant populations with different rooting depths. I. Theoretical considerations. *Oecologia* (Berlin), 43:19-26.
- Borlaug NE (1959) The use of multilineal or composite varieties to control airborne epidemic diseases of self-pollinated crop plants. *Proceedings First International Wheat Genetics Symposium*, 12-26.
- Brandt JE, FH Hons & VA Haby (1989) Effects of subterranean clover interseeding on grain yield, yield components and nitrogen content of soft red winter wheat. *Journal of Production Agriculture* 2:347-351.

- Burel F (1996) Hedgerows and their role in agricultural landscapes. *Critical reviews in plant sciences* 15: 169-190.
- Daily GC & PR Ehrlich (1996) Nocturnality and species survival. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 93: 11709–11712.
- den Belder E, RI Valcheva & JA Guldeond (1999) Increased damage by western flower thrips *Frankliniella occidentales* in chrysanthemum intercropped with subterranean clover. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 91:275-285.
- Durr PA & J Rangel (2002) Enhanced forage production under *Samanea saman* in a subhumid tropical grassland. *Agroforestry Systems* 54: 99–102
- Espinoza-Domínguez W, L Krishnamurthy, A Vázquez-Alarcón & Torres- Rivera, A (2012) Almacén de carbono en sistemas agroforestales con café. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México Vol 18 (1): 57-70*
- FAO (1994) Tropical Soybean: improvement and production. *FAO Plant Production and Protection Series No. 27.*
- Finckh MR & CC Mundt (1992) Stripe rust, yield and plant competition in wheat cultivar mixtures. *Phytopathology* 82: 905-913.
- Francis CA & MD Clegg (1990) Crop rotations in sustainable production systems. In C.A. Edwards et al (ed.) *Sustainable agricultural systems. Soil and Water Conserv. Soc. Ankeny, IA: p. 107–122.*
- Geisler G (1980) *Pflanzenbau - Ein Lehrbuch –Biologische Grundlagen und Techniken der Pflanzen Produktion. Hamburg, Berlin. 474 pp.*
- Giaccio G (2013) La Agroecología y su aporte a la conservación de los recursos naturales. INTA-Ministerio de Asuntos Agrarios (Chacra Experimental de Barrow). Disponible en: <http://www.produccion-animal.com.ar/sustentabilidad/63-agroecologia.pdf>. Último acceso: diciembre de 2013.
- Gliessman SR (2001) *Agroecología. Processos Ecológicos em Agricultura Sustentable. Editora de Universidade. Universidad Federal do Río Grande do Sul. Segunda Edición. 653 pp.*
- Harper JL (1964) The nature and consequence of interference amongst plants. In: *Genetics today. Proceedings of the XI International Congress of Genetics (1964) 2:465-482. Pergamon Press, N.Y.*
- Harvey C, C Villanueva, J Villacis, M Chacón, D Muñoz, M López, M Ibrahim, R Gomez, R Taylor, J Martínez, A Navas, J Sáenz, D Sánchez, A Medina, S Vilchez, B Hernández, A Pérez, F Ruiz, F López, I Lang, S Kunth & FL Sinclair (2003) Contribución de las cercas vivas a la productividad e integridad ecológica de los paisajes agrícolas en América Central. *Agroforestería en las Américas* 10(39-40): 30-39
- Harvey CA, C Villanueva, V Villacís, M Chacón, D Muñoz, M López; M Ibrahim, R Gomez, R Taylor, J Martínez, A Navas, J Sáenz, D Sánchez, A Medina, S Vilchez, B Hernández, A Pérez, F Ruiz, F López, I Lang (2005). Contribution of live fences to theecological integrity of agricultural landscapes in Central America. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 111:200-230.
- Harvey C, A Medina, D Sánchez, S Vilchez, B Hernández, J Sáenz, JM Maes, F Casanoves & FL Sinclair (2006) Patterns of Animal Diversity in Different Forms of Tree Cover in Agricultural Landscapes. *Ecol. Appl.* 16: 19-86.
- INTA informa (2011) Los suelos producen cinco veces más con rotación de cultivos. Disponible en: <http://intainforma.inta.gov.ar/?p=6671>. Último acceso: febrero de 2014.
- Imbach AC, HW Fassbender, R Borel, J Beer & A Bonnemann (1989) Modeling agroforestry systems of cacao (*Theobroma cacao*) with laurel (*Cordia alliodora*) and *Erythrina*

- poepigiana in Costa Rica; water balances, nutrient inputs and leaching. *Agroforestry Systems*, 8:267-287.
- Karleen DL, EC Berry, TS Colvin & RS Kanwar (1991) Twelve-year tillage and crop rotation effects on yield and soil chemical properties in northeast Iowa. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 22, 1985-2003.
- Karleen DL, GE Varvel, DG Bullock & RM Cruse (1994) Crop rotations for the 21st century. *Advances in Agronomy.* 53, 2-45.
- Klein AM, I Seteffan-Dewenter & T Tschardt (2002) Predator-prey ratios on cocoa along a land-use gradient in Indonesia. *Biodiversity and Conservation* 11: 683-693, 2002.
- Klein AM, B Vaissière, J Cane, I Seteffan-Dewenter, S Cunningham, C Kremen & T Tschardt (2007) *Proc. R. Soc. B* 7. Vol 274 (160): 303-313.
- Lang I, LH Gormley, CA Harvey & F.L. Sinclair (2003) Composición de la comunidad de aves en cercas vivas del Río Frío, Costa Rica. *Agroforestería Américas* 10: 86-92
- Lampkin N. (1990) Rotation design for organic systems. En: *Organic Farming. Pub.*, Farming Press Book, United Kingdom: 125-160.
- Lattanzi A, J Arce, H Marelli & C Lorenzon (2006) Efecto de largo plazo de la siembra directa y de rotaciones de cultivos sobre los rendimientos, el carbono y nitrógeno orgánico, en un suelo Argiudol típico en Marcos Juárez. En: *Aportes de la Ciencia y la Tecnología al Manejo Productivo y Sustentable de los Suelos del Cono Sur Programa Cooperativo para el Desarrollo Tecnológico Agroalimentario y Agroindustrial del Cono Sur Argentina - Bolivia - Brasil - Chile - Paraguay - Uruguay.* Díaz Rossello R & Catalina Rava (eds). IICA Montevideo: 39-56.
- León Siccard T (2010) Agroecología: desafíos de una ciencia ambiental en construcción En: *Vertientes del pensamiento agroecológico: fundamentos y aplicaciones.* León Siccard T y MA Altieri. Eds: 53-77.
- León Siccard T (2012) *Agroecología: la ciencia de los agroecosistemas – la perspectiva ambiental.* Universidad Nacional de Colombia – Instituto de Estudios Ambientales. 261 pp.
- Liebman M & E Dyck (1993) Crop rotation and intercropping strategies for weed management. *Ecological.*
- López TG (2007) Los sistemas agroforestales. López TG 2007. *Sistemas agroforestales 8.* SAGARPA. Subsecretaría de Desarrollo. Colegio de Post-graduados. Puebla. México. 8 pp.
- Martinuk S & GH Wagener (1978) Quantitative and Qualitative examination of Soil Microbial associated with Different Management Systems. *Soil Sci.* 125:343-350.
- Palomeque Figueroa E (2009) *Sistemas agroforestales.* Huehuetán, Chiapas, México. 29 pp. Disponible en: <http://www.google.com.ar/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=7&ved=0CD0QFjAG&url=http%3A%2F%2Fwww.monografias.com%2Ftrabajos-pdf%2Fsistemas-agroforestales%2Fsistemas-agroforestales.pdf&ei=2L78UqfrKsrH0AGI64CQAO&usq=AFQjCNE6M0vxqdew9wcNwsu2oUjasL7jrQ&bvm=bv.61190604,d.dmQ>. Último acceso: febrero de 2014.
- Perfecto I, J Vandermeer & A Wright (2009) *Nature's matrix: linking agriculture, conservation and food sovereignty.* Earthscan, London. 233 pp.
- Potts MJ & N Gunadi (1991) The influence of intercropping with *Allium* on some insect populations in potato (*Solanum tuberosum*). *Annals of Applied Biology* 119:207-213.
- Pound R (1997) Cultivos de Cobertura para la Agricultura Sostenible en América. Conferencia electrónica de la FAO sobre "Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica".

- Disponible en: <http://www.fao.org/ag/aga/AGAP/frg/AGROFOR1/Pound7.htm>. Último acceso: febrero de 2014.
- Power A (1999) Linking ecological sustainability and world food needs. *Environment, Development and Sustainability* 1:185-196.
- Putnam DH & DL Allan (1992) Mechanisms for overyielding in a sunflower/mustard intercrop. *Agronomy Journal* 84(2): 188-195.
- Rao MR, PK Nair, & CK Ong (1998) Biophysical interactions in tropical agroforestry systems. *Agroforestry Systems* 38: 3-50.
- Sampietro D (2013) Aleopatía: Concepto, características, metodología de estudio e importancia. Disponible en: [http://www.google.com.ar/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=11&ved=0CF0QFjAK&url=http%3A%2F%2Fwww.uv.mx%2Fpersonal%2Fcarmona%2Ffiles%2F2010%2F08%2FSampietro.doc&ei=uXz6Up6SLunJsQSv6oHgAw&usg=AFQjCNEK5JbjVfh\\_mU8MYm2yxHKVqCWohQ&bvm=bv.61190604,d.cWc](http://www.google.com.ar/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=11&ved=0CF0QFjAK&url=http%3A%2F%2Fwww.uv.mx%2Fpersonal%2Fcarmona%2Ffiles%2F2010%2F08%2FSampietro.doc&ei=uXz6Up6SLunJsQSv6oHgAw&usg=AFQjCNEK5JbjVfh_mU8MYm2yxHKVqCWohQ&bvm=bv.61190604,d.cWc). Último acceso: diciembre de 2013.
- Sarandón SJ & R Sarandón (1995) Mixture of cultivars: plot field trial of an ecological alternative to improve production or quality of wheat (*Triticum aestivum* L). *Journal of Applied Ecology* 32: 288-294.
- Sarandón SJ & R Sarandón (1996) Aplicación del enfoque agroecológico en sistemas extensivos: estudio de un caso en Argentina. *Agroecología y Desarrollo*, CLADES (Chile) No 10, Noviembre 1996:34-38.
- Sarandón SJ & J Labrador Moreno (2002) El uso de policultivos en un agricultura sustentable. En "AGROECOLOGIA: El camino hacia una agricultura sustentable", SJ Sarandón (Editor), Ediciones Científicas Americanas, La Plata. Cap 10: 189-222.
- Sarandón SJ & A Chamorro (2003) Los policultivos en los sistemas de producción de granos. En "Producción de Cultivos de Granos: Bases funcionales para su manejo" Emilio H. Satorre; Roberto L. Benech Arnold; Gustavo A. Slafer; Elba B. de la Fuente; Daniel J. Miralles; María E. Otegui y Roxana Savin (Editores) Editorial Facultad de Agronomía, UBA, sección III, capítulo 15: 353-372.
- Singh MK, S Pasupalak, SK Pal, R Thakur & UN Verma (1995) Effect of fertilizer and plant density management on productivity and economics of maize (*Zea mays*) +blackgram (*Phaseolus mungo*) intercropping. *Indian Journal of Agricultural Science* 65:800-803.
- Soriano Niebla JJ & J González Gutierrez (2012) Biodiversidad cultivada y producción ecológica en el año internacional de la Diversidad Biológica. *Vida Rural* 10/2010 Disponible en: [http://www.researchgate.net/publication/257411043 Biodiversidad cultivada y produccion ecologica en el ao internacional de la Diversidad Biolgica](http://www.researchgate.net/publication/257411043_Biodiversidad_cultivada_y_produccion_ecologica_en_el_ao_internacional_de_la_Diversidad_Biolgica). Último acceso: febrero 2014
- Sustainable Agriculture Network (1998) Managing cover crops profitably. Second edition. Handbook Series Book 3. Beltsville, MD, Estados Unidos de América. 212pp.
- Studdert G & H Echeverría (2000) Crop rotation and nitrogen fertilization to manage soil organic carbon dynamics. *Soil Sci. Soc. Am. J* 64: 1496-1503
- Szott LT & CA Palm (1996) Nutrient stocks in managed and natural humid tropical fallows. *Plant and Soil* 186: 293-309.
- Tobar D, M Imbrahim & F Casasola (2007) Diversidad de mariposas diurnas en un paisaje agropecuario en la región Pacífica Central de Costa Rica. *Agroforestería Américas* 45: 58-65.
- Trenbath BR (1986) Resource use by intercrops. In: Multiple cropping systems. ChA Francis (Editor), Macmillan Publishing Company, New York, 57-81.
- Vandermeer J (1989) The ecology of intercropping. Cambridge University Press. Cambridge, New York, 237 pp.

- Venegas R (1990) La Transición: La búsqueda del cambio hacia sistemas sustentables de producción agropecuaria. CET Chile. Disponible en: <http://www.buenastareas.com/ensayos/Transicion-Ecologica/25361699.html>. Ultimo acceso: Febrero de 2014.
- West TD & DR Griffith (1992) Effect of strip intercropping corn and soybean on yield and profit. *Journal of Production Agriculture* 5(1): 107-110.
- Wilson MF (2004) Loss and habitat connectivity hinders pair formation and juvenile dispersal of chucao tapaculos in Chilean rainforest. *Condor* 106:166-171.