

Alicia H. Barchuk
(Compiladora)

Manual de buenas prácticas para diseños Agroecológicos



Alicia H. Barchuk
María Laura Guzmán
Luciano Locati
Luciana Sol Suez

MANUAL DE BUENAS PRÁCTICAS PARA DISEÑOS AGROECOLÓGICOS

Alicia H. Barchuk
María Laura Guzmán
Luciano Locati
Luciana Sol Suez
(ex aequo)
Compiladora: Alicia H. Barchuk

 Editorial Brujas

Título: *Manual de buenas prácticas para diseños agroecológicos*
Autores: Alicia H. Barchuk, María Laura Guzmán, Luciano Locati,
Luciana S. Suez

Barchuk, Alicia H.
Manual de buenas prácticas para diseños agroecológicos / Alicia
H. Barchuk ; Luciano Locati ; Luciana S. Suez ; editado por Alicia H.
Barchuk. - 1a ed. - Córdoba : Brujas, 2020.
400 p. ; 25 x 17 cm.

ISBN 978-987-760-282-1

1. Agricultura. 2. Ecología. 3. Impacto Ambiental. I. Locati, Luciano II.
Suez, Luciana S. III. Barchuk, Alicia H., ed. IV. Título.
CDD 577

© De todas las ediciones, los autores

© 2020 Editorial Brujas

1° Edición.

Impreso en Argentina

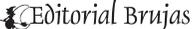
ISBN: 978-987-760-282-1

Queda hecho el depósito que marca la ley 11.723.

Ninguna parte de esta publicación, incluido el diseño de tapa, puede ser reproducida, almacenada o transmitida por ningún medio, ya sea electrónico, químico, mecánico, óptico, de grabación o por fotocopia sin autorización previa.

 www.bibliotecadigital.editorialbrujas.com.ar

ENCUENTRO
Grupo Editor

 Editorial Brujas

 PlumaLibro

www.editorialbrujas.com.ar publicaciones@editorialbrujas.com.ar

Tel/fax: (0351) 4606044 / 4691616– Pasaje España 1486 Córdoba–Argentina.



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons
Atribución – No Comercial – Sin Obra Derivada 4.0 Internacional.

PROLOGO

El equipo de trabajo, autores de este libro, comienza realizando un diagnóstico en Sistemas de Información Geográfica para Córdoba, preguntando qué superficie le queda como cinturón frutihortícola a la ciudad de Córdoba. De un total de 107.398 hectáreas, se muestran que el 21 % del territorio está urbanizado, el 3 % ocupado por el Cinturón Verde y el 56 % por monocultivos intensivos y extensivos. Si a esa área del 56 %, se aplica los criterios de la Ley de Agroquímicos provincial, se pone en evidencia que el 78 % de la superficie está limitada en la aplicación aérea de agroquímicos y el 55 % de la superficie en la aplicación terrestre (que aparentemente están realizando agricultura ilegal). Este diagnóstico muestra que está en extinción la pequeña agricultura familiar agroecológica, ante tanta expansión de la agricultura industrial, no existen condiciones para la agricultura agroecológica, y ante las mismas limitaciones que propone la ley, es urgente entonces desarrollar tecnologías que permitan Modelos Prediales de Producción Agroecológica apropiados para el Cinturón verde de Córdoba.

El Movimiento de Agricultores Urbanos de Córdoba (MAUC) es una organización que trabaja con productores del Cinturón Verde promoviendo la producción agroecológica. El MAUC y Equipo de Ordenamiento Territorial (EOT - ISEA - UNC) han desarrollado trabajos conjuntos desde el año 2013. Entre estas se destacan el desarrollo una beca de Innovación Tecnológica BITs SECYT-UNC, para profundizar el conocimiento acerca del uso de bio-insumos que permitan reemplazar a los agroquímicos, subsidios para trabajar en el desarrollo y adecuación de tecnologías para la aplicación de fertilizantes orgánicos en el lote productivo de MAUC. Durante los años 2016 - 2018 se han desarrollado dos becas BITs SECYT-UNC para la investigación y desarrollo de diseños prediales agroecológicos con productores del Cinturón Verde de Córdoba y para trabajar en la innovación tecnológica del diseño de modelos prediales agrodiversos. Se enmarcan en el proyecto de Extensión - Investigación - Acción: Construcción e implementación participativa de diseños agroecológicos con productores de hortalizas del Cinturón Verde de Córdoba, subsidiado por la Secretaría de Extensión Universitaria de la UNC. En el año 2018 se publica el libro “Manual para la transición agroecológica: guía para agricultoras y agricultores agroecológicos”.

Se plantea así el desafío de desarrollar este libro “Manual de Buenas Prácticas para Diseños Agroecológicos” como resultado del trabajo conjunto, de reunir y sistematizar la información científica y los conocimientos de las experiencias y prácticas de agricultores hortícolas y fruti-hortícolas agroecológicos, y de tecnologías planificadas espacial y temporalmente, teniendo en cuenta la estructura productiva actual del Cinturón Verde de Córdoba.

Se cumple así con uno de los objetivos del Equipo que es la difusión de diseños de Modelos Prediales Agroecológicos apropiados para el Cinturón Verde de Córdoba, haciendo énfasis en el manejo de la biodiversidad a escala predial.

El interés del Equipo es aumentar la capacidad productiva y autosuficiente del agroecosistema, emprender la evaluación a campo de indicadores agroecológicos de la sustentabilidad previo y durante el diseño, y entre campos no agroecológicos y agroecológicos, promover instancias comunicacionales que integren conocimientos agroecológicos, de productor a productor. Se investiga el desarrollo de tecnologías que reconstruyan las tramas tróficas y los corredores biológicos, la conformación de parcelas poli-específicas que favorezcan relaciones tróficas, bióticas positivas y sinérgicas entre poblaciones, estimulen la fertilidad natural del suelo y recuperen la productividad del mismo. También, se exploran posibilidades para el diseño de parches de especies perennes herbáceas y arbóreas que sugieran alto valor natural y productivo, destacando que todas las prácticas son interdependientes y se retroalimentan entre sí.

El proceso de investigación – extensión - acción del Equipo de trabajo se completó mediante la realización de talleres que estimularon la participación de productores y productoras en transición agroecológica. Se aplicaron prácticas de diagnóstico con tecnologías flexibles adaptables a las características del sistema de producción, de la historia de manejo, las condiciones socioeconómicas y biofísicas de cada sector del Cinturón Verde, y de acuerdo al proceso de transición agroecológica en que se encuentren los productores. El desafío fue permitir el acceso a la información sistematizada y que los conocimientos agroecológicos formen parte de las experiencias y prácticas cotidianas de agricultores periurbanos.

Se espera que el libro permita, la apropiación de productores y asociación de productores de diseños espaciales y temporales de cultivos, parches y corredores ordenados según contribuyan a minimizar riesgos de plagas, reducir la necesidad de aplicaciones de insumos orgánicos externos, restablecer el funcionamiento del agroecosistema, y planificar el uso del suelo de forma agroecológicamente sustentable.

Alicia H. Barchuk

AGRADECIMIENTOS

Al Movimiento de Agricultores Urbanos de Córdoba (MAUC), una organización que trabaja con productores del Cinturón Verde promoviendo la producción agroecológica.

Al artista Carlos Julio Sánchez por todos los dibujos, incluido el dibujo de la tapa.

Los recursos financieros para la publicación fueron otorgados por el PROTRI (Proyectos de Transferencia de resultados de Investigación y comunicación pública de la ciencia, programa apropiación de conocimientos) Convocatoria 2018, Ministerio de Ciencia y Tecnología de la Provincia de Córdoba.

A la Secretaría de Extensión Universitaria de la UNC por el apoyo financiero a los proyectos de extensión realizados por el Equipo de autores de este libro.

A la participación de productores y productoras en transición agroecológica en el proceso de investigación – extensión - acción y en los talleres de diagnóstico y re-diseños agroecológicos.

ÍNDICE

Contents

Introducción General	11
<i>Alicia Barchuk</i>	
Capítulo 1.	
La agricultura. Impacto y riesgo ambiental.	21
<i>Alicia Barchuk</i>	
Capítulo 2.	
Bases ecológicas para el diseño de predios agroecológicos.....	87
<i>Alicia Barchuk</i>	
Capítulo 3	
Diseños agroecológicos para promover el control biológico y la reconstrucción de trama tróficas	151
<i>María Laura Guzmán</i>	
Capítulo 4.	
Manejo Ecológico del suelo	241
<i>Luciana Sol Suez</i>	
Capítulo 5.	
Diseños espacio – temporales en la agricultura	309
<i>Luciano Locati</i>	
Capítulo 6.	
Evaluación de Sistemas del Cinturón Verde mediante Indicadores de Sustentabilidad (Mesmis)	361
<i>Luciano Locati</i>	

INTRODUCCIÓN GENERAL

Alicia Barchuk

Los cinturones verdes que hace años sostenían la alimentación humana en las grandes ciudades, van concediendo espacios ante las principales fuerzas impulsoras como la agricultura industrial contaminante, y la urbanización compacta y desordenada. Ambos usos del suelo son reconocidos a nivel mundial que afectan directamente la producción de alimentos. El departamento Capital en Córdoba, sigue este mismo proceso y sigue disminuyendo el área de producción de hortalizas y también el número de agricultores.

El avance de la agricultura industrial contaminante (extensiva e intensiva) desde su gran difusión a partir de los años '70, ha encerrado a las ciudades con graves consecuencias: desplazamiento de la población rural, transformación de los policultivos de hortalizas y frutales, en monocultivos de forrajes que sirven para el engorde a corral y la consiguiente pérdida de Soberanía Alimentaria de toda la población.

El modelo de agricultura industrial se basa en el uso masivo de agroquímicos, semillas transgénicas y plaguicidas; genera un marcado impacto ambiental al producir contaminación de suelos, aguas superficiales y subterráneas, aire; también, intoxicación de todos los seres vivos incluyendo trabajadoras y trabajadores del campo. Este modelo trajo aparejado numerosos problemas sociales y ambientales que son actualmente muy discutidos en distintos ámbitos de la sociedad. La discusión se centra en saber cuáles son las causas de la creciente pérdida de salud de las personas, habitantes de pueblos, pequeñas ciudades y áreas de borde periurbano relacionados con la agricultura descrita. Así, en los pueblos se ha generado una situación de tensión con las áreas periféricas, sin poder conciliarse los intereses entre productores que reclaman se les garantice lograr máximos beneficios por su actividad productiva y vecinos que reclaman su derecho a vivir en un ambiente saludable.

¿Cómo se puede superar el estado actual de cosas? El centro de la mirada racional e instrumental debería estar en el respeto a la naturaleza; en la búsqueda incesante del conocimiento de cómo habitar mejor el territorio; en el

desecho de las viejas creencias producto de un paradigma científico de dominación del mundo material. Al respecto, a continuación en el texto reflexiono sobre dos paradigmas: el paradigma del sistema dominante que se describe como reduccionista y mecanicista, y el paradigma agroecológico.

Un paradigma está constituido por un conjunto de relaciones lógicas, nociones instructoras, generalidades y principios clave. Este conjunto va a gobernar todos los discursos y las acciones. Thomas Kuhn instala la idea de paradigma científico, comprensible como una constelación de logros -conceptos, valores, técnicas, etc.- compartidos por una comunidad científica y usados por ésta para definir problemas y soluciones legítimos. Para Fritjof Capra, no sólo el hombre se ve forzado, de manera intermitente, a cambios de paradigmas científicos, sino también a cambios de paradigmas sociales, incluso tanto o más importantes que los paradigmas científicos; según Capra y explicando a Kuhn, un paradigma es “una constelación de conceptos, valores, percepciones y prácticas compartidos por una comunidad, que conforman una particular visión de la realidad que, a su vez, es la base del modo en que dicha comunidad se organiza”.

El paradigma científico-cultural del sistema dominante nos causa grandes problemas, se describe por el reduccionismo y el mecanicismo, crea soluciones únicas a problemas complejos e interconectados, incapaz de imaginar un mundo nuevo, y tiene características como:

- La del universo como “máquina”, visión atribuible a Newton, en tanto sin importar la complejidad de la máquina universal, estarían operando detrás de sus ordenamientos, movimientos simples y predecibles. La ciencia experimental concibe el mundo como una gran máquina obediente de leyes matemáticas, sometida a unas reglas que el ser humano explica y controla. Se impulsa el desarrollo tecnológico para crecer en las expectativas de dominio de la naturaleza y en la escala de apropiación de los bienes naturales.

- La vida en sociedad basada en la competencia por la supervivencia. La globalización de los mercados, el paradigma tecnológico dominante, la competencia entre los grandes bloques económicos y la propia ideología neoliberal, han convertido el tema de la competitividad en el núcleo de las estrategias de empresas, gobiernos e instituciones de investigación. Ser o no ser competitivo resumen las opciones de supervivencia y triunfo o fracaso y anulación. La competitividad a su vez descansa en la innovación, es decir, en la “introducción de una técnica, producto o proceso de producción o de distribución de nuevas tecnologías que con frecuencia puede ser seguido de un proceso de difusión”. A su vez la capacidad de innovación se apoya en gran medida en

la tecnología, cuyo rasgo moderno es la fuerte articulación al conocimiento científico positivista.

- La creencia en un crecimiento material ilimitado, a través del desarrollo económico y tecnológico. Términos como crecimiento, progreso o desarrollo se utilizan, con frecuencia, para referirse al bienestar o la prosperidad empleándolos a modo de sinónimos. Sin embargo, los desequilibrios globales del planeta, manifestados al final del siglo XX e inicios del s. XXI (cambio climático, aumento de la pobreza, agotamiento de recursos naturales, pérdida extrema de la biodiversidad en todos sus escalas, entre otros), llaman la atención sobre la insostenibilidad del crecimiento medido exclusivamente según indicadores económicos cuantitativos.

- La visión reduccionista de la naturaleza. Por ejemplo, se reduce la biología a la química o la física. En este caso, el reduccionista afirma que la biología “no es más que” o “es en última instancia” química o física, con lo que niega que la biología se refiera a propiedades que están más allá del alcance de la química o la física o incluya conceptos, explicaciones o métodos propios, que no pertenecen al ámbito de la química o física. Los correspondientes supuestos reduccionistas pueden decir que los organismos no son más que agregados de sustancias químicas y que las sustancias químicas no son más que átomos físicos.

- La ciencia analítica y atomista (reduccionista) tiene por objetivo el dominio y control de la naturaleza. La ciencia moderna obedece a uno de los valores sociales fundamentales de la Modernidad: el afán desmedido de controlar la naturaleza (incluyendo la humana). Por esa razón, son privilegiadas las teorías que explican el mundo en función de las propiedades materiales y cuantificables; existe la convicción de que la realidad en sí misma es esencialmente material y la tecnología es solo resultante del saber científico.

- La idea de que la naturaleza deja de ser un organismo para transformarse en una máquina o fábrica. Por ejemplo, las actividades de producción y consumo se basan en ecosistemas ultra simplificados donde los flujos de materiales y energía están direccionados para obtener un solo producto. También, este enfoque pretende optimizar el desempeño en términos de unidades monetarias, y se contrapone a la idea de que la naturaleza evoluciona con diversidad. Pretende dar respuestas prácticas al concepto de desarrollo sostenible para lo cual usa un marco conceptual y herramientas de gestión industrial con la explotación minera de los recursos naturales.

Un puñado de empresas multinacionales controla una parte importante del mercado mundial de alimentos bajo el paradigma descrito arriba. Tie-

nen en sus manos una enorme influencia para determinar cómo se reparte la comida en el mundo. Instalan y sustentan en los medios de comunicación mitos para promover los sistemas de producción agropecuaria industrial y en detrimento de los sistemas de producción agropecuaria agroecológicos y la agricultura familiar.

Entre las aseveraciones falsas e irreales (mitos) más difundidas como una verdad se destacan: - El agronegocio alimenta al mundo y se atribuyen la capacidad de determinar acciones que ayudaran aliviar los problemas de hambre en el planeta - Los alimentos producidos por la agricultura industrial son seguros, saludables y nutritivos. - La agricultura industrial es barata y eficiente. - La producción agroalimentaria en Argentina comenzó a fines del siglo XIX, con la llegada de los colonos europeos. - El agronegocio se preocupa por el ambiente. También, que no existe otra forma de producir alimento que no sea con la agricultura industrial basada en agroquímicos. Mientras difunden otros mitos para denigrar la agricultura agroecológica y de ésta divulgan que es una agricultura de la pobreza, de bajos rendimientos, sólo es posible a pequeña escala y que no puede alimentar al mundo.

La agroecología promueve una ciencia holística e integradora que busca optimizar los sistemas tradicionales de agricultura enriqueciéndolos desde diferentes ámbitos de las ciencias. La base es la biodiversidad y el diseño de agroecosistemas sustentables. La sustentabilidad es la capacidad de un sistema de satisfacer las necesidades de las generaciones presentes, sin comprometer la potestad de las generaciones futuras para satisfacer sus propios requerimientos. Además, considera diferentes tipos de saberes dando mucho valor a los saberes de los agricultores e involucra varias dimensiones de la sustentabilidad: lo técnico productivo, social, cultural, político, ecológico y económico.

Las ideas que promueve el paradigma agroecológico requieren, una expansión de nuestras percepciones y formas de pensar, y también de nuestros valores. Se caracteriza por: 1- Integralidad y holismo. 2- Complejidad. 3. Diversidad. 4. Multidimensionalidad. 5. Interdependencia.

La integralidad del ser humano es el conjunto armonioso y funcional de la interacción de los factores biológicos, psicológicos, sociales y culturales. La integridad ecológica o ecosistémica, reconoce la trascendencia de la intervención humana en los ecosistemas que altera los procesos de auto-organización. Entonces apunta a la intención de ajustar la base tecnológica a un proceso que debe buscar armonizar la dinámica ecológica de la agricultura en nuestro caso.

El holismo es la idea de que todas las propiedades de un sistema (biológico, físico, social, económico, etc.) no pueden ser explicadas como la suma de

sus componentes, o sea que un agroecosistema no se conforma por la suma de sus partes. Entonces el todo es mayor que la suma de las partes. El método holístico enlaza la razón con lo fenomenológico, planificación con percepción, conocimiento con creatividad. Una visión holística es una actitud de mirar un conjunto de partes interdependientes entre sí y donde el investigador - agricultor debe tratar considerar la forma en que todas estas partes trabajan y se afectan y condicionan mutuamente en forma simultánea. Lo contrario de la visión holística es la visión reduccionista, donde las cosas se estudian parte por parte, descifrando cómo funciona cada parte y cuál es su aporte al todo.

La complejidad ambiental se desarrolla desde la materia inerte hasta la naturaleza con todas sus manifestaciones. La evolución de la naturaleza genera algo absolutamente nuevo que se desprende de la misma naturaleza. Así, para estudiar la naturaleza compleja se puede apoyar en un proyecto interdisciplinario que se base en la ecología como ciencia por excelencia de las interrelaciones. Pero, solo una ecología generalizadora que articule diferentes disciplinas y campos de conocimiento, fracasa. La interdisciplina no alcanza para crear una ciencia ambiental integradora, y entonces solo una ciencia transdisciplinaria podría ofrecer un método para aprehender las interrelaciones, interacciones e interferencias entre sistemas heterogéneos. La agroecología se ha desarrollado en los últimos años como un planteamiento multidimensional amplio, y orientado hacia los sistemas agroalimentarios. La agroecología se está empleando cada vez más en diversos movimientos científicos, políticos y prácticos. Tiene en esencia un enfoque transdisciplinar, participativo y orientado a la acción.

La biodiversidad se establece como la creadora de todos los bienes y servicios ecosistémicos que la naturaleza nos suministra. A nivel mundial se reconoce el valor que representa la biodiversidad para todas las sociedades, especialmente por las riquezas inconmensurables que nos proporciona para la vida. También en todo el mundo se discute acerca de la urgente necesidad de cambiar los patrones insostenibles de explotación y consumo de los bienes naturales. Es decir, la humanidad está en la búsqueda de una estabilidad en el desarrollo sustentable abandonado aquellos modelos que degradan la naturaleza y que condenan los derechos legítimos de millones de personas de las generaciones presentes y futuras.

El desarrollo sustentable implica asumir desde una visión integral, que la realidad productiva es multidimensional, multicausal y compleja, y que debe estar modulada por las organizaciones político-sociales para salvaguardar el desarrollo generacional de la humanidad. La organización democrática de-

bería unir los esfuerzos de la sociedad civil y la gestión pública, impulsar una sustentabilidad que construya equidad social, económica, ecológica, energética, científica y cultural, promover el progreso de la calidad de vida de todas y todos los ciudadanos y sus comunidades con una visión a corto, mediano y largo plazo. De igual manera, la regulación y la planificación del territorio demanda la instrumentación de políticas públicas que aseguren un crecimiento equilibrado, sustentable y equitativo de las ciudades y las zonas rurales, como criterios fundamentales para desarrollos de los asentamientos humanos, con espacios para actividades sociales, agroecológicamente productivos y recreativos, que permitan también la evolución de la naturaleza.

Conjugar las dimensiones de la sustentabilidad, impone una visión integral que debe articularse en una Agenda Ambiental del Estado, poner la atención a los problemas de agua, suelo, bosques, otras coberturas naturales, la agricultura, otros usos del suelo, calidad del aire; así como el manejo integral de los residuos industriales y municipales; la posibilidad del desarrollo regional; la concreción de infraestructura; y el uso y utilización eficiente de la energía.

La interdependencia e interconexión es un principio de la sustentabilidad. Emanada de la concordancia de que todo está conectado a todo, es decir que ni en la naturaleza ni en la sociedad hay fenómenos que operan de forma aislada o independiente. El ser humano no es más que una parte de la vida toda. La humanidad depende de los sistemas sustentables para vivir y de todas las formas de vida existentes en el planeta.

Un paso muy importante podría dar nuestra sociedad a través de sus organizaciones sociales es examinar y resistir a las consecuencias de la agricultura industrial y de progresar fortaleciendo una transición hacia la agroecología en todos sus niveles. Los beneficios serían muchos: incremento de los servicios ecosistémicos; de la productividad biológica y económica; promoción de la producción de alimentos diversos y sin contaminantes, incremento de la biodiversidad funcional; incremento de la vida toda, mejoramiento de la calidad paisajística, entre otros.

Las organizaciones sociales con el Estado deberían fortalecer la comunicación para la educación agroecológica. El desarrollo de herramientas comunicacionales de la educación popular hace consciente la posibilidad de recuperación de la soberanía alimentaria y la biodiversidad. Para esto la promoción de una democracia participativa y la aplicación de las leyes que protegen el ambiente son imprescindibles. Esta propone mecanismos de participación ciudadana donde los ciudadanos tienen una mayor participación en la toma

de decisiones políticas (que la que les otorga la democracia representativa). La democracia participativa es un modelo político que facilita a las poblaciones su capacidad de asociarse y organizarse de tal modo que puedan ejercer una influencia directa en las decisiones públicas. Para alcanzar una democracia participativa deben existir dos pilares básicos la educación y el conocimiento que tome como bases las cinco ideas del paradigma agroecológico más arriba descritos, que bien aplicados conduce a la sabiduría de que la ciencia y la tecnología se encuentren al servicio del bien de toda la vida.

El presente libro se propone como una herramienta comunicacional para la educación agroecológica, para que a través de los conocimientos desarrollados aquí permitan recrear diseños de nuevos agroecosistemas para la agricultura periurbana. Está constituido por seis capítulos y con sus contenidos contribuyen con el objetivo de la difusión de las bases científicas y los diseños de Modelos Prediales Agroecológicos apropiados para los Cinturones Verdes de ciudades y pueblos, haciendo énfasis en el manejo de la agro-biodiversidad, la fertilidad del suelo, la regulación de organismos asociados a los cultivos y en el diseño de agroecosistemas a escalas prediales y de paisaje.

El Capítulo 1, “Diseño de la agricultura. Impacto y riesgo ambiental”, aborda la cuestión de la agroecología, la soberanía y seguridad alimentaria y los derechos campesinos, el concepto de agricultura tradicional, la agricultura y la historia planetaria y cómo se transformó rápidamente el planeta con los grandes cambios tecnológicos surgidos de las guerras mundiales dando un balance negativo de destrucción. Luego un breve análisis de la situación de la agricultura en Argentina y las consecuencias de la deforestación de bosques nativos, haciendo especialmente en los riesgos ambientales. En el mismo capítulo se incorporan algunas normativas que protegen y promueven la agricultura familiar, al agroecología y la soberanía alimentaria. Se trata el tema de diseño de un nuevo paisaje agrícola que conduzca a una resiliencia regional con especialmente en el análisis de las unidades de cobertura y uso de la tierra, de gran parte del departamento capital de la provincia de Córdoba. Se consideran todos los pasos para la transición agroecológica y se contextualiza el diseño agroecológico a escala predial. Finalmente se integra el diseño predial al diseño a escala de paisaje definiendo las etapas básicas para la definición de una zonificación agroecológica y de un corredor regional.

En el Capítulo 2, “Bases ecológicas para el diseño de predios agroecológicos”, aporta elementos teóricos para comprender la estructura y el funcionamiento (flujo de energía, ciclo de nutrientes y agua), las relaciones tróficas, las relaciones bióticas (positivas, negativas y mixtas) en un agroecosistema.

Un agroecosistema, es un sistema funcional de relaciones interdependientes entre organismos vivos y su ambiente físico, que cambian en el espacio y el tiempo. La biodiversidad se puede mantener a través de un buen manejo. Naturalmente, un ecosistema diversificado es relativamente estable, auto organizado, se recupera después de las perturbaciones, se adapta al cambio y puede mantener una productividad biológica elevada. Si expandimos este concepto a los agroecosistemas que imitan los procesos naturales, se tornan resilientes. La biodiversidad comprende varios niveles de organización biológica y la agrobiodiversidad alcanza a todos los componentes de la diversidad biológica que constituyen el ecosistema agrícola, los cultivos, las especies y variedades animales, la vegetación de crecimiento natural, microorganismos; diversidad a nivel genético, de especies y de ecosistemas, necesarios para mantener las funciones principales de los agroecosistemas, su estructura y funcionamiento.

En el Capítulo 3, “Diseños agroecológicos para promover el control biológico y la reconstrucción de trama tróficas”, se explican técnicas de manejo del hábitat para promover tramas tróficas de insectos. Básicamente consisten en el incremento de mayor diversidad de plantas que a su vez determinan mayor diversidad de depredadores y parasitoides, creándose tramas tróficas complejas y equilibradas. El proceso de generación de las tecnologías tiene las siguientes fases: recopilación de tecnologías culturales, manejo de hábitats y manipulación de la vegetación espontánea; elaboración de claves de reconocimiento y fichas técnicas de observación de hábitats diversificados que favorezcan la presencia de depredadores y parasitoides adultos; diagnósticos de la relación de especies de insectos fitófagos y de depredadores; diseño experimental a campo de combinaciones de cultivos que incidan en el mecanismo de abajo - arriba y arriba - abajo, en los cultivos, vegetación espontánea y natural.

El Capítulo 4, “Manejo Ecológico del suelo”, se refiere al diseño y manejo ecológico del suelo como base de la fertilidad, salud y estabilidad del agroecosistema. Se realiza especial énfasis en mostrar la vida en el suelo de todos los seres vivos que habitan el suelo, se desarrollan en una gran diversidad de interacciones como parasitismo, simbiosis, alelopatías, depredación, entre otras, conformando un delicado equilibrio que puede fácilmente romperse ante situaciones ambientales particulares o disturbios como las labranzas, las fertilizaciones inorgánicas, los monocultivos, entre otros, perdiéndose servicios ecosistémicos vitales como el mantenimiento de la fertilidad del suelo y los ciclos de nutrientes. Se presentan prácticas y elementos para el diseño como: el manejo de la cobertura vegetal, el abono verde, el papel de las legu-

minosas, gramíneas y brasicáceas, enmiendas orgánicas, la incorporación de microorganismos benéficos de bosque nativo, el uso de la labranza reducida, rotación del cultivo, manejo del agua, inclusión de especies perennes en el diseño, e inclusive diferentes arreglos espaciales posibles con árboles y arbustos en sistemas agroforestales.

En el Capítulo 5, “Diseños espacio – temporales en la agricultura”, se presentan muchas configuraciones sobre cómo conseguir una agricultura sustentable, productiva y eficiente, de manera que provea alimentos saludables y servicios ecosistémicos. Las estrategias de manejo con base agroecológica, tienen un soporte práctico que permite la productividad, la sostenibilidad y la resiliencia de la producción agrícola. Las tecnologías propuestas ayudan a la diversificación espacial (asociaciones) y temporal (rotaciones) de los cultivos, hacen énfasis en propuestas con nóminas reales de especies cultivables y de criterios que garantizan en éxito de los diseños.

En el Capítulo 6, “Evaluación de Sistemas del Cinturón Verde mediante Indicadores de Sustentabilidad (Mesmis)”, se aplica la “Metodología para la evaluación de sustentabilidad mediante el uso de indicadores” comúnmente citado como MESMIS. Es un marco metodológico que capta la complejidad del manejo del agroecosistema. Reconoce indicadores que muestran las consecuencias del proceder de los aspectos más relevantes de un sistema de manejo y permite evaluar las tendencias de los diferentes objetivos de los sistemas sustentables. Al tener un carácter sistémico se pueden seleccionar indicadores que comprendan la evaluación diferentes objetivos a la vez: mantener o mejorar la productividad y reducir los riesgos; aumentar los servicios ecológicos y socioeconómicos; proteger la base de recursos y prevenir la degradación de suelos, agua y agrobiodiversidad; analizar la viabilidad social y económica, o que sean socialmente aceptables y culturalmente compatibles. Se presentan indicadores de sustentabilidad a manera de ejemplo provenientes de un diagnóstico realizado en el predio del MAUC (Movimiento de Agricultoras y Agricultores Urbanos de Córdoba).

Capítulo 1.

La agricultura. Impacto y riesgo ambiental.

Alicia Barchuk

LA AGROECOLOGÍA, SOBERANÍA Y SEGURIDAD ALIMENTARIA

En la agroecología se unen los conocimientos tradicionales de agricultores, campesinos e indígenas de todo el mundo con las contribuciones del conocimiento científico integrado a las necesidades sociales, para proponer formas sostenibles y sistémicas de los bienes naturales. Por un lado, la agroecología propone formas de desarrollo rural sostenible basadas en el conocimiento tradicional, el fortalecimiento de las redes sociales y económicas locales, los mercados locales y un manejo integrado de agricultura, ganadería, silvicultura y los bosques nativos. Por otro lado, desarrolla técnicas de manejo agropecuario basadas en la recuperación de la fertilidad de los suelos; el policultivo y las variedades y razas agrarias locales; y en general en un diseño de los campos basado en la mayor diversidad posible de especies, de usos múltiples, con alta eficiencia, resiliencia y productividad ecológica. La agroecología incorpora a la agricultura las dimensiones ecológicas y sociales, principalmente. También busca la eficacia en el uso de los recursos locales, formas de comercialización justas para consumidores y productores agroecológicos y contribuye al sostenimiento de la biodiversidad en el largo plazo.

La agroecología se basa fundamentalmente en la **Agricultura tradicional**, en el trabajo rural y familiar, en la vida en el campo y los derechos a la soberanía y seguridad alimentaria.

La soberanía alimentaria es el Derecho de los pueblos, de sus Países o Uniones de Estados a definir su política agraria y alimentaria, sin *dumping* frente a países terceros (según la Vía Campesina en la Cumbre Mundial de la Alimentación en 1996) (Vía Campesina, 2011):

1- priorizar la producción agrícola local para alimentar a la población, el acceso de los/as campesinos/as y de los sin tierra a la tierra, al agua, a las semillas y al crédito. De ahí la necesidad de reformas agrarias, de la lucha contra los OGM (Organismos Genéticamente modificados), para el libre acceso a las semillas, y de mantener el agua en su calidad de bien público que se reparta de una forma sostenible.

2- *el derecho de los campesinos a producir alimentos y el derecho de los consumidores a poder decidir lo que quieren consumir y, como y quien lo produce.*

3- *el derecho de los Países a protegerse de las importaciones agrícolas y alimentarias demasiado baratas, que se comprometan a favor de una producción campesina sostenible y que controlen la producción en el mercado interior para evitar excedentes estructurales.*

4- *la participación de los pueblos en la definición de política agraria.*

5- *el reconocimiento de los derechos de las campesinas que desempeñan un papel esencial en la producción agrícola y en la alimentación.*

El concepto de soberanía alimentaria presentado por la Vía Campesina ocurrió en reacción al mal uso de la noción de “seguridad alimentaria”, que si bien proponía que todos tengan una cantidad de alimentos para comer todos los días, no ponía en discusión dónde, quién, en qué condiciones y qué alimentos se producen. Así, se postulaba la idea de soberanía alimentaria, incorporando un posicionamiento político, social y económico, que ponía en evidencia que la problemática del hambre, la desnutrición y la exclusión, son consecuencia de la aplicación de determinadas políticas. De esta manera, la soberanía alimentaria está vinculada a las ideas de autonomía local, mercados locales y acción comunitaria, lo cual permitiría democratizar no sólo los alimentos, sino también el acceso y control de los recursos por parte de la población para la erradicación de la pobreza (GRAIN, 2006).

La seguridad alimentaria es entendida como el derecho de toda persona a la alimentación nutricional y culturalmente adecuada y suficiente. El derecho incluye: acceso a alimentos suficientes, inocuos y nutritivos para mantener una vida sana y activa (Definición aprobada por la Cumbre Mundial de la Alimentación de 1996). Los analistas miran la combinación de los siguientes tres elementos principales: **La disponibilidad de alimentos:** Los alimentos deben estar disponibles en cantidades suficientes y en una forma relacionada a los valores y la forma de producción en un área determinada. **El Acceso a los alimentos:** Las personas deben ser capaces de adquirir regularmente cantidades adecuadas de alimentos, a través de la producción doméstica, compra, trueque, regalos, préstamos o ayuda alimentaria. **Utilización de los alimentos:** los alimentos consumidos deben tener un impacto nutricional positivo en las personas. Implica prácticas de cocción, almacenamiento e higiene, salud, agua y saneamiento, la alimentación y el intercambio de prácticas dentro del hogar (Miranda *et al.*, 2013).

En suma, la soberanía alimentaria es el derecho de los pueblos, comunidades y países a definir sus propias políticas agrícolas, pesqueras, alimentarias

y de tierra que sean ecológica, social, económica y culturalmente apropiadas a sus circunstancias únicas. Esto incluye el verdadero derecho a la alimentación y a producir los alimentos, lo que significa que todos los pueblos tienen el derecho a una alimentación sana, nutritiva y culturalmente apropiada, y a la capacidad para mantenerse a sí mismos y a sus sociedades.

El concepto de soberanía alimentaria presenta un conjunto de presupuestos que llevan a creer que es imposible alcanzar los objetivos planteados en el marco de los modelos convencionales agroquímicos de agricultura, que tienen el foco en la producción de *commodities* para la exportación, como ocurre en Argentina.

En este sentido, nace la convicción de que los sistemas menos dependientes de insumos externos, con mayor biodiversidad, más acordes con las realidades locales, con las condiciones ecológicas específicas de cada ecosistema y sistemas culturales de la gente que los maneja, y que atiendan a otras dimensiones de la sostenibilidad, solo pueden ser construidos a partir de otro enfoque paradigmático, capaz de dar cabida a una propuesta innovadora de desarrollo rural y agricultura que sea capaz de atender a los presupuestos de la soberanía alimentaria. En esta perspectiva la actividad agrícola necesita proteger y conservar los recursos naturales, así como producir alimentos sanos, libres de contaminantes químicos, y accesibles a toda la población.

El Derecho a la Alimentación se expresa en el artículo 11 y el artículo 2 del Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales; el artículo 25 de la Declaración Universal de Derechos Humanos y en la Observación general 12 del Comité de Derechos Económicos, Sociales y Culturales: el derecho a una alimentación adecuada (artículo 11). La Constitución Argentina otorga jerarquía constitucional –entre otros– al Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales, a la Declaración Universal de Derechos Humanos, a la Convención sobre los Derechos del Niño, Convenio N° 129 OIT sobre inspección de trabajo en agricultura y a la Convención sobre la Eliminación de todas las formas de discriminación (Ley n° 23.054, Ley n° 23.313, Convenio N° 129 OIT).

Derechos humanos campesinos

En septiembre del 2018, el Consejo de Derechos Humanos de Naciones Unidas aprobó, en su resolución 39/12, la declaración de las Naciones Unidas sobre los Derechos de los Campesinos y de Otras Personas que Trabajan en las

Zonas Rurales. Invitó a los Gobiernos, a los organismos y organizaciones del sistema de las Naciones Unidas y a las organizaciones intergubernamentales y no gubernamentales a que difundan la declaración y promuevan su respeto y su comprensión a nivel universal.

Tuvo en cuenta los principios proclamados en la declaración Universal de Derechos Humanos, la Convención Internacional sobre la Eliminación de Todas las Formas de Discriminación Racial, el Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y culturales, el Pacto Internacional de Derechos Civiles y Políticos, la Convención sobre la Eliminación de Todas las Formas de Discriminación contra la Mujer, la Convención sobre los Derechos del Niño, la Convención Internacional sobre la Protección de los Derechos de Todos los Trabajadores Migratorios y de sus Familiares, los convenios pertinentes de la Organización Internacional del Trabajo y otros instrumentos internacionales pertinentes aprobados a nivel universal o regional.

Reafirma la Declaración sobre el Derecho al Desarrollo económico, social, cultural y político, la Declaración de las Naciones Unidas sobre los Derechos de los Pueblos Indígenas y que todos los derechos humanos son universales e indivisibles, están relacionados entre sí, son interdependientes a se refuerzan mutuamente.

Reconoce las contribuciones pasadas, presentes y futuras de los campesinos al desarrollo, a la conservación y el mejoramiento de la biodiversidad, que constituyen la base de la producción alimentaria y agrícola, y la capacidad biológica a natural de los ecosistemas para adaptarse y regenerarse mediante los procesos y ciclos naturales (Barchuk, 2019), garantizan el derecho a la seguridad alimentaria, y los campesinos son fundamentales para lograr los objetivos de desarrollo de la Agenda 2030 para el desarrollo Sostenible.

La Asamblea declara preocupación porque los campesinos sufren las cargas causadas por la degradación del medio ambiente y el cambio climático, por el envejecimiento de los campesinos, los jóvenes cada vez más emigran a las zonas urbanas por la falta de incentivos y la dureza de la vida rural, son desalojados o desplazados por la fuerza cada año y gran número de casos de suicidio de campesinos en varios países. Destacan que las campesinas desempeñan un papel importante en la supervivencia económica de su familia y mediante su contribución a la economía rural y nacional, con trabajos no remunerados. Se les niega a menudo la tenencia ancestral de la propiedad de la tierra; existe escasa protección de los derechos de niños y niñas, muchas veces se encuentran por debajo de la línea de pobreza y el deterioro del acceso a la educación y la salud es cada vez más pronunciado en las zonas rurales.

En el art. n° 3 se resumen los derechos humanos de los campesinos: “Los campesinos y otras personas que trabajan en las zonas rurales tienen derecho a

disfrutar plenamente de todos los Derechos Humanos y las Libertades Fundamentales que se reconocen en la Carta de las Naciones Unidas, la Declaración Universal de Derechos Humanos y todos los demás instrumentos internacionales de derechos humanos, sin ningún tipo de discriminación en el Ejercicio de sus derechos por motivos de origen, nacionalidad, raza, color, linaje, sexo, idioma, cultura, estado civil, patrimonio, discapacidad, edad, opinión política o de otra índole, religión, nacimiento o situación económica, social o de otro tipo.”

En los países latinoamericanos varios factores dificultan que los campesinos puedan defender sus derechos humanos sociales, sus derechos de tenencia de la tierra y garantizar el uso sostenible de los recursos naturales de los que dependen, siendo el acceso a la tierra, al agua, a las semillas y a otros recursos naturales cada vez más difícil. A menudo se niega a los campesinos la oportunidad de ejercer sus derechos fundamentales, a ser reconocido el trabajo de agricultores y la protección social básica (Burgos Matamoros *et al.*, 2013).

En Argentina, entre los años 70 y 2002, en pleno auge del neoliberalismo, con la complicidad del Estado, los campesinos vivieron el flagelo de un proceso catastrófico de mercantilización y financiarización tanto de las tierras como de las semillas. No han tenido acceso igualitario a los recursos productivos, los servicios financieros, de información, de empleo o de protección social y con frecuencia fueron víctimas de la violencia. Los modelos productivos de agricultura tipo industrial avanzaron sobre los ecosistemas de bosques y selvas, así como sobre las tierras y los territorios de las comunidades campesinas e indígenas que poseían ancestralmente. Las consecuencias fueron funestas para el campesinado: desalojos forzosos, trabajo esclavo, ruina de sistemas productivos tradicionales, destrucción de mercados locales, precarización laboral, aumento de propiedades latifundistas, contaminación con agrotóxicos en suelo, agua, aire y en todos los seres vivos, desertificación de zonas áridas y semiáridas, avance de enfermedades en las poblaciones, criminalización del reclamo, violencia, persecución y asesinatos de los campesinos, migración forzada hacia pueblos y ciudades, aumento de la pobreza en zonas periurbanas, entre otros.

La Ley 27.118 de Reparación Histórica de la Agricultura Familiar, Campesina e Indígena fue promulgada el 20 de enero de 2015; nació creada desde los Movimientos Sociales y Organizaciones Campesinas y es una trascendental conquista en pos de equilibrar las anomalías e inequidades que impone el predominio del modelo de los agronegocios, fuertemente afianzado en la estructura agraria Argentina. Aunque luego, el cambio de gobierno en

diciembre de 2015, apuntó nuevamente a favorecer a los sectores más capitalizados y concentrados. La resistencia en organizaciones lleva permanentemente, por parte de los campesinos, a sostener objetivos políticos tales como la defensa de una alternativa productiva consustanciada como defensores de la Soberanía Alimentaria, la Biodiversidad y una noción de Desarrollo Humano Integral e Inclusivo que equilibre las lógicas asimétricas preexistentes mediante. También ha contribuido a la defensa los territorios un instrumento legal como la Ley de Presupuestos Mínimos de Protección del Bosque Nativo, Ley Nacional 26.331.

La exclusión social es un fenómeno del pasado y del presente para los campesinos y trabajadores rurales, la mayoría trabajan informalmente y sin sistemas de seguridad social y de salud (Filgueiras, 2015). Por otro lado, desde el punto de vista de quién produce los alimentos básicos que consume la población argentina, es claro el papel fundamental que cumple la agricultura campesina en la seguridad alimentaria y soberanía alimentaria, por ejemplo, produce como mínimo el 60 % de la diversidad de alimentos que consume la población de las ciudades (Ley 27.118).

El panorama es aún más grave cuando continúa el despoblamiento del campo. Según el Censo Nacional Agropecuario 2018, la totalidad de las EAP (establecimientos agropecuarios) censadas (con y sin límites definidos), 2018 registró 250.881 unidades, contra 333.533 contabilizadas en 2002, lo que implica la desaparición de 82.652, aproximadamente una cuarta parte, a un promedio de eliminación anual de 5.166 EAP (Ameghino y Fernández, 2019). Este aspecto será profundizado más adelante en este capítulo.

Lamentablemente, la FAO (2017) insiste en que los avances que se han producido en la agricultura, ha incrementado considerablemente la producción de alimentos, reforzado la seguridad alimentaria mundial y ha generado transformaciones estructurales que han traído prosperidad a gran parte de la población mundial, aunque afirma también que existe 850 millones de personas con hambre y que esta se da en las zonas rurales. ¿Cómo es posible semejante afirmación, conociendo que la agricultura moderna, sobre todo la agricultura industrial solo ha traído exclusión y destrucción de la vida campesina en el planeta? También, analizaremos las consecuencias de la agricultura industrial.

Agricultura tradicional

La historia de la humanidad en forma sedentaria está relacionada con el desarrollo de la agricultura. Las primeras civilizaciones se instalaron en sitios con alta disponibilidad de aguas y recolectaron frutos y semillas para realizar las prácticas agrícolas. En Egipto, Mesopotamia, China y México existen evidencias del éxito en la domesticación, producción y comercialización de alimentos. Las primeras áreas que empezaron a cultivar cereales silvestres, hace más de 11.000 años fueron Irán, Irak, Turquía, Siria, Líbano y Chipre. En Irán se registra el centro de origen y el punto de dispersión las especies silvestres progenitoras de la cebada, el trigo, las lentejas y las arvejas. Las semillas de estos cereales empezaron a perder la capacidad de dispersarse porque la domesticación o selección del agricultor llevaba a tener mayor tamaño de los granos, necesitan del almacenamiento, y con la siembra se comienza a crear un nuevo agroecosistema. Así, empieza el desarrollo de los asentamientos humanos en comunidades y al mismo tiempo los primeros pasos para la generación de nuevas variedades vegetales o domesticación. La fitotecnia o mejoramiento de los cultivos se basa en dos métodos básicos. Por un lado, la selección y endocría de poblaciones preexistentes para obtener nuevas variedades o cultivares mejores y uniformes. Por otro lado, provoca nueva variabilidad por medio de cruzamientos entre razas y/o especies diferentes y sobre estos híbridos aplica de nuevo la selección y la endocría (Krapovickas, 2010).

Krapovickas (2010, tomado de MacNeish, 1992) presenta diferentes hipótesis sobre el origen de la agricultura y menciona que los hallazgos de cultígenos (un cultígeno es el resultado de un largo proceso de domesticación). En su trabajo cita los lugares donde las especies cultivadas presentan su mayor variabilidad y considera 8 centros primarios de origen: 1) China, 2) India, 3) Asia Central, 4) Cercano Oriente, 5) Mediterráneo, 6) Abisinia, 7) Sud México y América Central, 8) Perú y Bolivia, y tres centros secundarios: 2a) Indo-Malayo, 8a) Chiloé y 8b) Brasil-Paraguay.

En América, entre 8.000 y 7.000 años a.C. se crearon gran parte de los cultígenos de mayor importancia económica: tomate, ají, oca, porotos, papa y maíz. Hace 6.000 años a.C. se agregan quinoa, zapallos, mate y guayaba. A los 2500 a.C., ya estaba prácticamente completo la nómina de cultivos, con el agregado de maní, achira, algodón, batata y mandioca. El origen del cacao es en la cuenca amazónica, y fue domesticado en el sur de México y Guatemala. *Arachis villosulicarpa* (especie de maní perenne) fue cultivada en Mato Grosso, Brasil y fue uno de los cultivos más antiguos antecesor del maní (*Arachis hypogaea*). En el centro-nordeste de Brasil se cultivaba plantas del género *Cissus*

(Vitaceae). La mayoría de estos cultivos fueron de importancia económica que posibilitaron el desarrollo de las diversas culturas precolombinas. (Krapovickas, 2010).

Krapovickas (2010) cita a varios investigadores que sostienen que la mujer inventó, entre otras cosas, el cultivo. Cumplía funciones muy importantes al participar activamente en la recolección, el cuidado de los cultivos y en la atención de la cocina. La participación de la mujer en las actividades agrícolas en el imperio incaico se relacionaba con la siembra, plantación y cosecha y el hombre preparaba el suelo.

Los conocimientos y las prácticas utilizadas por los indígenas y campesinos de Mesoamérica, los Andes y el trópico húmedo constituyen las raíces de la Agroecología en América Latina. Los sistemas agrícolas tradicionales de Latinoamérica se caracterizan por la elevada biodiversidad y los rendimientos sostenidos. Son resultado de centurias de avance cultural en base a experiencias acumuladas por los campesinos en su interacción con la naturaleza. Existen desde unidades productivas de escasa intervención sustentadas en el uso múltiple de los bosques nativos, hasta sistemas de producción de cultivos donde los recursos vegetales dependen directamente del manejo de los agricultores. La diversidad vegetal se manifiesta en la forma de patrones de policultivos o de agroforestería. Los agroecosistemas tropicales de pequeña escala generalmente están compuestos de campos agrícolas y barbechos, huertos caseros complejos y parcelas de agroforestería que comúnmente contienen más de 100 especies vegetales cultivadas por campo, las cuales se usan como material de construcción, leña, herramientas, medicinas, forrajes y alimento (Altieri y Nicholls, 2000).

En el relato de Viel y Morello (1979) ilustran acerca del comportamiento ecológico de las culturas precolombinas. Las civilizaciones han desarrollado tecnologías hidráulicas basadas en la disponibilidad de agua, mostraron un complejo y acabado conocimiento bioecológico. La civilización Maya estaba integrada por campesinos tanto agrícolas como silvo-ganaderos. En la civilización Inca predominaron las tecnologías de zonas áridas y semiáridas. Después del descubrimiento se constatan períodos bien diferenciados: la conquista y la colonia, y el período que va desde la formación de las nuevas naciones independientes hasta principios del presente siglo.

Muchas de las prácticas agrícolas campesinas tradicionales, están siendo reconocidas como sofisticadas y apropiadas. Existen numerosos ejemplos de sistemas de manejo de suelos, agua y vegetación utilizados por agricultores tradicionales que evolucionaron en tiempos y áreas geográficas distintas, y

comparten una serie de características estructurales y funcionales:

1- Combinan un gran número de especies y poseen diversidad en el tiempo y en el espacio según la organización vertical y horizontal de los cultivos.

2- Utilizan la heterogeneidad ambiental dentro de un campo y la región, resultante de los gradientes de humedad, suelos, temperatura, altitud, pendiente, fertilidad, etc.

3- Ayudan a mantener los ciclos de nutrientes cerrados y contribuyen al reciclaje de desperdicios con prácticas efectivas.

4- Dependen de una compleja interdependencia social y ecológica, que determina la estabilidad del sistema, resistente y resiliente a plagas y otras limitantes físico-biológicas.

5- Utilizan apropiadamente los recursos locales, de energía humana y animal, y utilizan tecnología creativa y oportuna resultante de la comprensión integral del agroecosistema.

6- Dependen de una alta diversidad de especies y variedades de cultivos locales e incorporan de manera continua el uso de plantas y animales silvestres. La producción compensa el consumo local y se realiza en cadenas cortas de comercialización.

La agricultura y la historia planetaria

El desarrollo de la agricultura tradicional esta acoplado a los últimos 10.000 años de la historia de la humanidad. En cambio la destrucción fenomenal de las tierras cultivables del planeta tierra que hizo la agricultura industrial ha ocurrido tal solo en los últimos 70 años. La biodiversidad es el resultado de millones de años de evolución. La especie humana y sus culturas han emergido gracias a la domesticación de miles de especies obtenidas de la naturaleza. La humanidad utiliza la diversidad genética, de especies y de ecosistemas, y se relaciona a múltiples procesos culturales. En el último siglo, la humanidad está produciendo cambios trascendentes sobre las especies y los ecosistemas. La contaminación, la degradación de los sistemas, la pérdida de suelo y agua, la erosión génica, afectan el desarrollo futuro de la sociedad humana al afectar directamente todos los servicios ecosistémicos o ambientales. *Considérense Servicios Ambientales (Art. 5º de la Ley 26.331) a los beneficios tangibles e intangibles, generados por los ecosistemas del bosque nativo, necesarios para el concierto y supervivencia del sistema natural y biológico en su conjunto, y para mejorar y asegurar la calidad de vida de los habitantes de la Nación benefi-*

ciados por los bosques nativos. Entre otros, los principales servicios ambientales que los bosques nativos brindan a la sociedad son: - Regulación hídrica; - Conservación de la biodiversidad; - Conservación del suelo y de calidad del agua; - Fijación de emisiones de gases con efecto invernadero; - Contribución a la diversificación y belleza del paisaje; - Defensa de la identidad cultural.

Los geólogos y geofísicos modernos consideran que la edad de la Tierra es de unos 4.500 millones de años. La vida probablemente comenzó hace unos 3.100 millones de años. En términos evolutivos, la historia del ser humano en el planeta Tierra es un hecho reciente. Las primeras familias hominoideas surgieron en África entre hace 24 a 5 m.a., e iniciaron la primera colonización del mundo. Hace tan sólo diez mil años comienza a desarrollarse la agricultura. La interacción entre pueblos se hizo más intensa a causa del aumento en población y los primeros imperios se les llama “Imperios agrícolas”, pues quien domina la producción de alimentos tiene enorme poder en el mundo. La única manera de producir alimentos es por medio de la Agricultura, es decir, el cultivo de vegetales, la cría de animales y la transformación de estos en productos alimenticios.

En el siglo XX y comienzo del XXI, en 10.000 milésimas de segundo de acuerdo historia del planeta tierra representada análogamente en 24 horas (Fig. 1), se produjo la mayor destrucción planetaria de manos del sistema humano contra la humanidad: la Primera Guerra Mundial (1914-1918), la Segunda Guerra Mundial (1939-1945). Así, durante los seis años de la SGM ocurrieron cincuenta y cinco millones de personas muertas, fue el conflicto más destructivo en la historia del mundo, ayudado en gran medida por los desarrollos científicos y tecnológicos. Han pasado setenta y cinco años y muchas de sus consecuencias todavía están presentes en el desarrollo de casi 50 guerras y guerrillas provocadas por el mismo sistema dominante y el avance de modelos productivos destructivos del medio ambiente. Después del ascenso del militarismo y el nazismo en la segunda guerra mundial (SGM), comenzó una etapa de destrucción de los recursos naturales, de la agricultura y de la vida campesina, dando lugar al dominio de la tecnología desarrollada durante las dos guerras mundiales.

Desde mediados de la década de 1920 comenzó la era de los productos sintéticos con la preparación y el uso en los Estados Unidos, de compuestos derivados de nitrógeno gaseoso o dinitroderivados. En este período se crearon todos los productos sintéticos hoy en uso. El crecimiento exponencial de ese uso se produjo durante la Segunda Guerra Mundial, cuando se difundió un insecticida basado en cloro, el DDT. En 1945 se comenzaron a vender en

dicho país insecticidas similares, llamados aldrin, clordane y heptacloro, así como el herbicida 2,4-D, cuya mezcla con el 2,4,5-T se denominó agente naranja y se empleó como defoliante durante la guerra de Vietnam. Desde entonces se creó por síntesis química un gran número de sustancias plaguicidas, pero también la experiencia de su uso, el conocimiento de cómo funcionan en los ecosistemas y el afloramiento en la sociedad de la conciencia ambiental, llevaron a la prohibición de muchos de estos (Bedmar, 2011).

A raíz de la hambruna generalizada ocasionada por la posguerra, el sistema dominante generó un mito de que con la modernización agraria solucionarían el hambre en el mundo. Así, surgió la política mundial denominada Revolución Verde, impulsada en forma sistemática por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Tras más de 70 años de Revolución Verde, hoy sabemos que ha fracasado en su objetivo inicial de salvar al mundo del hambre. Si bien la producción de cereales se ha más que triplicado desde entonces, basado en la aplicación de dosis crecientes de herbicidas, plaguicidas, fertilizantes químicos, ha hecho de la agricultura un sector altamente dependiente de productos que provienen de la industria; el número de personas hambrientas ha superado en 2009 los 925 millones (Cumbre Mundial sobre la Seguridad Alimentaria, 2009).

El área de tierra cultivable en el planeta asciende a 50 millones de kilómetros cuadrados (FAO, 2017), el 75 % de esta superficie está cultivada por el modelo de agricultura industrial y abastecen de alimentos solo al 30 % de la población mundial. Mientras que en la cuarta parte de las tierras arables que manejan los campesinos y campesinas, bajo una agricultura de pequeña escala, producen el 70 % de los alimentos a escala mundial altamente diversificados (Vía Campesina, 2011).

Después de incrementos importantes de la producción, ligados al monocultivo, la agricultura permanente y al amplio uso de fertilizantes y pesticidas, el contenido en materia orgánica ha descendido de forma preocupante en todos los suelos del planeta, incrementando la erosión por mantener los suelos desnudos y pobres en materia orgánica. La Revolución Verde ocasionó la pérdida de la fertilidad de los suelos y su capacidad de retención de agua, la dependencia cada vez mayor del uso de más fertilizantes químicos, y aumentó la demanda de agua para riego. Algo parecido ha ocurrido con los pesticidas y herbicidas: su uso indiscriminado ha provocado, a mediano plazo, la aparición de malezas, plagas y enfermedades resistentes y, por lo tanto, el incremento en el uso de los agroquímicos, muchos de los cuales deben ser retirados del mercado cada año por su comprobada toxicidad. Este incremento en el uso

de químicos ha contaminado aguas, aire, suelos y alimentos, generando importantes problemas ecológicos y sanitarios. La ganadería de pastoreo ha sido reemplazada por el modelo intensivo de engorde a corral, generando nuevos peligros alimentarios. La lógica del monocultivo ha mermado en un 75% la diversidad de variedades vegetales manejadas en el planeta, y en un tercio las razas ganaderas; lo cual supone una enorme pérdida de riqueza genética. Genera graves problemas de deforestación al ocupar zonas con bosques nativos para nuevamente explotar de forma “minera” la fertilidad natural con cultivos agrícolas y forestales o con ganadería. La arremetida de los transgénicos y los agrocombustibles agrava los problemas mencionados, y los profundiza ya que tienen la lógica de monocultivos y el uso creciente de agrotóxicos. También, la extensión de las zonas de riego en zonas áridas y semiáridas con manejo agroindustrial, está generando problemas en el acceso al agua de pozos y ríos ya que los secan y contaminan (López García y Llorente Sánchez, 2010).

Actualmente, cerca del 40% de la superficie del planeta está bajo agricultura, en tierras anteriormente cubiertas por bosques, sabanas y pastizales naturales. Mientras tanto, la destrucción de hábitats naturales para producir productos agrícolas representa la más severa y extendida amenaza a la biodiversidad global (Millennium Ecosystem Assessment 2003).

Según el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), la agricultura es responsable del 10 al 12% del total de las emisiones antropogénicas globales y casi una cuarta parte del aumento continuo de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). La agricultura industrial contribuye significativamente al calentamiento global, representando una gran mayoría de las emisiones totales de GEI (Emisiones de Gases Invernadero) relacionadas con la agricultura. Alternativamente, los métodos ecológicos para la producción agrícola, utilizados predominantemente en granjas a pequeña escala, consumen mucho menos energía y liberan mucho menos GEI que la producción agrícola industrial. Además de generar menos emisiones directas, las técnicas de gestión agroecológica tienen el potencial de secuestrar más GEI y tienen el potencial de ayudar a reducir las emisiones de GEI. Estas reducciones se logran en tres áreas amplias en comparación con el sistema agrícola industrial: (1) una disminución en los materiales utilizados y los flujos involucrados en la liberación de GEI en función de las opciones de gestión de cultivos agrícolas; (2) una disminución en los flujos involucrados en la producción ganadera y el manejo de pasturas; y (3) una reducción en el transporte de insumos y productos agrícolas a través de un mayor énfasis en los sistemas alimentarios locales (Lin *et al.*, 2011).

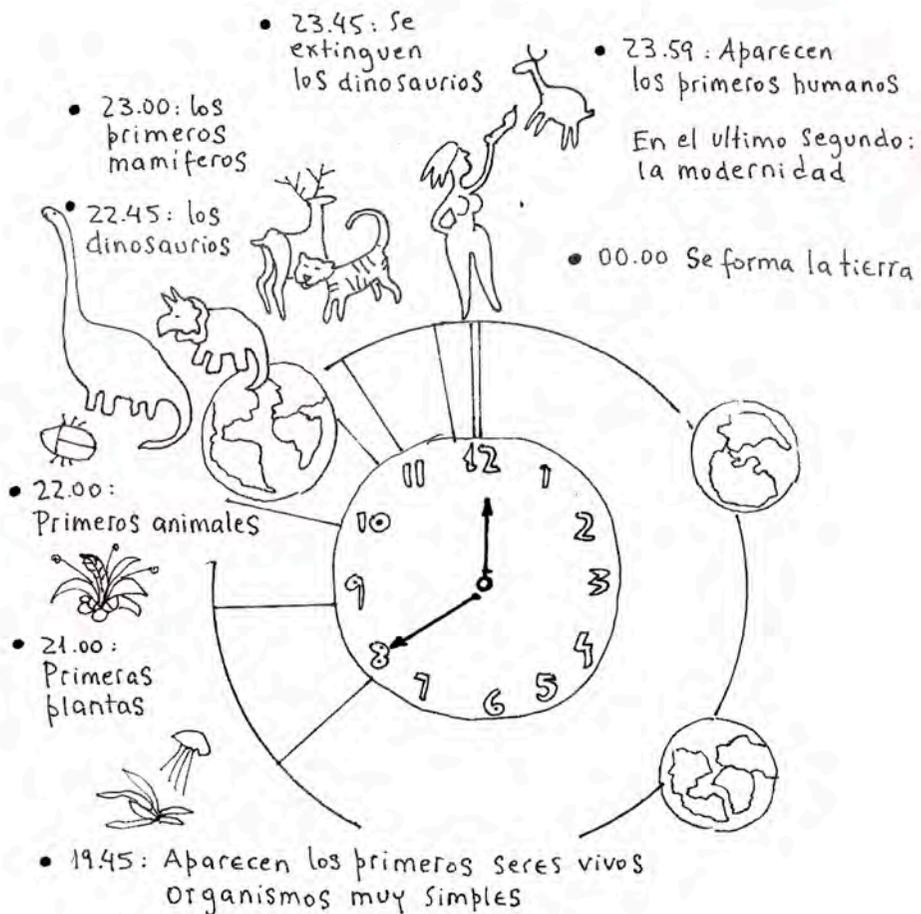


Fig. 1. Historia del planeta tierra análoga a 24 horas. 8h21min (hace 3.000 millones de años): Aparecen células capaces de utilizar la luz solar como fuente de energía y de producir oxígeno. 19h18min (hace 900 millones de años): Aparece la primera forma de vida vegetal. Probablemente un alga verde. 21h08min (hace 550 millones de años): Aparecen los primeros peces. 21h30min (hace 480 millones de años): Aparecen las primeras plantas terrestres e insectos. 22h25min (hace 300 millones de años): Se forma el último supercontinente: Pangea. 22h47min (hace 231 millones de años): Aparecen los primeros dinosaurios. 22h49min (hace 225 millones de años): Aparecen los primeros mamíferos. 22h57min (hace 201 millones de años) Se produce la extinción del triásico-jurásico. 23h40min (hace 66 millones de años): Se produce la última gran extinción del Cretácico-Terciario donde desaparecen la gran mayoría de los dinosaurios. 23h59min23seg (hace 2 millones de años): Aparecen los primeros homínidos de los que se tiene la seguridad que fueron completamente bípedos y eran capaces de elaborar herramientas de piedra. 23h59min57seg (hace 200.000 años): Aparece el ser humano moderno (Dinofun, 2017). La Agricultura aparece como actividad humana en los últimos 10.000 años (15 centésimas de segundos).

Situación de la agricultura en Argentina

El desarrollo del agronegocio en Argentina, trajo aparejado la profundización de la expansión de la agricultura capitalista-empresarial-industrial, característica de los complejos agroindustriales, cuya tendencia es capital-intensiva, de permanente innovación tecnología de gran escala, fundada en monocultivos y orientada al mercado internacional. Esta modernización agrícola, con la concentración en rotaciones cortas, monocultivos y menos variedades, ha causado degradación ambiental y erosión de la diversidad genética (Pengue, 2009).

La agricultura campesina y la agricultura familiar se encuentran en situaciones de conflicto por la enorme incompatibilidad entre ambas lógicas de producción agrícola. Mientras el agronegocio organiza su territorio para la producción de mercancías; el campesinado organiza el territorio para su supervivencia y necesita desarrollar todas las dimensiones de la vida (cultural, social, económica, ecológica). Para expandirse, el agronegocio precisa de los territorios campesinos y en consecuencia inhibe el establecimiento de las familias campesinas ya sea por la tecnología utilizada en la producción (cuyas consecuencias son la intensa contaminación ambiental, y la destrucción de la biodiversidad, etc.) o por factores de índole político o jurídico, excluyendo de sus tierras a las comunidades campesinas e indígenas (Mançano Fernandes, 2008).

En la Argentina, en estas cinco décadas, el proceso llamado “globalización” dio paso al capitalismo con eje en la inversión financiera, generando ingresos extraordinarios con la sobreexplotación de los recursos naturales. El incremento de la deuda externa, la desregulación del Estado, la concentración y extranjerización de las tierras, el quebranto de las agencias de investigación nacional, la desindustrialización, la destrucción de la pequeña y mediana empresa, la apropiación privada de los recursos naturales, la desocupación y la distribución regresiva del ingreso, han impactado fuertemente en el sector agropecuario y sobre todo en la producción familiar y las posibilidades de vida de los asentamientos campesinos en el campo.

El modelo agroexportador ha permitido desarrollar un sistema de producción de materias primas de granos oleaginosos, que afecta gravemente las economías regionales y locales, precariza el empleo y perjudica la producción familiar. Las emigraciones hacia las ciudades y la orientación de la producción agropecuaria hacia los mercados, solo beneficia a las grandes empresas transnacionales. La tierra en grandes extensiones, se destina cada vez más a

la producción agropecuaria exportable, requerida por el país para pagar los servicios de su abultada deuda externa.

Mientras las tendencias globalizantes se mantienen, siguen desapareciendo los campesinos, medianos y pequeños productores y los trabajadores rurales. El Censo Nacional Agropecuario 2018 (CNA-18) indica que la superficie total de las EAP (explotaciones agropecuarias) fue de 157.423.932 hectáreas, de las cuales 33.182.640 hectáreas corresponden a superficie implantada con algún cultivo: 69% para cultivos anuales; 11% para forrajes anuales; 11% para forrajeras perennes y 9% con otros cultivos. En otros usos figuran 124.241.292 hectáreas con un 57% para pastizales y 24% a bosques y montes naturales, entre otros (Tabla 1). Aquí los bosques nativos alcanzan en el total de las EAPs el 10,72 %.

Considerando la totalidad de las EAP censadas (con y sin límites definidos) el CNA 2018 registró 250.881 unidades, contra 333.533 contabilizadas en 2002, lo que implica la desaparición de 82.652, aproximadamente una cuarta parte, a un promedio de eliminación anual de 5.166 EAP. Por su parte, la superficie correspondiente a las explotaciones con límites definidos habría disminuido de 174.808.564 ha en 2002 a 157.423.932 en 2018, es decir un llamativo diez por ciento, que excede largamente el porcentaje que podría adjudicarse a los avances de los procesos de urbanización y otros usos no agropecuarios (Ameghino y Fernández, 2019).

Tabla n°1. Datos del Censo Nacional Agropecuario 2018 (CNA-18) se censaron en 594.064 terrenos en un total de 206,7 millones de hectáreas. La superficie total de las EAP fue de 157.423.932 hectáreas que se detalla en el cuadro.

Categorías	Subcategorías	Superficie (ha)
Algún cultivo (21,08 %) 33.182.640 ha	Cultivos anuales (69 %)	23227848,0
	Forrajeras anuales (11 %)	3650090,4
	Forrajeras perennes (11 %)	3650090,4
	Otros cultivos (9 %)	2654611,2
Otros usos (78,92 %) 124.241.292 ha	Pastizales (57 %)	70817536,4
	Bosques y montes naturales (24 %)	29817910,1

Según comunican Ameghino y Fernández (2019) consideran que los principales datos productivos agrícolas y ganaderos recabados por el CNA 2018 parecen adolecer de problemas de subregistro. En el caso de la ganadería

bovina, se computaron para el total del país 40,4 millones de cabezas, de las cuales cerca de 26 millones correspondían a las provincias pampeanas. Estas cifras resultan muy inferiores a las que estima habitualmente el SENASA. Este organismo había estimado para el año 2018 que el rodeo nacional constaba de aproximadamente 54,8 millones de vacunos, ubicando 34,7 millones de animales en la región pampeana: 19,2 millones en Buenos Aires, 4,9 en Córdoba, 4,3 en Entre Ríos y 6,2 en Santa Fe. La publicación preliminar del CNA 2018 no contiene información respecto de la distribución de este ganado de acuerdo al tamaño del rodeo, información que permitiría estimar adecuadamente el grado de concentración vigente en la actividad. Sin embargo, sí disponemos de un dato más que significativo: la cantidad de EAP (tambos incluidos) con ganado vacuno cae entre 2002 y 2018 en 37.000 unidades, equivalentes a un 40%, variación considerablemente más abultada que la tendencia global de eliminación de explotaciones. Esto incrementa en un tercio el tamaño medio del rodeo (dando por buenas las cifras de 2018) y entrega evidencia sobre una tendencia a la concentración (Ameghino y Fernández, 2019).

El CNA 2018 aporta información es la superficie agrícola que también presenta diferencias importantes en relación a otras fuentes de información, pues se indica que la superficie sembrada con cereales y oleaginosas (de primera y segunda ocupación) alcanza solamente 25,8 millones de hectáreas a nivel país, y a 20,9 millones en la región pampeana tal como la venimos definiendo. Diferiendo de esta medición, la Bolsa de Comercio de Rosario estimaba solamente para los principales tres cultivos (soja, maíz y trigo) un total de 30,7 millones de hectáreas implantadas a nivel nacional, mientras que la Reseña Estadística de Márgenes Agropecuarios refiere 29 millones de hectáreas, las que ascienden a 33,7 millones sumando la superficie del resto de los cereales y oleaginosas. Por su parte, el Ministerio de Agricultura estimó en más de 30 millones de hectáreas el total implantado con los 5 cultivos principales (se agregan girasol y cebada cervecera) de la región pampeana (y de 25,7 millones si consideramos los principales 3 granos). La comparación con los resultados del CNA 2002 permite discernir cambios de cierta importancia, que hablan de la continuidad del proceso de agriculturización (sojización) de la economía agropecuaria. En el marco de que el CNA de 2018 relevó 5 millones de hectáreas menos, el área dedicada a cultivos anuales avanza en 2,3 millones de hectáreas, un 14,4%, superficie que claramente es obtenida a costa de la ganadería pastoril (forrajeras perennes y anuales), que decrece en 3,9 millones de hectáreas (siendo que los pastizales naturales ven recortada su superficie en 3,7 millones de hectáreas). Estos fenómenos son en buena medida la contra-

cara de la tendencia a la estabulación del ganado y parcialmente a su relocalización fuera de las provincias pampeanas (Ameghino y Fernández, 2019).

El país agropecuario siempre tuvo dos regiones bien diferenciadas, una asentada en la “Pampa Húmeda” favorecida por sus condiciones climáticas y de infraestructura para la producción agropecuaria productora de *commodities*, y otra determinada por condiciones marginales para los cultivos que tradicionalmente se exportaron, caracterizada por producciones destinadas al mercado interno, denominadas “economías regionales”.

El papel hegemónico que ejerció tradicionalmente la pampa argentina en la distribución del poder y la riqueza, se basó en un proyecto nacional agroexportador fuertemente subsidiado por el Estado, cuya perspectiva productiva atrajo fuertemente el interés del sector privado en la última década.

Hasta los años setenta el modelo de producción dominante para unidades productivas de 200 hectáreas o más, era la alternancia entre ganadería y agricultura. En predios de menor tamaño hubo actividades mixtas, pero la agricultura continua fue el estilo de producción dominante. La ganadería fue considerada un sistema productivo conservador de la fertilidad, que aseguraba crecimientos moderados de productividad y no requería mayores insumos. A pesar de esto, a fines de la década del cuarenta y sobre todo en los cincuenta, se generaliza la preocupación por la disminución de la producción unitaria de granos de maíz (de 5 a 2,5 t/ha) y por el incremento de los costos de producción. Comienzan a percibirse los primeros impactos de deterioro y degradación de suelos, especialmente en aquellos sistemas que aplicaban agricultura continua. Comienzan a promoverse alternativas tecnológicas, apropiables, formas de manejo que resuelven muchos de los problemas del productor agrícola-ganadero pero no los del chacarero pequeño, que comienza a verse deteriorado fuertemente en su situación socioeconómica, vinculada directamente al deterioro del suelo y su pérdida de productividad.

En los últimos 15 años, la superficie cultivada con cereales y oleaginosas aumentó globalmente en 30 millones de hectáreas. De esta superficie, parte corresponde a cambios en el uso del suelo (en la Región Pampeana principalmente) y otra parte a la expansión, hacia la Región Chaqueña, de la frontera agropecuaria. Este aumento de la superficie cultivada, tuvo un correlativo aumento de la cantidad de predios rurales de gran superficie, una disminución de alrededor de 89.164 predios entre CNA 1988 y CNA 2002 con una superficie promedio que varió entre 421,2 ha a 518,3 ha (, y la desaparición de 82.652 EAP entre CNA 2002 y CNA 2018.

Consecuencias de la deforestación

En Argentina, la intensificación de la deforestación comenzó en la década de 1970 como resultado de los cambios tecnológicos y de las lluvias cada vez mayores, siguió durante los años 1980 y 1990 en relación con la sostenida demanda mundial de soja, y se aceleró (100.000 ha.año⁻¹) entre 2001 y 2007, tras el aumento global de los precios y la devaluación del Peso nacional. Aún zonas con limitaciones de suelo para la agricultura, resultaron en paisajes deforestados y altamente fragmentados. Se perdieron más de 26 millones de hectáreas de bosques por el avance de la frontera agropecuaria. La expansión estuvo estrechamente relacionada al paquete tecnológico de la siembra directa (cultivos transgénicos, uso de agroquímicos, parque de maquinaria, agricultura de precisión) y de los sistemas silvopastoriles con desmontes totales y siembra de pasturas exóticas megatérmicas (Britos y Barchuk, 2008).

La deforestación en la Argentina alcanza una tasa anual de -0.82% , con valores que varían entre -0.16% y -2.93% entre provincias de las regiones del Chaco Seco y Selva Tucumano Boliviana (para el período 1998/2002). La deforestación representa una pérdida directa de superficie de Bosque Chaqueño (Morello *et al.*, 2009) y es un proceso que muestra una alta variación espacial, respondiendo a una combinación de factores socio-económicos y naturales que determinan la forma en que se produce. Este proceso además puede causar un aumento de la fragmentación, que consiste en la modificación de la estructura natural del paisaje y generalmente implica la pérdida de la continuidad espacial de los bosques. La fragmentación es de importancia ya que condiciona la efectividad de medidas de conservación y las opciones de manejo de posible aplicación (Montenegro *et al.*, 2005).

El modelo de sojización y agrocombustibles, presiona aún más sobre prácticamente millones de hectáreas de tierras marginales, a las que se entra solo con tecnología e insumos. Los problemas de degradación y erosión, comienzan a manifestarse a pesar de la existencia de nuevas prácticas agrícolas como la siembra directa, que aplicadas en condiciones de monocultura o con rotaciones ineficientes desde el punto de vista agronómico no resuelven el problema de la erosión y por supuesto pueden incrementar otros, como la contaminación química (Pengue, 2009).

Los desmontes habilitan al principal conflicto ambiental existente y es, de hecho el conflicto por la tierra (Fig. 2). Al considerarse a la tierra un bien de renta, la cuestión reside en la discusión de la apropiación de sus beneficios

y por tanto de quien detenta su propiedad. Son muchos los que consideran por otro lado, que la tierra no es meramente un recurso. La tierra es mucho más que eso, es un espacio de vida y una herramienta de transformación social como declaman desde hace mucho tiempo, miles de agricultores federados o no y los movimientos campesinos e indígenas (Pengue, 2009).

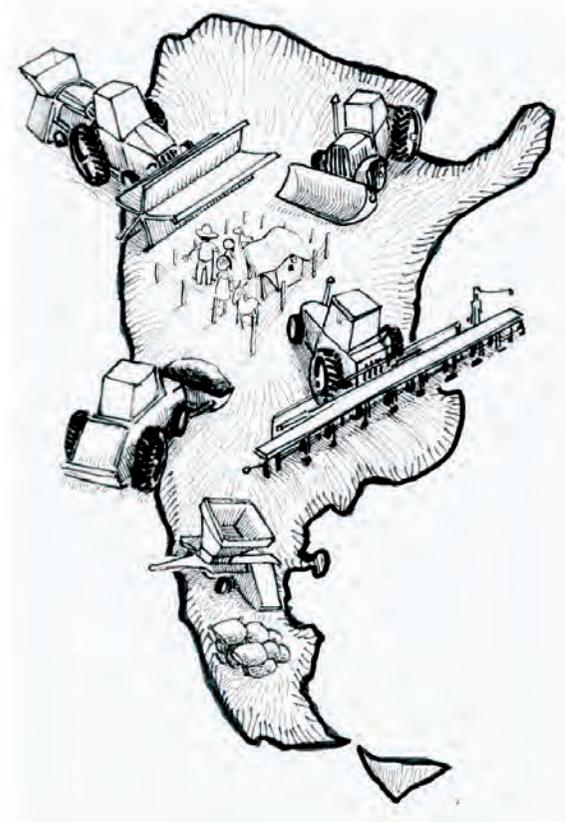


Fig. 2. La expansión e intensificación de la agricultura industrial durante los últimos 40 años implicó que se desenrollan iniciativas y estrategias de supervivencia de los campesinos, pequeños productores, ubicados en el país no pampeano. A consecuencia de expansión de la frontera agropecuaria y del agronegocio se derrumbaron las economías regionales, el ambiente sufrió un grave impacto, se hizo un uso irracional de la tecnología disponible (pesticidas, deforestaciones masivas, introducción de malezas, etc.) y se quitaron las tierras históricamente habitadas por campesinos y pequeños productores, dando como resultado mayor emigración hacia los centros urbanos. Solo el 3% de la población argentina habita en localidades con población menor o igual a 2000 habitantes.

Deforestación en Córdoba y riesgos ambientales

La situación de pérdidas de los bosques de la provincia de Córdoba ha sido más grave que en el resto del país. De las 16.532.000 hectáreas de superficie total de la provincia, los bosques nativos originales repartidos en cuatro ecorregiones: Bosque Chaqueño Oriental, Bosque Chaqueño Occidental, Espinal y Bosque Serrano, ocupaban hace 100 años alrededor de 71,4% de la superficie total de la provincia. De acuerdo a un trabajo de descripción de la flora de Córdoba de 1904, la provincia contaba a principios del siglo XX, con extensas superficies boscosas. Así, Sayago (1969) expresa que “Córdoba en el año 1890 con una superficie de 17.000.000 ha tenía 13.900.000 ha cubiertos de bosques” y en 1900 “existían bosques ininterrumpidos en todas las sierras de Córdoba”.

A partir de los datos actualmente disponibles, puede inferirse que la superficie en la región centro-sur de la provincia de Córdoba ocupada por el Bosque del Espinal antes de la llegada del ferrocarril y de la colonización agrícola a fines del siglo XIX, era de aproximadamente 7.300.000 ha.; hoy menos del 1 % pueden considerarse fisonómicamente bosque. Formaba parte de esta región el “Distrito del Caldén” (3 millones de ha), cuyo principal especie arbórea era el “caldén” (*Prosopis caldenia*), endémico de esa región. La superficie legalmente declarada como remanente era en 2002, de 56.759 ha (0.2 % de la superficie original) (Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación, 2007).

En el Nordeste de Córdoba, durante el período de 30 años entre 1969-1999, se deforestaron 1.199.800 ha de bosques xerófilos de llanura y montaña, esto es el 85 % de los bosques existentes en 1969, convertidos en un conjunto de parches en los que domina la matriz de campos de cultivo, junto con parches de pasturas y distintas comunidades sucesionales. Las tasas de deforestación fueron entre las más altas reportadas para cualquier tipo de bosque del mundo. La desaparición de los bosques del norte de Córdoba ocurrió a una tasa general anual del 5,8 %, con un 9,4 % en las sierras y 7,5 y 4,8% hacia el este y oeste de las Sierras del Norte, respectivamente. En el Noroeste de la Provincia de Córdoba, parte de la cuenca de las Salinas Grandes y de Ambargasta, originalmente cubierto por bosques xerofíticos del Chaco Árido, ocurrieron las mayores tasas de desmontes en los últimos diez años, según informa oficialmente la Secretaría de Ambiente de la provincia. El origen de esta transformación se debió principalmente al desmonte con topadoras para uso agropecuario (Barchuk *et al.*, 2010) y la deforestación por los incendios

(Plan Nacional de Manejo del Fuego, 2010). Como consecuencia de lo anterior, la desertificación en la provincia es superior al 35% de su superficie (Plan Nacional de Lucha Contra la Desertificación, 2010).

Entre los principales factores que provocan desertificación en el mundo se encuentra la deforestación. La deforestación no solo produce la reducción de las áreas de los bosques sino que implica cambios en la configuración del paisaje, lo que conlleva a la degradación del hábitat, afectando como consecuencia a los flujos de especies, energía, materia y agua.

La Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (CLD) entiende por desertificación: “la degradación de tierras en zonas áridas, semiáridas y secas subhúmedas, resultante de diversos factores, entre ellos las variaciones climáticas y las actividades humanas, con la degradación del suelo y la reducción o pérdida de productividad biológica y económica”, es decir, de los servicios de los ecosistemas (UNCCD, 2008).

La desertificación y la sequía se han convertido en temas cruciales en el mundo y en Argentina, debido a las consecuencias ecológicas y socioeconómicas. La desertificación implica una reducción en la productividad biológica y económica de los ecosistemas, y una alteración en gran magnitud de los procesos bióticos, biogeoquímicos e hidrológicos, conduciendo a los sistemas a cambios irreversibles y catastróficos. La evaluación de la degradación es un requisito previo para lograr el uso sostenible del territorio (Barchuk *et al.*, 2010).

Sobre la base de las variables físicas extremas como las elevadas temperaturas, tipos de suelos y las escasas precipitaciones, mediadas por la vegetación; una serie de importantes aspectos sociales, históricos y culturales intervienen en la dinámica de los agroecosistemas. En general, las zonas con clima semiárido, como lo es nuestra región, se caracterizan por una relación de precipitaciones (P) / evapotranspiración (PET) de 0.20 y 0.50, mientras que esta relación varía entre $0.03 < P/PET < 0.20$ en aquellas zonas de clima árido. Así, si en estas regiones se incrementan las pérdidas cobertura de la vegetación, también las tasas de evaporación y la relación Ecurrimiento / Infiltración, y disminuyen las tasas de evapotranspiración (agua que va a formar las nubes) debido a la falta de bosques.

Desaparecieron los ecosistemas boscosos en el Este, Centro y Sur de la provincia y con ello toda la biodiversidad de especies vegetales y animales. Los escasos parches existentes tienen un promedio de 2.5 ha, son relictos de bosques de Espinal (Distritos del Caldén, Ñandubay y del Algarrobo) y el Chaco Oriental. Los bosques en grandes extensiones, se encuentran al Nor-oeste de Córdoba, bosques del Chaco Árido.

La expansión de la frontera agropecuaria de monocultivo sobre tierras semiáridas y áridas de la provincia de Córdoba ha conducido al avance de la desertificación, disminución alarmante de los ecosistemas originales y su biodiversidad; pérdidas de cobertura vegetal, fertilidad, calidad y cantidad de agua dulce y también, de funciones ecológicas como la regulación biogeoquímica e hidrológica a escala de cuencas. Todo esto acompañado de conflictividad social, controversias y emigración de poblaciones locales.

La ausencia de la cobertura vegetal promueve riesgos y vulnerabilidad ante los eventos climáticos extremos, como las sequías y las inundaciones, que cada vez son más frecuentes. Los incendios recurrentes de gran magnitud espacial también contribuyen al mismo proceso. Otras manifestaciones de los enormes desequilibrios ambientales son la disminución de las reservas de agua para el consumo humano en aguas subterráneas, diques y lagos, expansión de vectores de enfermedades tropicales, aparición de nuevas plagas agrícolas y la creciente degradación de la salud humana debido a la gran extensión de las fumigaciones con agrotóxicos.

Toda esta degradación de origen antrópico, se produce en un contexto de cambio climático global mundial, dado principalmente por el incremento del dióxido de carbono, proveniente de la combustión de combustible fósil, los incendios forestales y la deforestación. Considerando la grave situación ambiental de la provincia de Córdoba, existe la necesidad urgente de planificar los cambios de cobertura y de usos de la tierra con criterios ambientales y sociales, y esta planificación se conoce como ordenamiento territorial. Para ello previamente son necesarios las siguientes acciones: evaluar el impacto y riesgo ambiental de la agricultura industrial, analizar las fuerzas intervinientes, evaluar las tendencias de los ecosistemas y de la salud de las poblaciones fumigadas y diseñar paisajes sustentables.

Los bosques suministran productos y servicios que benefician directamente y pueden ofrecer posibilidades económicas productivas a las poblaciones locales. En los bosques de regiones áridas es posible el manejo de la vegetación utilizando las poblaciones vegetales existentes, altamente adaptadas a las características extremas del ambiente, atendiendo a su preservación y al incremento de su productividad. El uso sin conocimiento de dichas especies ha provocado efectos ambientales negativos (degradación del bosque nativo), en regiones donde las relaciones ecológicas son frágiles y sensibles a los cambios. Los beneficios económicos y sociales de un bosque dependen de la productividad forestal y de la calidad de los productos forestales que ofrece. En árboles de zonas áridas, el crecimiento anual registrado es relativamente

bajo, por lo que la aplicación de técnicas de manejo que mejoren esta productividad permitiría integrarlos a sistemas de uso diversificado incluyendo la extracción de leña seca y productos secundarios de la poda. La flora medicinal de Córdoba es relevante, ya que comprende 669 taxones; estos representan aproximadamente un 34% de la flora provincial lo que equivale a un 6.3% a nivel nacional. La familia de mayor número de representantes aporta es Asteraceae (Compuestas), con una contribución menor pero significativa de Fabaceae y Poaceae (Barbosa *et al.*, 2006).

Si en la provincia se asegurara la regeneración y la conectividad sería posible la recuperación de las especies forestales nativas, la renovación de su potencial de producción forestal maderera y no maderera. Habría que reducir el aislamiento de los parches y frenar la fragmentación de los mismos para que puedan cumplir los servicios ecosistémicos como la regulación de plagas y enfermedades, la formación de suelos, la circulación del agua, la presencia de flora apícola y el turismo. La cobertura y hábitat en grandes parches asegura el suministro de especies de uso medicinal, alimenticio, leña, gomas, tintóreas, artesanales, etc. (Barchuk, 2019).

Derechos y Normativas favorables

El derecho al ambiente sano y al alimento no contaminado y saludable está expresado en numerosas leyes y en el artículo 41 de la Constitución Nacional. Es urgente integrar todas estas disposiciones en una totalidad común que es el territorio que habitamos y que compartimos todas y todos los ciudadanos. A su vez, hay que tener en cuenta que en los territorios existió un uso histórico que marcó patrones a escala de paisajes muchas veces generando condiciones poco amigables con el bienestar actual de la población, y que tan solo con perseguir la finalidad de alcanzar un adecuado funcionamiento de la naturaleza se pueden lograr los recursos para la subsistencia humana.

Ley Nacional 27.118 (2013) De Reparación Histórica de la Agricultura Familiar para la construcción de una nueva ruralidad en la Argentina, declara de interés público la Agricultura Familiar, Campesina e Indígena por su contribución a la seguridad y soberanía alimentaria del pueblo, por practicar y promover sistemas de vida y de producción que preservan la biodiversidad y procesos sostenibles de transformación productiva. Define promover el empleo en el medio rural, fomentando a la biodiversidad y armonía con la naturaleza para alcanzar el buen vivir, corregir disparidades del desarrollo diferencial mediante la acción del Poder Ejecutivo Nacional logrando una

producción sustentable, contribuir a la seguridad y soberanía alimentaria incentivando la producción nacional, impulsar el máximo aprovechamiento de los diferentes sectores nacionales con el fin de generar bienes primarios, industrializados y servicios particulares de cada uno, fortalecer la organización de los productores familiares y la defensa de sus derechos, recuperar, conservar y difundir el patrimonio natural de los diversos territorios.

Se destacan como principales aportes de la ley: el impulso a la realización de ferias locales y la conformación de la cadena nacional de comercialización. Se crea el Banco de Tierras para la Agricultura Familiar. Se crea el Centro de Producción de Semillas Nativas (apoyo INTA e INS) con el objetivo de registrar, producir y abastecer de semillas nativas y criollas. Fortalecer las formas de producción agroecológica. Asesorar técnicamente, aportar materiales y desarrollar de experiencias innovadoras, investigación tecnológica, que garanticen el buen vivir.

El Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca en el ámbito del Poder Ejecutivo Nacional promoverá la Formación Técnica Superior y Capacitación en el área Rural junto con el Ministerio de Educación, y la Educación Alimentaria Nutricional con el Ministerio de Salud. Impulsará mejoras de la Infraestructura rural a través de la Unidad de Cambio Rural.

Se “recomienda” a las provincias y municipios: asignar al menos al 50% de la población rural programas de viviendas rurales, sistemas de saneamiento, mantenimiento de la red caminera troncal, asegurar la provisión de agua para riego, animales y potable. Para mejorar infraestructura el ministerio dará: subsidio directo, sistemas de microcréditos, fondos rotatorios, banca rural, caja de crédito y-o créditos bancarios a tasas subsidiadas. Políticas sociales: garantizar el acceso y funcionamiento de todos los servicios sociales para toda la población rural en el Territorio que aseguren el arraigo. Educación rural será declarada servicio público esencial. Sistema de atención primaria de la salud (agentes sanitarios), programa de deporte rural zonal y provincial. Políticas culturales, que promuevan los valores propios de la ruralidad. Promoción: Sanidad agropecuaria con planes, programas y proyectos. Beneficios impositivos. Certificación de productos y procesos: a través de un Sistema de Certificación Participativa, que asegurará la certificación en procesos y productos de circulación nacional. Creación de un seguro integral para la agricultura familiar. Créditos a través del Banco de la Nación Argentina.

Ley Provincial N° 28.981 de “Desarrollo Integral de la Agricultura Familiar Campesina e Indígena de Córdoba”, sancionada el 18 de setiembre de 2019 por el Poder Legislativo de la Provincia de Córdoba aprobó por unani-

midad la Ley Provincial N° 28.981 de “Desarrollo Integral de la Agricultura Familiar Campesina e Indígena de Córdoba”. El objetivo principal de la ley es promover el desarrollo rural y fomentar las actividades familiares agropecuarias diversificadas que impulsen modelos productivos sostenibles, para favorecer el arraigo rural, el agregado de valor en origen y la seguridad agroalimentaria. En el espíritu de la ley, existen tres puntos a destacar: la creación de un Consejo Asesor para la Agricultura Familiar, compuesto por todos los actores sectoriales; un Registro Provincial de Productores que permitirá fortalecer políticas públicas específicas; y la puesta en funcionamiento de un Banco de Semillas para la preservación de especies nativas. La ley provincial adhirió a la Ley Nacional N° 27.118, de “Reparación Histórica de la Agricultura Familiar para la Construcción de una Nueva Ruralidad en la Argentina”.

La Ley provincial 10.208 determina la política ambiental provincial y, en ejercicio de las competencias establecidas en el artículo 41 de la Constitución Nacional, complementa los presupuestos mínimos establecidos en la Ley Nacional N° 25.675 -General del Ambiente-, para la gestión sustentable y adecuada del ambiente en el territorio de la Provincia de Córdoba. Esta política ambiental provincial establece en el artículo 3°, entre otros, los siguientes objetivos: inciso c- Promover el mejoramiento de la calidad de vida de las generaciones presentes y futuras en forma prioritaria; inciso d- Promover la participación ciudadana en forma individual y a través de organizaciones no gubernamentales, académicas y científicas, actores y diversos sectores que afecten el ambiente, para la convivencia de las actividades humanas con el entorno, brindando información ambiental, fortaleciendo las vías de acceso a la información y exigiendo su obligatoriedad en los procesos administrativos de gestión ambiental; e- Impulsar la implementación del proceso de ordenamiento ambiental del territorio en la Provincia.

La ley provincial vigente N° 9.164 (D.R. 132/05) de productos químicos y/o biológicos de uso agropecuario, prohíbe toda fumigación aérea a menos de 1500 metros de zonas pobladas y a las fumigaciones terrestres las restringe en forma parcial, estipulando que en los 500 metros próximos a viviendas no pueden aplicarse algunos productos. Datos preliminares analizados de Sistemas de Información Geográfica en un total de 107.398 hectáreas muestran que el 22 % del territorio está urbanizado, el 10 % ocupado por el Cinturón Verde hortícola y el 49 % por monocultivos extensivos. Si se aplican los criterios de la Ley de Agroquímicos provincial, se pone en evidencia que el 78 % de la superficie está limitada en la aplicación aérea de agroquímicos. Es necesario desarrollar Modelos Prediales de Producción Agroecológica apropiados

para el cinturón verde de Córdoba. En estos rediseños -sistemas tecnológicamente alternativos- es fundamental la reconstrucción de corredores biológicos y agroecológicos.

Las Leyes, Nacional 26.331 y Provincial 9814, establecen en sus anexos 10 criterios de Sustentabilidad Ambiental de los cuáles cuatro de ellos se refieren directamente al tema de conectividad. En la lista siguiente se presenta el Anexo mencionado:

1. *Superficie: es el tamaño mínimo de hábitat disponible para asegurar la supervivencia de las comunidades vegetales y animales. Esto es especialmente importante para las grandes especies de carnívoros y herbívoros.*
2. *Vinculación con otras comunidades naturales: Determinación de la vinculación entre un parche de bosque y otras comunidades naturales con el fin de preservar gradientes ecológicos completos. Este criterio es importante dado que muchas especies de aves y mamíferos utilizan distintos ecosistemas en diferentes épocas del año en búsqueda de recursos alimenticios adecuados.*
3. *Vinculación con áreas protegidas existentes e integración regional: La ubicación de parches de bosques cercanos o vinculados a áreas protegidas de jurisdicción nacional o provincial como así también a Monumentos Naturales, aumenta su valor de conservación, se encuentren dentro del territorio provincial o en sus inmediaciones. Adicionalmente, un factor importante es la complementariedad de las unidades de paisaje y la integración regional considerada en relación con el ambiente presente en las áreas protegidas existentes y el mantenimiento de importantes corredores ecológicos que vinculen a las áreas protegidas entre sí.*
4. *Existencia de valores biológicos sobresalientes: son elementos de los sistemas naturales caracterizados por ser raros o poco frecuentes, otorgando al sitio un alto valor de conservación.*
5. *Conectividad entre eco regiones: los corredores boscosos y riparios garantizan la conectividad entre eco regiones permitiendo el desplazamiento de determinadas especies.*
6. *Estado de conservación: la determinación del estado de conservación de un parche implica un análisis del uso al que estuvo sometido en el pasado y de las consecuencias de ese uso para las comunidades que lo habitan. De esta forma, la actividad forestal, la transformación del bosque para agricultura o para actividades ganaderas, la cacería y los disturbios como el fuego, así como la intensidad de estas actividades, influyen en el valor de conservación de un sector, afectando la diversidad de las comunidades animales y vegetales en cuestión. La diversidad se refiere al número de especies de una comunidad y a la abundancia relativa de éstas. Se deberá evaluar el estado de conservación de una unidad en el contexto de valor de conservación del sistema en que está inmerso.*

7. *Potencial forestal: es la disponibilidad actual de recursos forestales o su capacidad productiva futura, lo que a su vez está relacionado con la intervención en el pasado. Esta variable se determina a través de la estructura del bosque (altura del dosel, área basal), la presencia de renovales de especies valiosas y la presencia de individuos de alto valor comercial maderero. En este punto es también relevante la información suministrada por informantes claves del sector forestal provincial habituados a generar planes de manejo y aprovechamiento sostenible, que incluya la provisión de productos maderables y no maderables del bosque y estudios de impacto ambiental en el ámbito de las provincias.*

8. *Potencial de sustentabilidad agrícola: consiste en hacer un análisis cuidadoso de la actitud que tiene cada sector para ofrecer sustentabilidad de la actividad agrícola a largo plazo. La evaluación de esta variable es importante, dado que las características particulares de ciertos sectores hacen que, una vez realizado el desmonte, no sea factible la implementación de actividades agrícolas económicamente sostenibles a largo plazo.*

9. *Potencial de conservación de cuencas: consiste en determinar las existencias de áreas que poseen una posición estratégica para la conservación de cuencas hídricas y para asegurar la provisión de agua en cantidad y calidad necesarias. En este sentido tienen especial valor las áreas de protección de nacientes, bordes de cauces de agua permanentes y transitorios, y la franja de “bosques nublados”, las áreas de recarga de acuíferos, los sitios de humedales o Ramsar, áreas grandes con pendientes superiores al cinco por ciento (5%), etc.*

10. *Valor que las Comunidades Indígenas y Campesinas dan a las áreas boscosas o sus áreas colindantes y el uso que pueden hacer de sus recursos naturales a los fines de su supervivencia y el mantenimiento de su cultura.*

En el caso de las Comunidades Indígenas y dentro del marco de la ley 26.160, se deberá actuar de acuerdo a lo establecido en la ley 24.071, ratificatoria del Convenio 169 de la Organización Internacional del Trabajo (OIT).

Caracterizar su condición étnica, evaluar el tipo de uso del espacio que realizan, la situación de tenencia de la tierra en que habitan y establecer su proyección futura de uso será necesario para evaluar la relevancia de la continuidad de ciertos sectores de bosque y generar un plan de acciones estratégicas que permitan solucionar o al menos mitigar los problemas que pudieran ser detectados en el mediano plazo.

DISEÑO DE UN NUEVO PAISAJE AGRÍCOLA: HACIA LA RESILIENCIA

En una trayectoria progresiva, la Agroecología a través de un proceso denominado transición agroecológica, busca rediseñar los agroecosistemas para volverlos más sustentables. Es por esto, que es necesaria la construcción del conocimiento agroecológico con base en la articulación de conocimientos locales y científicos y con la efectiva (e imprescindible) participación de la sociedad (Sarandón y Flores, 2014).

Una escala que integra las actividades de la sociedad y el desarrollo armónico o no para la supervivencia humana, es la de paisaje. Este presenta una heterogeneidad espacio-temporal, resultante de la interacción dinámica de las sociedades humanas con el medio, controla diversos movimientos y flujos de organismos, materia y energía. Existen relaciones entre los cambios estructurales del paisaje y las configuraciones, dados por los usos de la tierra. El estudio desde el paisaje tiene gran aplicabilidad para las políticas de conservación de la biodiversidad y la planificación territorial con base agroecológica.

A escala de paisaje, en primera instancia se requerir actividades de mitigación de las consecuencias de los usos del suelo y la promoción de estrategias de recuperación de los ambientes degradados, tendiendo a la construcción de un paisaje agroecológico. Supone la necesidad de una zonificación para definir las categorías de planificación agroecológicas, restringe las actividades de la agricultura industrial; promueve nuevos arreglos espaciales en el uso del suelo y el desarrollo de una agricultura familiar diversificada sin agrotóxicos. Este nuevo diseño propone estructuras que fortalezcan la conectividad entre ambientes naturales y los territorios con producción agroecológica; y privilegia la remediación de las funciones del ecosistema a escala de cuenca.

Existe abundante evidencia de que los diseños y prácticas agroecológicas a escala predial contribuyen enormemente a la resiliencia. Una serie de prácticas tales como el uso de variedades tolerantes a sequía, cosecha de agua, diversidad de cultivos, agroforestería, prácticas de conservación de cuencas y una serie de otros diseños de la agricultura tradicionales (Nicholls *et al.*,

2013), también pueden ser resilientes a escala de paisaje si existe conectividad.

La resiliencia se define como la capacidad de un sistema para mantener su estructura organizacional y su productividad tras una perturbación (Walker *et al.*, 2004). La estabilidad tiene dos dimensiones: resistencia a los eventos extremos y la recuperación (resiliencia o elasticidad). Un agroecosistema es resiliente si es capaz de producir alimentos, a pesar de una severa sequía, una tormenta, o el ataque de una plaga que ha llagado de la región. En los sistemas agrícolas, la biodiversidad de cultivos proporciona el vínculo para la resiliencia y la productividad. Cuando se producen cambios ambientales, la redundancia construida por varias especies, permiten al ecosistema continuar funcionando y proporcionando los servicios ecosistémicos. Así, la biodiversidad proporciona un “seguro” o sirve como un “amortiguador” frente a fluctuaciones ambientales, debido a que la diversidad de cultivos, bosques y ganado responden de manera diferente a las fluctuaciones, alcanzando una comunidad más predecible o fomentando las propiedades del ecosistema. Los arreglos agroecológicos espaciales y temporales de la biodiversidad incrementan la diversidad funcional y la resiliencia de los sistemas con sensibilidad a las fluctuaciones temporales en el clima. En la tabla 2 se presentan diseños complejos con varios tipos de producción, con biodiversidad y un conjunto de actividades coherentes con el funcionamiento del agroecosistema a escala predial.

La mitigación en el caso del calentamiento global se refiere a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) o combustibles fósiles. También incluyen la mejora de los sumideros para incrementar la capacidad de absorción de dichos gases. Por ejemplo, expandir los bosques nativos y la producción agroecológica ayuda a que tomen el CO₂ de la atmósfera y lo conviertan en biomasa. Se consideran a los agroecosistemas agroecológicos y en especial los de agroforestería con potencialidad de mitigación del cambio climático. Alrededor del mundo muchos campesinos y agricultores tradicionales han respondido a las condiciones climáticas cambiantes demostrando innovación y resiliencia. Un gran número poseen estrategias agroecológicas, que resultan en la única ruta viable y sólida para incrementar la productividad, la sostenibilidad y la resiliencia de la producción agrícola en el escenario del cambio climático (Altieri y Nicholls, 2013).

La adaptación al cambio climático está relacionado con las acciones que se deben realizar para prevenir cambios que pueden producir efectos no deseados. En el caso del calentamiento global la adaptación se refiere a iniciativas y medidas que reduzcan la vulnerabilidad de los sistemas naturales y humanos. Los países y comunidades deben implementar medidas y prácticas

preventivas para evitar daños probables. Se deben contemplar medidas a corto y largo plazo, mediante la administración ambiental, la planificación para reducir los riesgos ambientales, el ordenamiento territorial para la conservación de los bosques nativos, y la prevención y alerta para disminuir las consecuencias frente a eventos catastróficos. Los ecosistemas proporcionan servicios importantes que pueden ayudar a las personas a adaptarse a la variabilidad promovida por el cambio climático. Las organizaciones internacionales y no gubernamentales han promovido un enfoque para la adaptación basado en los ecosistemas con bosques y árboles, y resaltan que los bosques y los árboles pueden apoyar a la adaptación. Se consideran 5 maneras: (1) los bosques y árboles proveen bienes a las comunidades locales que enfrentan amenazas climáticas; (2) los parches de bosques y árboles en los campos agrícolas regulan el agua, el suelo y el microclima para una producción más resiliente; (3) las cuencas hidrográficas con cobertura boscosa regulan la circulación del agua y protegen los suelos reduciendo los impactos climáticos; (4) los bosques que protegen zonas costeras de amenazas relacionadas con el clima, y (5) los bosquecillos urbanos y árboles regulan la temperatura y el impacto de las lluvias y permiten ciudades más resilientes (Pramova *et al.*, 2012).

Las herramientas provenientes de los sensores remotos, la teledetección (Chuvienco, 2006), los mapas digitales, la conformación de bases de geodatos y la formulación de modelos de riesgos y tendencias en sistemas de información geográfica (Eastman, 2015) proveen de información base para orientar los procesos de diseño del paisaje con una perspectiva integral y holística. En este sentido, los métodos de ordenamiento deben también contemplar la participación de las comunidades en la organización de las actividades productivas, en una revisión crítica de las prácticas del manejo del paisaje a escala local y regional y en el monitoreo de la propuesta de planificación territorial.

En general, el ordenamiento territorial es una normativa con fuerza de ley que regula el territorio. El proceso y la técnica para llegar a dicha normativa, se conocen como Proceso de Ordenación del territorio. En este marco, se pueden llevar adelante los siguientes objetivos para la planificación regional para la resiliencia de los territorios agroecológicos: - Definir cuencas como paisajes con entidades biofísicas que concentran relaciones funcionales donde se observan unidades de cobertura y los usos de la tierra. - Determinar la cobertura vegetal que protege las cuencas definiendo dos estados sucesionales en los mosaicos de conservación. -Determinar la cobertura de protección y recuperación para mitigar la desertificación considerando como base procesos biofísicos que facilitan transferencias de recursos desde zonas de pobre o baja

concentraciones (inter-parche) a zonas ricas o de alta concentración/acumulación de recursos (parches fértiles). - Establecer variables físicas con umbrales que permitan mover el sistema a condiciones o estados resilientes. – Promover la cobertura con leñosas que estabiliza el ecosistema. – Desarrollar criterios para contemplar la conectividad del paisaje en la planificación territorial y local.

La planificación territorial es un proceso político, en la medida que involucra la toma de decisiones concertadas de los actores sociales, económicos, políticos y técnicos, para la ocupación ordenada y uso sostenible del territorio. Asimismo, es un proceso técnico administrativo porque orienta la regulación y promoción de la localización de las unidades de cobertura y uso de la tierra, el desarrollo dinámico de las acciones humanas, actividades económicas, sociales, de infraestructura físico espacial y las prohibiciones. Una normativa legal, a pesar de que el sentido profundo de la misma permanece sin cambio, sin embargo, se pueden producir una gama de variantes, dependiendo de la escala de gestión de que se trata, y del ecosistema-agroecosistema al que se refiere.

El ordenamiento territorial se define entonces como un instrumento que forma parte de la política del Estado para el desarrollo integral y sostenible. El proceso técnico-político de la planificación requiere de la definición de criterios e indicadores ambientales para la asignación de usos territoriales y al uso ordenado del territorio. También, requiere bases científicas, y tecnológicas, influidas por multitud de disciplinas, y tener mano la geografía, las ciencias ambientales, las ciencias sociales y la ecología de paisajes.

Agroecología en transición

Un paso muy importante que ha dado nuestra sociedad a través de sus organizaciones sociales es analizar y resistir las consecuencias de la agricultura industrial, y trata de avanzar fortaleciendo una transición hacia la agroecología. Para Gliessman (2002) los pasos de la transición Agroecológica son: Paso 1: Aumentar la eficiencia en el uso de insumos, reduciendo así, el uso de insumos costosos, escasos o ambientalmente dañinos. Paso 2: Sustitución de insumos y prácticas convencionales con alternativas. Paso 3: Re-diseño de agro-ecosistemas para que funcionen en base a un nuevo grupo de procesos ecológicos. Paso 4: Cambiar los valores y pensamientos sobre el proceso de producción y sostenibilidad.

Los contextos extendidos en los que se ha hecho la agricultura de revolución verde promovida por las multinacionales agrícolas (Monsanto, Novartis,

Bayer, Syngenta, Dupont, Cargill), las facultades de agronomía, los institutos de investigación y las casas comerciales dificultan la incorporación generalizada de la agroecología, por lo cual ella debe ser incorporada en un proceso de transición, lo que implica comenzar un camino de recomposición de los elementos del ecosistema que han sido rotos durante los años de la agricultura del monocultivo, comenzando por la restauración de la bioestructura de los suelos y su vida. El proceso de transición obliga el uso de insumos externos al ecosistema los cuales deben ir disminuyendo, en la medida en que se restablezcan los microorganismos del suelo, los insectos controladores, los corredores biológicos, las barreras cortavientos, los bancos de forraje y proteínas, los policultivos y la diversidad compleja del agroecosistema (Scheibengraf y Arechaga, 2019).

Como alternativa a la agricultura de altos insumos, la agroecología propone una aproximación a la producción agrícola mediante una transición que combina la protección ambiental, la viabilidad económica y la equidad social. Entonces, el manejo del agroecosistema se dirige hacia la reducción del impacto de la agricultura, y la mejora de los recursos agrícolas locales (especies y variedades cultivadas, suelo, fauna beneficiosa, diversidad vegetal, etc.) mediante la participación directa del agricultor en la toma de decisiones, usando los conocimientos tradicionales y adaptando los predios agrícolas a las necesidades socioeconómicas y condiciones biofísicas locales.

De acuerdo a la “Propuesta de producción agroecológica extensiva en las periferias de Escuelas Rurales de la Provincia de Entre Ríos” realizada por Scheibengraf y Arechaga (2019) la transición agroecológica tendría varias aristas que se pueden desarrollar sincrónica o asincrónicamente en una localidad:

1. Formación de técnicos campesinos facilitadores que difundan y promuevan la producción agroecológica y permitan el fortalecimiento de los procesos organizativos. Los facilitadores comparten además de información y técnicas, conceptos agroecológicos, experiencia y sabiduría. No se limitan a compartir lo qué hacen, sino se esfuerzan por enseñar cómo lo hacen y por qué los métodos agroecológicos funcionan. Su conocimiento lo comparten de manera innovadora usando maquetas, modelos, demostraciones, juegos, canciones, poemas e historias (metodologías de campesino a campesino).
2. Generación de biofábricas: unidades centralizadas de producción de bioinsumos agroecológicos, que permiten a la organización proveer a los productores insumos de uso colectivo, lograr la independencia de insumos industriales, disminuir los costos de producción, facilitar nuevas alterna-

tivas para combatir problemas nutricionales, de plagas y enfermedades, y por tanto, el desarrollo de producciones agroecológicas en mayor escala territorial. Los biopreparados se basan en el uso de recursos que, generalmente, se encuentran disponibles en las comunidades, constituyendo en una alternativa de bajo costo para el control de plagas y enfermedades; suponen menor riesgo de contaminación ambiental pues se fabrican con sustancias biodegradables y de baja o nula toxicidad para los productores y consumidores. Cuando hablamos de bioinsumos agropecuarios nos referimos a todo aquel producto biológico que consista o haya sido producido por microorganismos (hongos, bacterias, virus, etc.) o macroorganismos (Artrópodos benéficos), extractos de plantas o compuestos bioactivos derivados de ellos y que estén destinados a ser aplicados como insumos en la producción agropecuaria, agroalimentaria, agroindustrial e incluso agroenergética. Por ejemplo, esto incluye, pero no se limita a: biofertilizantes, fitoestimulantes y/o fitorreguladores; biocontroladores de plagas y agentes biofitosanitarios (ya sean de origen fúngico, viral, bacteriano, vegetal o animal, o derivados de estos); biorremediadores y/o reductores del impacto ambiental (Barchuk *et al.*, 2018); biotransformadores para el tratamiento de subproductos agropecuarios y bioinsumos para la producción de bioenergía.

3. Promoción de la huerta escolar y la huerta familiar. La huerta en la escuela es un espacio que permite a docentes y alumnos aprender y construir conocimiento en torno a las ciencias naturales, desde una mirada crítica y reflexiva vinculada a la Educación Ambiental y la Promoción de la Salud. Es valorable que la huerta produzca alimentos, pero no es el objetivo central. La huerta escolar agroecológica incentiva la sensibilidad e interés por los problemas ambientales y contribuye a desarrollar los valores, aptitudes y conocimientos enmarcados en la Agroecología.

En el diseño se debería tener en cuenta las escalas de paisaje y predial, un diagnóstico y caracterización inicial, las dimensiones de la sustentabilidad (ecológica, social-económica, política, cultural y ética), y las propuestas de manejo en coherencia con los principios agroecológicos y biodiversidad espacial y temporal.



Fig. 3. La transición agroecológica como proceso de transformación de los sistemas convencionales de producción hacia sistemas de base agroecológica. Este proceso comprende no solo elementos técnicos, productivos y ecológicos, sino también aspectos socioculturales y económicos del agricultor, su familia y su comunidad. Por lo tanto, el concepto de transición agroecológica debe entenderse como un proceso multilineal de cambio que ocurre a través del tiempo (Caporal y Costabeber, 2004).

Diseño agroecológico a escala predial

Este tema será profundizado en los capítulos 3, 4 y 5, por lo que aquí, nos limitaremos a contextualizar esta escala de diseño. En el diseño de agroecosistemas sustentables es fundamental la aplicación de los principios ecológicos de estabilidad, productividad y eficiencia.

La estabilidad, productividad y eficiencia energética permiten la producción bajo un grupo de condiciones ambientales, económicas y de manejo. El suelo puede ser regado, provisto de cobertura, abonado, o los cultivos pueden ser intercalados o rotados para mejorar la resiliencia del sistema, pero es finalmente, el /la agricultor/a quien contribuye con sus decisiones y conocimientos, su propio trabajo, utilizando animales o maquinas, o empleando fuerza de trabajo de otras personas, a que se cumplan estos tres principios ecológicos. Los sistemas agroforestales tienen una alta complejidad estructural, y han de-

mostrado que contribuyen fácilmente a los principios citados (Nicholls *et al.*, 2013).

Tabla n°2. Prácticas agroecológicas en diferentes temáticas productivas a escala predial (Nicholls *et al.*, 2013).

Tema y objetivos	Acciones	Conocimientos y prácticas	Aportes
Producción de hortalizas			
Aumentar la cantidad, calidad, cosecha durante todo el año (en especial en invierno) y diversidad de hortalizas para consumo familiar.	Preparación de suelo. Abonos orgánicos. Invernaderos. Almacigos. Desinfección de suelos y semillas. Riego. Planificación de siembras. Manejo de plagas y enfermedades.	Preparación suelo superficial. Uso de guanos frescos y abonos líquidos. Uso de productos químicos. Semillas locales. Siembras en asociación o policultivos. Recetas locales de biorreguladores.	Preparación de bancal profundo. Compostaje. Evitar uso de agroquímicos. Uso de plásticos como túneles e invernaderos. Nuevas recetas de biorreguladores. Identificación de insectos benéficos.
Producción de frutas			
Aumentar la cantidad, calidad y diversidad de fruta para consumo familiar.	Podas. Fertilización. Manejo de plagas y enfermedades. Compra y nuevas plantaciones.	Técnicas de propagación. Fertilización con guano. Algunas recetas de preparados biorreguladores. Cosecha.	
Crianza de animales menores			
Aumentar la disponibilidad de proteína animal a bajo costo. Aves, cerdos y conejos.	Mejorar sistemas de reproducción. Alimentación. Sanidad. Infraestructura. Razas apropiadas.	Reproducción. Alimentación con recursos prediales. Remedios caseros. Razas criollas.	Infraestructura adecuada con elementos del predio. Alimentación balanceada. Manejo sanitario básico. Cruce razas mejoradas y criollas.
Apicultura			
Producir miel en forma eficiente, segura y disminuyendo la mortandad de las abejas.	Sistemas de crianza. Manejo sanitario. Manejo invernadas. Técnicas de cosecha.	Crianza rústica.	Carpintería apícola. Sanidad. Manejo general. Técnicas de cosecha. Preparación de biorreguladores naturales.

Alimentación y conservación de alimentos			
Mejorar la dieta familiar, uso más eficiente de los productos agrícolas y aumentar la diversidad y disponibilidad de los alimentos.	Dietas. Recetas nutricionales. Diversidad. Conservas, mermeladas, fruta al jugo.	Dieta campesina. Recetas criollas. Técnicas sencillas de conservación. Preparación de alimentos.	Nuevas recetas. Técnicas de conservación, higiene y almacenamiento. Diversificación de alimentos
Tecnologías apropiadas			
Mejorar condiciones de vida, seguridad y aumentar la eficiencia del uso de recursos.	Hornos. Secadores. Cocinas de barro. Bombas manuales.	Herramientas básicas. Alta capacidad de trabajo con madera y barro.	Uso de materiales del predio para la construcción. Técnicas de construcción y manejo

Diseños agroecológicos a escala de paisaje de los cinturones verdes

Los cinturones verdes de las ciudades también pueden proveer servicios ecosistémicos significativos. Los mismos se definen como los beneficios que la población humana deriva, directa o indirectamente de las funciones del ecosistema (Millennium Ecosystem Assessment, 2005). Pueden proteger de las emisiones de dióxido de carbono, purificar el aire y el agua, regular el microclima, reducir el ruido (Loures y Costa, 2012), proteger el suelo y el agua (Smith *et al.*, 2013), mantener la biodiversidad (Quijas *et al.*, 2012), tener valores recreativos, culturales y sociales (Nahuelhual *et al.*, 2016); los agroecosistemas complejos son capaces de servir como amortiguador (búfer) frente a grandes fluctuaciones de temperatura, producir muchos cultivos y alta productividad para abastecer de alimentos a ciudades, además de contribuir a los servicios de polinización y conservación de suelos (Nicholls *et al.*, 2013). Así, el cinturón verde mejora el entorno urbano, contribuye a la salud humana y aumenta la calidad de vida de todos los habitantes.

Coexisten dos posiciones principales con respecto a la planificación de la relación ciudad-paisaje rural: por un lado, el paisaje es visto como un elemento separador de la ciudad y el resto del territorio. Según este punto de vista, los cinturones verdes están diseñados para proteger una forma urbana compacta. Por otro lado, el paisaje es percibido como un elemento de conexión de la ciudad hacia lo rural, e integrado a la región (Kühn, 2003; Vergnes *et al.*, 2013).

Al momento de pensar y tomar acciones en la planificación agroecológica de la relación ciudad-paisaje rural se requiere mínimamente cumplimentar varios aspectos. A continuación menciono algunos de ellos: a- Conocimiento a escala de unidades de cobertura y usos de la tierra del territorio. b- Potencial agroecológico a escala de paisaje. c- Las leyes vigentes asociado a la oportunidad ambiental. d- Construcción e implementación participativa de diseños agroecológicos en el territorio en cuestión. Entonces, la primera pregunta que haremos es cuál es la superficie de los cinturones verdes y que usos de la tierra dominan alrededor de los centros urbanos. También, si estos están contribuyendo a los servicios ecosistémicos.

A continuación, se presenta un análisis de un sector estudiado de 107.398 hectáreas donde se describen las unidades de cobertura y uso de la tierra para un sector amplio del departamento capital que abarca los cinturones verdes (CV) norte y sur de la ciudad de Córdoba (Barchuk *et al.*, 2017; Suez *et al.*, 2018).

En el cinturón verde de Córdoba, el avance de la agricultura industrial contaminante (extensiva e intensiva) ha generado un desplazamiento de la población rural a la ciudad, transformación desde sistemas tradicionales como la agroforestería fruti-hortícola y los policultivos de hortalizas hacia preponderantemente, monocultivos de granos para forrajes, disminución de la producción de frutas y hortalizas, y con el costo social de la pérdida de soberanía alimentaria. Aunque ya mencionado, bajo este modelo de agricultura, está asociado el uso indiscriminado y creciente de agroquímicos que produce contaminación del ambiente e intoxicación de todos los seres vivos incluyendo trabajadoras y trabajadores del campo, habitantes de las zona peri rural y contaminación del mismo alimento que llega desde el campo a la mesa (Badii y Landeros, 2007; Souza Casadinho, 2011). Las unidades de cobertura y uso de la tierra presentes del sector estudiado de 107.398 hectáreas fueron analizadas siguiendo la siguiente clasificación: Urbano, Represas y Río, Lagunas, Arboledas y Monte, Cinturón Verde Extensivo Riego Norte, Cinturón Verde Hortícola, Extensivo, Cinturón Verde Extensivo Riego Sur, Canteras y Ladri-lleros y Suelo en Desuso – Barbecho, representan la estructura del territorio periurbano, espacialmente heterogénea, que se expresa en el conjunto de unidades mencionadas (Barchuk *et al.*, 2017).

En la zona urbana (Urbano) se estimaron dos sectores bien definidos uno denso y otro disperso relacionado con las principales rutas (según denominaciones utilizadas por Budovski *et al.*, 2014). Esta matriz urbana extendida hacia el “Gran Córdoba”, representa el 21.6 % de la superficie estudiada, donde

además existe una marcada segregación residencial. La zona periurbana tiene una estructuración principalmente acorde a la distribución de las vías de acceso en tramos radiales con la zona urbana densa. El área periférica a la Ciudad de Córdoba, externa a la Avenida de Circunvalación se caracteriza por una yuxtaposición de trazados urbanos, suburbanos y rurales, con una gran mixtura de usos no compatibles, entre los que se destacan los usos industriales de gran escala y productivos rurales junto a los residenciales; los equipamientos educativos y recreativos de gran escala, aeródromos, aeropuerto, usos militares; usos del suelo residenciales tipo countries, barrios cerrados y chacras, planes masivos de viviendas y asentamientos informales, generalmente en un trazado que presenta fuertes rupturas en la red vial (Sánchez y Barberis, 2013). El área tiene, baja a nula estructuración y las vinculaciones concéntricas son muy débiles y sólo por tramos. La Ciudad de Córdoba registra un proceso de redistribución poblacional hacia la periferia, con un incremento poblacional del 7,5% (Peralta y Liborio, 2014).

Existe una amplia zona de 54.728 hectáreas de cultivos extensivos de soja, maíz y trigo realizados bajo los modelos de agricultura convencional e industrial (Extensivo) con la aplicación de cantidades desmedidas de agroquímicos. Si aplicáramos dos buffer sobre toda la zona urbana y sub-urbana, de 1500 y de 500 metros, de acuerdo a la normativa que restringe la aplicación de varias categorías de productos fitosanitarios aérea y terrestre, respectivamente (Ley Provincial N° 9164), no sería posible la actividad agrícola convencional y de tipo industrial en todo el territorio analizado tal cual se realiza actualmente. El área del buffer de 83.188 hectáreas (1.500 m) representa el 77.5 % del área estudiada y la del buffer de 500 metros es de 60.488 ha (56.3 %). O sea, que la superficie afectada con aplicación de agroquímicos muestra que está en riesgo la salud de la población cercana (FAO, 2015, Suez *et al.*, 2018).

El Cinturón Verde hortícola (Cv hortícola) de 3.167 hectáreas, es una zona que tradicionalmente se caracterizó por proveer de frutas y hortalizas frescas a la ciudad de Córdoba. Se abasteció de riego de dos canales maestros: Canal Maestro Norte y el Canal Maestro Sur (abandonado su uso) que se abastecen del dique San Roque. Actualmente, para el riego de zona sur, el agua proviene del dique Los Molinos. En torno a la red de canales de riego se desarrollaba una variada gama de producciones que incluía frutales de carozo principalmente y hortalizas livianas y pesadas (Sánchez y Barberis, 2013).

El Cinturón Verde de Córdoba viene manifestando un retroceso. Existen datos que revelan que en 1987 se explotaban 28.238 hectáreas en el cinturón verde (norte, sur y Chacra de la Merced) donde más de la mitad (14.771

hectáreas) eran cultivos de hortalizas y había 704 productores hortícolas. En 2009, se cultivaban 11 mil hectáreas y en 2012, 5.500 ha (Fernández Lozano, 2012). Hoy, según datos de la Dirección de Ferias y Mercados del municipio de Córdoba, solo quedan 245 quinteros (Giobellina y Quinteros, 2015). Si incluimos al Cv extensivo riego norte, Cv extensivo riego sur y Cv hortícola, abarcan juntos 11.575 ha (Suez *et al.*, 2018).

También se ha generado un desplazamiento de la producción hortícola a las localidades cercanas como: Almafuerte, Río Primero, Río Segundo, Colonia Tirolesa, Colonia Caroya, Jesús María, Capilla de los Remedios, entre otras (Fernández Lozano, 2012). El periurbano de Córdoba posee también cultivos hortícolas en invernadero que fueron incluidos en esta unidad de cobertura. La posible tendencia de esta unidad de cobertura a reducirse, se debería al incremento del precio de la tierra para ampliación del área urbana, prácticas agropecuarias utilizadas en la producción de hortalizas que atentan contra la salud del ambiente, riesgo de presencia de contaminantes de origen microbiológico y químico (plaguicidas, metales pesados) en las napas freáticas y en los productos cosechados, degradación de suelos por mala calidad del agua de riego y/o manejo, alta incidencia de enfermedades y plagas, problemas en la comercialización y precios de la producción bajos y muy variables, escasos recursos financieros y desconocimiento de costos (Suez *et al.*, 2018).

La Zona Sur es la más afectada en la ciudad de Córdoba por el proceso de urbanización, principalmente con el establecimiento de countries y barrios cerrados (Svampa, 2001), los cuales se pueden observar principalmente en el Camino a San Antonio y el Camino a San Carlos, dos sectores que tradicionalmente estaban caracterizados por una matriz de quintas hortícolas. Se citan como causas de este proceso la falta de agua, ya que en muchas zonas el canal de riego ha sido cortado por el establecimiento de barrios privados, el avance de la frontera urbana y del cultivo de la soja. En la Zona hortícola Norte, la producción es mayor. Allí se observan predios hortícolas de tipo familiar, alternados con otros de tipo empresarial. En algunos casos, se observa la permanencia de montes frutales en diferente estado de conservación (durazneros y ciruelos) (Suez *et al.*, 2018).

El Cinturón verde con cultivos extensivos con riego al norte (CV extensivo riego Norte) abarca un área de 1.451 hectáreas que tradicionalmente era de producción frutihortícola, y que actualmente se encuentra con cultivos extensivos, principalmente soja, maíz y trigo. El avance de la frontera agropecuaria extensiva ocurre a partir de la instalación de perforaciones y sistemas de riego por aspersión para grandes superficies de tipo pivot central o avance frontal. El Cinturón verde con cultivos extensivos con riego al sur (CV extensivo riego

Sur) de 6.957 hectáreas se corresponde con lo que Fernández Lozano (2012) caracteriza como sistema de producción con la base del cultivo de papa en superficies que superan las 20 hectáreas. Así de acuerdo a lo observado en estos sistemas, se sigue realizando la papa como cultivo base, habiendo reducido la producción de otras hortalizas pesadas como zanahoria y batata. Por otro lado, se observa un aumento de la rotación con cultivos extensivos como soja y maíz, en sistemas de alto uso de agroquímicos y fertilizantes (Suez *et al.*, 2018).

La actividad minera, se visualiza también como categoría Canteras y ladrilleros. Esta categoría, en el lecho del Río Suquía (Vásquez *et al.*, 1979) se corresponde con la actividad minera de extracción de áridos para la construcción, mientras que en el resto de la categoría definida en el mapa de usos del suelo se corresponde con la actividad de fabricación de ladrillos, sustentada principalmente por trabajadores inmigrantes. Escasamente, se conoce el deterioro enorme que desde más de una década se está ejerciendo con la extracción continua de áridos sobre el mismo lecho del río (312, 5 ha de zonas de canteras). Los áridos son materiales granulares inertes formados por fragmentos de roca o arenas y gravas, utilizados tanto en la construcción (edificación e infraestructuras) como en numerosas aplicaciones industriales (Barchuk *et al.*, 2017; Suez *et al.*, 2018).

El impacto negativo que ejerce la ciudad de Córdoba sobre la biodiversidad y la calidad del agua el Río Suquía ha sido numerosas veces informado (Gaiero *et al.*, 1997; Bistoni *et al.*, 1999; Pesce y Wunnderlin, 2000, Hued y Bistoni, 2007). Así, las “lagunas” son producto de la intensa extracción de áridos (178 ha) donde se acumulan aguas servidas. El origen del agua estancada es debido a que afloran líquidos cloacales provenientes de la planta de tratamiento de líquidos cloacales “Bajo Grande”. Esta planta contiene los barros cloacales de la ciudad y libera más del 30 % de los líquidos y sólidos de las cloacas de la ciudad de Córdoba. Entonces, estas lagunas están intensamente eutrofizadas por la acumulación de materia orgánica sin tratamiento.

Hacia el Sureste, a manera de corredor, existe vegetación boscosa de bosque nativo, 1.210 hectáreas de arboledas y bosque), que se extiende en ambas márgenes del cauce del Río Suquía y otras áreas aledañas. Toda esta zona de bosques tendría alto valor de conservación pero se encuentra fragmentada y sujeta a la presión de los diferentes usos del suelo que se desarrollan en las cercanías del río (Barchuk *et al.*, 2017; Suez *et al.*, 2018).

Históricamente, el cauce se caracterizaba por un corredor de bosque típico del Espinal (Luti *et al.*, 1979), intercalado con la actividad hortícola. En los años 60 - 70 había 1.440 hectáreas de cultivos hortícolas bajo riego (Chacras

de La Merced). En los años posteriores, la actividad hortícola prácticamente desapareció de la zona, quedando sólo unas pocas hectáreas lindando con la Avenida de Circunvalación. Dicha actividad fue reemplazada por los cultivos extensivos y por la actividad minera.

Toda el área de estudio de la ciudad de Córdoba y su periferia, se encuentra emplazada en la región fitogeográfica del Espinal. Las prácticas agropecuarias han llevado a la desaparición de gran parte de los bosques de la región, aunque algunas áreas remanentes aisladas y de poca extensión han permitido reconstruir parcialmente las características que la constituían. En los sitios en los que las actividades agrícolas han sido abandonadas se presentan pastizales dominados por especies de la región pampeana y arbustales de Espinal y el corredor de bosque nativo del Río Suquía (Arboledas y monte, 6.030 ha) (Barchuk *et al.*, 2017). El corredor de bosque nativo del Río Suquía de 1210 ha debería ser manejado para recuperarlo como un sector de alto valor de conservación (Ley 26.331 de “Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental de los Bosques Nativos” dado por su valor de conectividad).

Es muy importante la superficie de corredores arbóreos de exóticas que se observan en el CV estudiado (4.820 ha) de Córdoba. La cobertura vegetal está compuesta por numerosas especies introducidas por el hombre entre las que se pueden citar el paraíso (*Melia azedarach*), eucalipto (*Eucalyptus* sp.), acacia blanca (*Robinia pseudoacacia*), olmo (*Ulmus* sp.), casuarina (*Casuarina equisetifolia*), platanus (*Platanus* sp.), siempre verde (*Ligustrum lucidum*) y álamo (*Populus* sp) (Giorgis y Tecco, 2014). Una de las especies invasoras más conspicuas es el siempre verde (*Ligustrum lucidum*) (Giorgis y Tecco, 2014). Históricamente, DIPAS (ex Dirección Provincial de Aguas Sanitarias de la provincia) ha utilizado como revestimiento de los muros externos de tierra del Canal Maestro Norte y Canal Maestro Sur a lo largo de todo sus tramos a esta especie arbórea. Esta situación ha llevado a que la especie se extienda por la región de riego generando un típico sistema de parcelas rodeadas de cortinas de árboles siempreverdes. Esta capa de cobertura contribuye a la heterogeneidad y diversidad del paisaje. Los elementos paisajísticos parches y corredores son muy interesantes para los diseños agroecológicos de los sistemas agrícolas (Vergnes *et al.*, 2013) y para la recuperación de servicios ambientales ya que aquí la matriz, como ya dijimos, puede jugar un papel importante en el mantenimiento de la biodiversidad en hábitats fragmentados (Herrera, 2011). La estructura actual del paisaje en el área periurbana de Córdoba está relacionada con la urbanización y la agriculturización extensiva. La interpretación visual y digital de imágenes satelitales no solo permiten zonificar y clasificar las cober-

turas presentes en el área de estudio; sino también, describir la composición espacial de las métricas en los diferentes tipos de coberturas y la complejidad del patrón del paisaje consideradas en conjunto las unidades de cobertura y uso de la tierra (Eastman, 2015).

El extenso y disperso sector de Suelo en desuso y barbecho (10.646 hectáreas), tal vez sea producto de zonas abandonadas al uso agrícola, contribuirían al diseño futuro de espacios productivos potencialmente agroecológicos (Vergnes *et al.*, 2013). Así, los corredores que podrían estructurarse a partir de los suelos en desuso y las arboledas y monte podrían constituirse como hábitats de conexión biológica (flujo de organismos) y ecológica (flujo de procesos ecológicos) (Forman, 1995). Desde el punto de vista de la métricas de parches, la unidad de cobertura Arboleda y monte presenta la mayor cantidad de parches (NP=4.138) seguido por las categorías Urbano (NP=3.385) y Suelo en desuso y barbecho (NP=3.876). Los sistemas Cv hortícola y Represas y ríos presentaron una proporción cuatro veces menor y se exhiben dispersos. En cuanto a la Densidad de parches en 100 hectáreas se presentó la misma tendencia, es decir la DP/100 ha de Arboleda y monte fue de 3.9, seguido por las categorías Urbano (DP/100 ha =3,2) y Suelo en desuso y barbecho (DP/100 ha =3,6), mientras que las demás categorías presentaron menos de un parche por unidad de área estandarizada a 100 hectáreas (Barchuk *et al.*, 2017).

Las categorías Agricultura Extensiva y Urbana presentan los mayores tamaños del parche más grande (MaxP= 24.762 y 18.640 ha, respectivamente), de tamaños medio del parche (TMP= 19.681 y 14.966 ha, respectivamente) y con índices del parche más grande (IPG) varias veces superior a 1 (uno). Junto con el gran parche urbano (MaxP=18.640 ha) se presentan parches interdigitados representando el avance de los tentáculos urbanos hacia el campo. Le siguen en importancia las categorías Cv extensivo riego sur (MaxP=2.956) y Suelo en desuso y barbecho (MaxP=1.049). Mientras que el área máxima de un parche de la unidad de cobertura Cv hortícola y Arboleda y monte son menores (MaxP=224 y 447 ha, respectivamente). Los valores de los tamaños medios del parche (TMP) de las demás categoría oscila entre 2 y 52 ha. La relación perímetro / área varía ampliamente y depende del área del parche. Esta relación muestra claramente las diferencias entre elementos lineales como el caso de Arboledas y monte (P/A= 5,4), Represas y ríos (P/A= 6,5) o muy irregulares como el caso de Canteras y ladrilleros (P/A= 5,3). La categorías de formas más cuadradas y de gran superficie como el sistema Extensivo tienen valores más pequeños (P/A= 0,5) (Barchuk *et al.*, 2017).

El dominio de agrupamientos de píxeles pertenecientes a las categorías

Extensivo, Urbano, extensivo bajo riego sur y Cv Hortícola norte, permitieron ejercer la supremacía sobre las demás categorías. Se contrasta esto con las categorías que tienen parches pequeños como la categoría Cv hortícola se distribuyen en menor superficie (2.575 ha) hacia el nor-este de la ciudad (Barchuk *et al.*, 2017).

Los parches agrupados ponen en evidencia de manera explícita el avance de la categoría Extensivo (valores inferiores a 0.23) sobre el Cv hortícola y hacia la categoría Urbano. La densidad de borde muestra el grado de fragmentación en que se encuentra el sector analizado. La densidad de los bordes es mayor en los sectores donde más categorías de cobertura y uso de la tierra existen. Por ejemplo, en el sector Cv hortícola norte se observa que predominan valores de índice de 0.12 a 0.25. El mismo patrón se observa en los alrededores de la ciudad, en especial, en el corredor del río Suquía.

El índice de la entropía normalizada o Diversidad oscila entre 0 y 1 (uno). Los valores superiores a 0.65 cercanos a 1 (uno) indica la existencia de máxima diversidad posible de unidades de cobertura dentro del sector Cv hortícola norte, Cv hortícola sur y Corredor del río Suquía. La Riqueza Relativa, índice cualitativo que mide el número de clases diferentes presentes en el vecindario, muestra valores intermedios en las cercanías de la ciudad y baja abruptamente a medida que domina el patrón de dominio de la clase Extensivo (cultivos industriales extensivos) (Barchuk *et al.*, 2017).

Potencial agroecológico a escala de paisaje. Algunos elementos de la Ecología de Paisajes

La Ecología del Paisaje aplica conceptos unificadores e interdisciplinarios, incorpora los avances tecnológicos disponibles para el estudio de los ecosistemas, como los Sensores Remotos y los Sistemas de Información Geográficas. La Ecología del Paisaje busca abordar la compleja relación de las sociedades humanas y sus espacios de vida, de manera que permita estudiar y entender los ecosistemas y sus diversos grados de transformación antropogénica.

También, implica construir el conocimiento del paisaje y los fenómenos ecosistémicos de manera holística; permite la interdisciplinariedad ya que el paisaje es una entidad compleja pero coherente en su “totalidad”. Uno de los objetivos centrales de este enfoque es una visión de conjunto que permita contextualizar la agroecología en este caso, y al mismo tiempo servir como canal de comunicación para la construcción de una interdisciplinariedad real y

práctica (Forman, 1995).

En un modelo de paisaje se pueden identificar tres tipos de elementos que lo componen (Forman, 1995): a) los parches son áreas no lineales relativamente homogénea que difieren de sus alrededores, b) los corredores son elementos lineales que difieren del terreno adyacente en ambos lados, y c) la matriz que sería el elemento dominante y conectado en un paisaje y/o con mayor control sobre la dinámica del paisaje. También, es importante el concepto de mosaico en un paisaje, como un área determinada del territorio donde se encuentra un patrón de parches, corredores y matriz. Algunos autores diferencian el mosaico como el conjunto de parches y la red como el conjunto de corredores en un paisaje (Burel y Baudry, 2003).

Los territorios periurbanos, en términos estructurales, pueden ser considerados como superficies espacialmente heterogéneas, que se expresan como un mosaico integrado por un conjunto de unidades homogéneas denominadas parches, entre las cuales se establecen relaciones espaciales (Forman, 1995). La fragmentación en estos paisajes es inducida por la creciente urbanización y el avance de la agricultura industrial, principales causas de pérdida de biodiversidad (Tian *et al.*, 2011). Actualmente, las investigaciones buscan incluir elementos del paisaje que compensen los efectos negativos de la fragmentación del hábitat en los paisajes agrícolas y urbanos (Vergnes *et al.*, 2013). Poco se conoce cómo hacer un modelo de paisaje que intervenga en su reestructuración dado por la expansión de la agricultura de gran escala al límite de las ciudades. La propuesta es profundizar en los diseños agroecológicos prediales complejos, tendientes a la agroforestería y aumentar los conectores lineales con vegetación nativa.

Los **parches** son unidades dinámicas a varias escalas espaciales y temporales que se pueden modificar. Se pueden medir los atributos de los parches (métricas) y a nivel de los componentes del paisaje contrastantes (por ej. las unidades de coberturas) (McGarigal y Marks, 1995). Estos atributos pueden ayudar a cuantificar la magnitud del proceso de fragmentación del paisaje urbano - rural (Tian *et al.*, 2011). Según la teoría de la fragmentación, la condición ecológica de un parche con respecto a factores como la diversidad biológica, la heterogeneidad del hábitat y los niveles de perturbación en su borde e interior, están estrechamente relacionados con los atributos del parche tales como tamaño, forma, aislamiento y conectividad, entre otros (Farina, 2006). Es necesario tener en cuenta que la descripción cuantitativa permite explorar las relaciones entre el patrón espacial y el proceso, y su significado ecológico (Li y Wu, 2004).

Es preciso destacar en primer lugar que la conservación, restauración y adecuado manejo de los **corredores** como conectores (los corredores son alineaciones de árboles o arbustos) repercute favorablemente en numerosos organismos silvestres, tanto los que encuentran en dichos elementos alimento, refugio o lugar de reproducción (paseriformes o pájaros, pequeños mamíferos, invertebrados), como los que, en base a su vocación forestal, se desplazan a través de los mismos para poder atravesar la matriz agrícola. Las alineaciones de árboles otorgan permeabilidad a la matriz agrícola y se manifiesta dando posibilidad a las especies de todos los grupos bióticos (Burel y Baudry, 2013). A los corredores lineales situados en mosaicos de usos del suelo agroecológicos (con una presión moderada de la matriz circundante) se les atribuye un importante papel de conexión. De esta forma, como consecuencia de la gran diversidad de especies asociadas a los elementos de vegetación espontánea en los agroecosistemas, se ha recomendado restaurar y destinar al menos entre un 10 % de la superficie de las zonas de agricultura a la conservación de la biodiversidad (Trivellone *et al.*, 2014).

El manejo de la estructura de parches y corredores incrementa la circulación de enemigos naturales y de la vida silvestre. Por otra parte, una estructura diversa de formas y tamaños de parches sirve como barrera a la dispersión de insectos fitófagos de un parche a otro. La estructura de parches y corredores ayuda a reconstruir la biodiversidad (Forman, 1995; Bennett, 1998, Primack *et al.* 2001) de acuerdo al proceso de transición agroecológica en que se encuentren los productores.

El patrón presentado muestra que las arboledas y monte son los corredores o estructuras lineales constituidas como un tipo de hábitat diferente del que lo rodea, y que proporciona conexión física entre dos o más fragmentos. Por tanto, las arboledas y monte actuarían generando conectividad paisajística, y fundamentalmente podrían contribuir a recomponer servicios ecosistémicos para la producción agroecológica. El uso del conjunto de métricas permite identificar la elevada fragmentación del paisaje; a su vez estas exponen diferentes características de cada una de las clases de cobertura.

Sin embargo, el análisis del patrón del paisaje ha puesto en evidencia el complicado panorama al que se ha llegado en la actualidad la periferia exterior de la ciudad de Córdoba. Desde un punto de vista estructural, la fragmentación es un proceso que produce la disgregación de un hábitat continuo en dos o más fragmentos progresivamente empequeñecidos, con alta densidad de bordes y aislados entre sí por un nuevo hábitat distinto al original denominado matriz (Forman, 1995). Si se mira sólo desde esta perspectiva es

poco lo que se podría realizar en términos de planificación territorial para la recuperación de servicios ecosistémicos y para la agrobiodiversidad. También podemos hacer otra mirada al respecto; los fragmentos de hábitat resultantes del proceso de fragmentación rara vez se encuentran rodeados por una matriz homogénea, inhóspita, y por tanto, ecológicamente neutra (Burel y Baudry, 2003, Herrera, 2011). Aunque, tenemos en nuestro caso situaciones extremas son matrices altamente modificadas como las áreas urbanas compactas y explotaciones intensivas de cultivos industriales, pero aún en estos casos, la matriz puede sostener biodiversidad (matriz no neutra, según Herrera, 2011). Entonces, podríamos pensar en construir una matriz agrícola agroecológica que integre espacios naturales para la conservación de la biodiversidad, mientras que una matriz hostil de monocultivo debería ser desechada ya que provoca que las áreas naturales deban ser más extensas para sustentar poblaciones viables de especies sensibles a la fragmentación.

De hecho, la **matriz no neutra** en los paisajes urbanos – rurales fragmentados puede considerarse como un mosaico de hábitats con distinto grado de alteración y destrucción pero con conectividad. Este reconocimiento de un gradiente continuo de degradación más que una disyuntiva entre hábitats idóneos o no idóneos, posee importantes repercusiones para el ordenamiento territorial “amigable” en paisajes fragmentados (Herrera, 2011; Barchuk *et al.*, 2017). Aunque, se sugiere que una mayor densidad de borde muestra la fragmentación del paisaje, esto no siempre es así, ya que de hecho en un proceso de fragmentación avanzado, la densidad de borde global podría disminuir producto de la eliminación de pequeños parches remanentes al ser conectados. Por otro lado, si bien la densidad de borde permite informar sobre la fragmentación del territorio estudiado, ésta debería ser acompañada de la evaluación de otras métricas que permitan un análisis más profundo de la configuración espacial.

Los patrones de paisaje percibidos en el cinturón verde hortícola se correlacionan con la prevalencia de elevada densidad de bordes de parches de actividad humana diversa (parches de usos diversos); no sabemos si esto permite cierto grado de conectividad en el paisaje y heterogeneidad entre las áreas modificadas. Sería interesante orientar estudios de ecología de los paisajes de ambientes modificados, revisar qué estructuras están más interconectadas y promover la conservación de especies nativas en paisajes agrícolas (Fischer y Lindenmayer, 2007; Barchuk *et al.*, 2017).

Por otro parte, en tierras agrícolas abandonadas puede ocurrir un proceso de sucesión secundaria de la vegetación. El abandono de los usos agrícolas

culturales causa en numerosos casos la disminución de la diversidad biológica asociada al territorio, al existir una comunidad de organismos adaptados a los agroecosistemas. Es muy frecuente observar sitios abandonados donde la principal especie es Sorgo de alepo (*Sorghum halepense*) y otras especies invasoras herbáceas que generan comunidades vegetales de pobre diversidad y con riesgo de incendios al existir una mayor cantidad de biomasa seca en invierno. Los parches pequeños de bosque, ven aumentado su valor de conservación con sitios ocupados por sucesionales intermedias (especies vegetales que aparecen en la sucesión vegetal después de las primeras colonizadoras) en los bordes, de forma que la riqueza específica es más similar a la de los bosques en grandes parches y notablemente superior a la de los fragmentos pequeños en zonas de pastizales. La matriz agroecológica heterogénea debería estar formada tanto por las tierras cultivadas como por los corredores forestales de especies nativas, bosquecillos, parches de bosques, cercos de arbustos, pastizales y barbechos, agroforestería con producción de ganado, agroforestería en base a plantaciones frutales, producción de hortícolas diversificadas, producción de pasturas para heno, entre muchos otros diseños de cultivos, además de los retazos de vegetación espontánea insertos en ellos. En conjunto constituyen lo que denominan los hábitats rurales (Martins *et al.*, 2014) agroecológicos.

La progresiva “arbustización” de agrosistemas abandonados, reduce las tasas de erosión edáfica, mejora la infiltración y permite la instalación en el hábitat de especies forestales (Miranda *et al.*, 2004), favorece por lo tanto la conectividad forestal en el territorio. Al mismo tiempo, y dado que el abandono de la actividad agrícola generalmente se produce en zonas de productividad limitada por suelos pobres, la arbustización puede incidir negativamente sobre la comunidad de herbáceas y subarbustivas, por lo que se pueden mantener sectores de espacios abiertos (parches) que lo pueden ocupar para cultivos (Dalgaard, 2005).

Los paisajes generalmente fragmentados, con una vegetación natural que ocurre en pequeños fragmentos, incrustados en una matriz que es eminentemente agrícola extensiva tipo industrial, muestran las ideas elementales de la biogeografía de islas (las islas pequeñas tienden a tener tasas de extinción más altas) donde las extinciones locales serán comunes en estos fragmentos. Ante esta realidad, debemos esperar que los únicos organismos que podrán migrar de fragmento en fragmento para permitir a la población persistir en perpetuidad, serán las aves (Vandermeer, 2010).

Actualmente las necesidades, deseos y demandas de los pequeños agricultores de todo el mundo y las comunidades rurales, incluyen la idea de que se

necesita una matriz agroecológica con una estructura de parches y corredores de vegetación natural para la conservación de la biodiversidad. Por otra parte en sintonía con lo anterior, los pequeños agricultores y las comunidades rurales están expresando cada vez más su demanda de métodos más ecológicamente adecuados para la agricultura y en contra de las disociaciones sociales y económicas que han resultado de décadas de destrucción de los ecosistemas. Desde el punto de vista del nuevo paradigma general, este movimiento social permitirá la construcción de una matriz agrícola de alta calidad para la biodiversidad (Vandermeer, 2010).

Construcción e implementación participativa de diseños agroecológicos

La agroecología se basa en principios ecológicos que permiten evaluar, diseñar y manejar agroecosistemas sustentables y estables, lo que implica que sean productivos y a su vez conservadores de los recursos naturales, culturalmente sensibles y socioeconómicamente estables (Caporal y Costabeber, 2000).

La difusión de diseños de modelos prediales agroecológicos apropiados para los cinturones verdes, debería hacer énfasis en el manejo de la biodiversidad, de la fertilidad del suelo y en el diseño de corredores biológicos a escala de paisaje. El desafío es integrar la información científica con los conocimientos tradicionales y aquellos de las experiencias y prácticas de agricultores hortícolas y fruti-hortícolas agroecológicos actuales, para promover el acceso de tecnologías agroecológicas planificadas espacial y temporalmente.

Las prácticas tecnológicas son adaptables a las características del sistema de producción, según la historia de manejo, las condiciones socioeconómicas y biofísicas (Sarandón y Flores, 2014). Estas dan como resultado un proceso de investigación participativa continuo. Se debe destacar que todos los criterios a aplicar son interdependientes y se retroalimentan entre sí, por lo que el enfoque sistémico es muy apropiado. El desafío es permitir el acceso a la información sistematizada y que los conocimientos agroecológicos formen parte de las experiencias y prácticas de agricultores peri-urbanos. Es clave la apropiación de los productores y asociación de productores del conocimiento para los diseños espaciales y temporales de cultivos, parches y corredores ordenados según contribuyan a minimizar los riesgos de plagas y reducir la necesidad de aplicaciones de insumos orgánicos externos; de manera de orde-

nar el uso del suelo de forma agroecológicamente sustentable. Estos aspectos se profundizarán en el capítulo 5.

Zonas de resguardo ambiental (ZRA)

Se ha avanzado a nivel local, en la definición de Zonas de Resguardo Ambiental (ZRA); actualmente, este ordenamiento se basa principalmente en el establecimiento de áreas de resguardo o exclusión en las cuales se prohíben las aplicaciones de agroquímicos y donde se recomiendan las producciones orgánicas y/o agroecológicas. En varias localidades de Córdoba, Santa Fe y Buenos Aires, y más recientemente Entre Ríos, existen numerosas ordenanzas, delimitando una ZRA que aleja a las fumigaciones de los vecinos (Locati, 2018, inédito). Existen muchos municipios que ya están considerando las zonas de no aplicación (ZNP) o Zonas de Resguardo Ambiental (ZRA), (CEPAL 2013; CASAFE, 2016) en sus ejidos municipales y que demandan al INTA alternativas tecnológicas productivas. En la Provincia de Córdoba se localizan al menos 25 localidades con ordenanzas que establecen ZRA (Lerussi *et al.*, 2017). En este sentido existen numerosos antecedentes que indican que las aplicaciones con plaguicidas son incontrolables, haciendo imposible la prevención de las contaminaciones sobre el ambiente y las poblaciones expuestas luego de las aspersiones (Tomasoni y Actis, 2013). En este contexto, durante el 2016 se conformó la Red Nacional de Municipios y Comunidades que fomentan la Agroecología (RENAMA, <http://renama.net/org/>), constituido por Asambleas Ciudadanas y Municipios unidos con el propósito de proponer un modelo de agricultura sana y saludable, la agroecología (Locati, 2018). En general, el análisis de las alternativas productivas para estas ZRA no han tenido en cuenta numerosos problemas o “externalidades” que los modelos de producción han provocado en las comunidades rurales, en el medio ambiente y en lo propios recursos productivos (Sarandón y Flores, 2014).

Argentina, cuenta con 1.044 aglomeraciones urbanas, la Región Metropolitana de Buenos Aires (RMBA) y 4 grandes ciudades de más de 1.000.000 de habitantes (Córdoba, Rosario, Mendoza y Tucumán) reúnen casi el 50% de la población del país. Por otra parte, se reconocen 34 ciudades intermedias, de entre 1.000.000 y 100.000 habitantes; 330 ciudades chicas, de entre 100.000 y 10.000 habitantes; y 675 pequeñas aglomeraciones de entre 10.000 y 2.000 habitantes. Finalmente, la población rural representa 9% de la total (Argentina 2030, 2019). Se presenta así una realidad donde las

ciudades menores a 100.000 habitantes no poseen cinturones hortícolas o alimentarios que abastezcan a sus ciudades. Según el censo INDEC 2010, existen 262 localidades en el país entre 100 mil y 10 mil habitantes con una población de 7,1 millones de habitantes. En las mismas se da la situación que, a pesar de ser en su mayoría ciudades donde la economía gira en función de la actividad agropecuaria, alimentariamente dependen de los grandes centros urbanos, dado que sus regiones se dedican principalmente a la producción de *commodities* (Teubal, 2006).

Así, las fumigaciones desmedidas con agrotóxicos, pérdida de soberanía alimentaria, incumplimiento de las ordenanzas, caos en el control y la sanción, pérdida de las funciones del estado, falta de espacios de participación ciudadana reales y directas, problemas graves en el estado de salud de las poblaciones y la pérdida de los servicios ecosistémicos, son algunos de los graves problemas que afectan los municipios en la provincia de Córdoba. Para resolver el problema ambiental, se requiere el ejercicio de la democracia. Existen mecanismos de participación ciudadana donde estos tienen una mayor participación en la toma de decisiones políticas (que la que les otorga la democracia representativa). Esta se define como “Democracia participativa”, un modelo político que facilita a los ciudadanos su capacidad de asociarse y organizarse de tal modo que puedan ejercer una influencia directa en las decisiones públicas. Para alcanzar una democracia participativa deben existir dos pilares básicos la educación y el conocimiento de la ciencia y la tecnología que bien aplicadas, conduce a la sabiduría del servicio por bien de todos.

Potencial corredor agroecológico desde el nor-este de la ciudad de Córdoba hacia Colonia Caroya.

Para la planificación de grandes territorios agroecológicos que superen la idea de áreas o zonas de resguardo ambiental, se requiere del análisis de los riesgos y criterios ambientales para la toma de decisiones, que resulte en un mapa de categorías zonificadas de alta, mediana y baja prioridad de transformación agroecológica. Este mapa permitirá realizar propuestas de políticas y legislaciones que garanticen la gestión de la infraestructura Agroecológica necesaria y los manejos adecuados, para que la transición hacia otro modelo productivo sea posible.

Al respecto ya existe un trabajo metodológico propuesto por INTA en su libro “Protocolo Recomendatorio (INTA, 2013). En este trabajo se ofrece

estrategias para regular el desarrollo de producciones agroecológicas en zonas periurbanas de localidades pampeanas con restricciones para las pulverizaciones con agroquímicos en dos aspectos: ofrece a los actores locales un protocolo como herramienta guía para el abordaje de procesos de desarrollo territorial que garanticen la salud pública, la producción en cantidad y calidad en los periurbanos, y que contribuyan al bienestar general, y colabora en la mejora de la situación integral de los productores familiares al permitirles abordar una transición de un modelo de producción localmente conflictiva a un sistema agroecológico que considere la puesta en valor de su producción.

En la propuesta que nosotros realizamos se reúnen en dos trabajos: 1- Propuestas de reglamentación para la definición de Zonas de Resguardo Ambiental y de promoción de la producción agroecológica para la localidad de Estación Juárez Celman y zonas de influencia (Locati, 2018). 2- Planificación de territorios agroecológicos. Una herramienta para el ordenamiento territorial participativo en SIG, aplicado al caso de Estación Juárez Celman, Córdoba (Suez, 2018). Esta herramienta para el ordenamiento territorial con enfoque agroecológico y participativo, incluye análisis en Sistema de Información Geográfica que aporta concretamente al diseño del territorio a escala de paisaje en base a criterios sociales, económicos, ecológicos y políticos. Actualmente ha sido elaborado y puesto a punto como experiencia piloto para la municipalidad de Juárez Celman (Suez, 2018). Creemos que tienen que intervenir varios municipios para la planificación.

Nuestro interés está puesto en generar una herramienta tecnológica que aporte a un proceso de ordenamiento territorial comunitario y participativo con enfoque agroecológico, y que se construya a escala de paisaje. La herramienta implica trabajar en Sistema de Información Geográfica del territorio en cuestión y en programar una serie de actividades destinadas al mismo (Tabla 3).

Tabla n° 3. Etapas básicas para la definición de una zonificación agroecológica y de un corredor regional.

Etapa	Descripción
I	Base de datos en SIG. Caracterización general del territorio a escala de paisaje y local. Preparar de manera científica el uso de la herramienta SIG para generar la zonificación y las prioridades.
	Definir el territorio agroecológico a planificar para los próximos 20 años.
II	Caracterización de las unidades de cobertura y uso del suelo. Análisis de los cambios de cobertura y usos de la tierra de al menos los últimos 20 años y de las fuerzas impulsoras de los cambios.
III	Diagnosticar y realizar proyecciones en base a los cambios de cobertura y uso de la tierra.
IV	Analizar geográficamente los criterios ambientales a tener en cuenta en un proceso de ordenamiento territorial participativo y comunitario, y con las leyes vigentes.
V	Analizar los riesgos ambientales para la población y para la producción agroecológica.
VI	Desarrollo de procesos educativos en cuanto al conocimiento de ordenanzas y leyes, conceptos de soberanía alimentaria, servicios ecosistémicos, y prácticas de pasos en la transición agroecológica.
VII	Análisis multicriterios basados en la teoría de la decisión en base a las leyes que se pueden expresar en SIG para la zonificación agroecológica.
VIII	Análisis de los riesgos ambientales y su configuración geográfica.
IX	Análisis multicriterios para la propuesta integral de todos los criterios para producir un mapa de ordenamiento territorial agroecológico.
X	Producir mapas de ordenamiento territorial a discutir en forma participativa y comunitaria.
XI	Elaborar una fórmula flexible dirigida a municipios y organizaciones sociales, para la planificación de territorios agroecológicos.
XII	Participación pública en la definición de los territorios a planificar. Generar propuestas de políticas públicas y recomendaciones de manejo que permitan garantizar la infraestructura agroecológica en el territorio de los municipios.
VIII	Construir a través de talleres participativos y mesas de trabajo una estructura de gestión permanente con diferentes actores sociales basados en mapeos colectivos, que supere las instancias políticas eleccionarias.

Producir una herramienta de planificación de territorios agroecológicos para el rediseño del territorio a escala de paisaje: permitiría el desarrollo de una alternativa de Ordenamiento Territorial Agroecológico, para los municipios y comunas: nor-este de Córdoba, Guñazú, Juárez Celman, Villa Retiro, Colonia Tirolesa, Colonia Caroya, El Quebrachal, El Gateado, Villa Esquiú, Malvinas Argentinas y Mi Granja.

En Colonia Caroya, ya existe la ordenanza 1911/2015, de producción agroecológica, que entró en vigencia en noviembre de 2017. La reglamentación es un libro de 46 páginas con los protocolos de cada producción para lograr la certificación. La elaboración de productos agroecológicos significa que los alimentos son producidos sin usar agroquímicos, respetando el ambiente, promoviendo el bienestar animal y estimulando la biodiversidad. Parece que el interés es que los productores trabajen en redes solidarias de cooperación y ayuda mutua, que se respeten los derechos laborales y humanos y mayor contacto entre productor y consumidor.

Ya existe en la región numerosos productores agroecológicos que producen hortalizas, frutas, huevos, maíz y artículos de granja, comercializan a través de la participación en ferias, la venta directa al público en sus campos o a través de redes de consumidores organizados.

El instrumento técnico para el **ordenamiento territorial con enfoque agroecológico** y participativo (Suez, 2018) consta de varias etapas que se desarrollan interactivamente:

1- Conceptualización del territorio agroecológico en forma participativa. Se define la intencionalidad en el enfoque agroecológico para el ordenamiento territorial y la metodología participativa, para poder comprender el paradigma bajo el cual se analiza el territorio y se propone la acción.

2- Conocer el área geográfica que estudiamos en un SIG (es decir, tener datos sobre ella), para así poder proceder a dicho estudio, y elaborar materiales de base y análisis, que posteriormente sirven de referencia a los guías, para organizarse con la comunidad.

3- Analizar los cambios de cobertura y uso de la tierra en los últimos 20 años. Operativamente, el ordenamiento territorial es un instrumento que requiere un diagnóstico inicial. Por ello, es importante analizar el proceso de cambio de uso y cobertura del suelo ocurridos y cuáles han sido las fuerzas impulsoras del cambio.

4-Analizar los riesgos ambientales. El nuevo escenario territorial generado por el cambio climático y la globalización económica, relacionados con la agricultura industrial, ha aumentado la vulnerabilidad de la población a sufrir eventos asociados a riesgos naturales o provocados por la actividad antrópica. El Ordenamiento Territorial surge como una herramienta para disminuir la vulnerabilidad, en forma planificada y sustentable con el ambiente.

5- Aplicar en Sistema de Información Geográfica (SIG) los criterios de sustentabilidad ambiental. Es necesario localizar geográficamente los criterios de ordenamiento territorial que fijan las leyes ambientales para prote-

ger, conservar y mejorar el medio ambiente y sus elementos constitutivos. Es importante destacar el compromiso y la obligación que compete a toda la población y más aún a los municipios entendidos como parte del poder ejecutivo, de cumplir las leyes vigentes de manera congruente con la Constitución Nacional.

6- Realizar una Evaluación Multicriterios (EMC). Los procesos de EMC aplicados al ordenamiento territorial, permiten establecer comparaciones entre escenarios alternativos en referencia a un conjunto de objetivos preestablecidos, que pueden poseer diferentes ponderaciones y para los cuales se identifican criterios de comparación, que también pueden poseer diferentes ponderaciones. Se brindan las bases conceptuales para el análisis y construcción de mapas de ordenamiento territorial a discutir en forma participativa y comunitaria.

7- Metodología participativa. Se plantean diferentes instancias y modos de participación en el proceso y se desarrolla una propuesta metodológica para la planificación de talleres con la comunidad, que involucran la utilización de la información y los materiales elaborados en las etapas previas (SIG), para su trabajo con los diferentes actores del territorio, hacia un Ordenamiento Territorial con enfoque agroecológico.

Esto constituye una guía para garantizar una construcción comunitaria del ordenamiento territorial, íntimamente relacionado con el cumplimiento de las leyes ambientales, que especifican el carácter participativo de los procesos que implican la toma de decisiones sobre cuestiones ambientales.

Metodología Campesino a Campesino (CaC): Es un proceso participativo de promoción y mejoramiento de los sistemas productivos campesinos, partiendo del principio de que la participación y el empoderamiento son elementos fundamentales en el desarrollo sostenible, que se centra en la iniciativa propia y el protagonismo de los participantes en el proceso de enseñanza – aprendizaje (Tabla n° 4).

En la metodología CaC se utiliza un conjunto de técnicas y herramientas de la educación popular (Freire, 1979). Entre las técnicas se pueden citar: - Los Diagnósticos Rurales Participativos. - La planificación y el ordenamiento de fincas. - La experimentación campesina. - Las demostraciones prácticas. - Los talleres de capacitación. - Las giras e intercambios de experiencia.

Se basa en los siguientes principios: - Parte de las necesidades apreciadas. - Trabaja con los beneficios de la propia capacidad y bienes concretos. - Progresa paso a paso de manera paulatina. - Experimenta lo aprendido. - Rescata y aprecia los conocimientos y la cultura local. - Se centra en lo humano y pone

lo técnico al servicio de las personas. – Se apoya en la igualdad y en las relaciones equitativas entre las personas. – Se promueve la relación teoría- práctica. Se promueve la coherencia y la Acción. Se valoran los procesos de enseñanza – aprendizaje con construcción grupal (Holt Giménez, 2008). Evaluación de la sostenibilidad de sistemas.

Tabla n° 4. Herramientas para el desarrollo de la metodología de campesino a campesino.

Instrumento	Representación
Unidad de Producción Familiar, o parcela productiva del campesino/a	El lugar es la principal herramienta y escenario propio donde se aprende desde el ejemplo práctico. Es su sitio de experimentación o laboratorio de mejoras.
Demostraciones didácticas sencillas	Pequeños experimentos en campo, donde los participantes reflexionan sobre algún problema o se demuestra de manera práctica una solución agroecológica.
Técnicas, juegos y dinámicas	Activan la participación en los talleres y permiten reflexionar sobre determinados problemas, y perfeccionan la comunicación e integración de los grupos de trabajo.
Socio dramas	Pequeñas actuaciones teatrales ayudan a los participantes a reflexionar o extraer creativamente el conocimiento alcanzado por ellos.
Láminas, mapas, fotos, dibujos y carteles	Representan gráficamente diferentes intereses: las principales prácticas agroecológicas, los cambios ocurridos a nivel de parcela o de predio, etc.
Videos y diapositivas	Permite llevar prácticas, experiencias y aspectos conceptuales de importancia.

Pedagogía de Paulo Freire

La comunicación, es un eje transversal en los planteamientos educativos de Paulo Freire. Desde Freire la comunicación o los procesos de comunicación suponen o nos remiten a re-pensar, a re-significar ideas como la igualdad, la diferencia, la idea de encuentro y la idea de comunicación como estrategia política y social (Fig. 4). La comunicación nos humaniza, nos posibilita el encuentro con el otro/a y desde el otro/a, el reencuentro con nosotros mismos. La comunicación y el diálogo desde Freire supone cuestionar, revisar y re-crear las relaciones educativas, los posicionamientos, la mirada y la acción e intervención educativa. ¿Quién es el otro/a?, ¿Cómo nos posicionamos frente a los demás?, ¿Qué voces predominan?, ¿Qué voces se silencian? ¿Qué voces se legitiman? ¿Qué voces se excluyen? (Leite Méndez y Cruz Díaz, 2013).

Freire considera la comunicación como instrumento cultural básico en el proceso de dar y devolver la posibilidad de expresión -la palabra- a quienes les fue vedado ese derecho y en cuyo origen identifica la cultura del silencio. Freire innovó con su lenguaje y su filosofía proponiendo una educación fundamentada en la conciencia de la realidad cotidiana en toda la extensión del término, sin las restricciones propias de un conocimiento instrumental de letras o palabras. El ejercicio de la educación-comunicación (Educomunicación), por tanto, se torna en un aprendizaje para la colaboración, la participación y la responsabilidad personal, social y política, es decir, una educación para la democracia donde los instrumentos y recursos (Fig. 5) solo son comprendidos en el “uso” de la “comunicación” en el sentido más amplio que podamos dar a este concepto (Leite Méndez y Cruz Díaz, 2013).

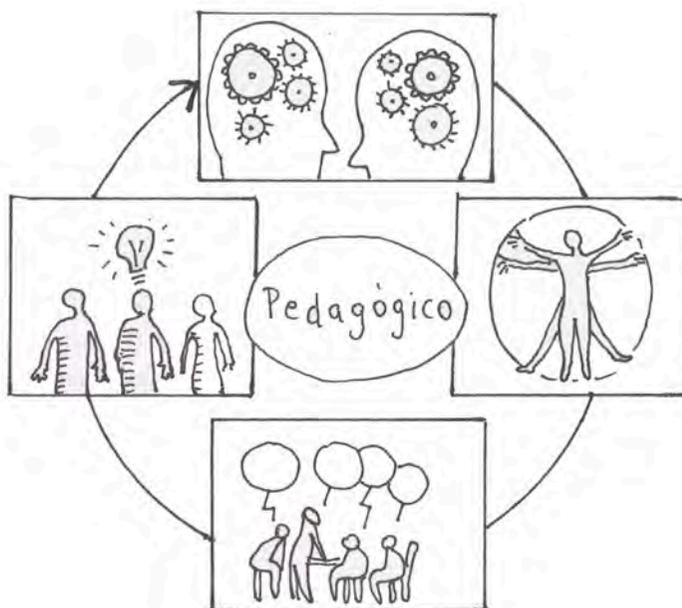


Fig. 4. El educador comienza, precisamente, escuchando con toda su atención al otro, (Freire, 1989) desde la íntima convicción de que el otro vale, de que el otro es sabio y aporta conocimiento. La educación y la sociedad verticales obstaculizan la auténtica comunicación entre los hombres y en este sentido, nos alejan de la utopía freireana. No hay liberación si no es con los demás y por eso se educa para la libertad y la creatividad, en el diálogo y la interacción con el otro. En realidad, la educación liberadora, practica y prepara para la expresión de los sujetos, que ha de ser necesariamente en relación con los demás seres humanos, sin coacciones, sin la verticalidad que se interpone a menudo entre ellos (Freire, 1992).

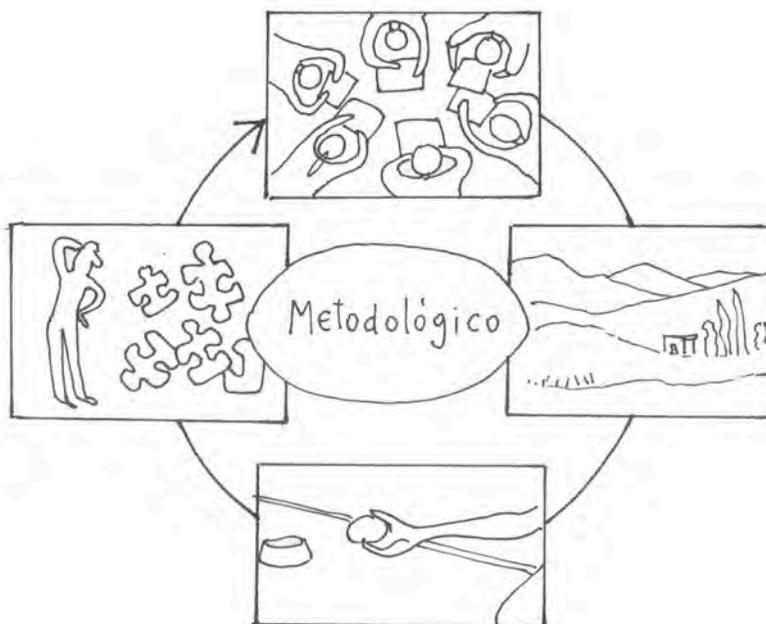


Fig. 5. Recursos metodológicos para el desarrollo agroecológico: 1- Integralidad u Holismo. 2- Complejidad. 3. Diversidad. 4. Multidimensionalidad. 5. Interdependencia, (Ver introducción general).

Referencias bibliográficas

- Altieri M. A. y Nicholls C. I. 2013. Agroecología: única esperanza para la soberanía alimentaria y la resiliencia socioecológica. *Agroecología* 7 (2): 65-83.
- Altieri M. y Nichols C. 2000. *Agroecología Teoría y práctica para una agricultura sustentable*. Serie Textos Básicos para la Formación Ambiental. México D.F.
- Ameghino E. A y Fernández D. 2019. *El Censo Nacional Agropecuario 2018: visión general y aproximación a la región pampeana*. Centro Interdisciplinario de Estudios Agrarios Facultad de Ciencias Económicas. Universidad de Buenos Aires.
- Argentina2030. 2019. Diagnóstico sobre ciudades y desarrollo urbano. https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/doc_diagnostico_ciudades_2030_1.pdf
- Badii M. y Landeros J. 2007. Plaguicidas que afectan a la salud humana y la sustentabilidad. *CULCyT* 4(19): 21-34.
- Barbosa G.E., Cantero J.J., Nuñez C.O. y Espinar L. A. 2006. *Flora medicinal de la Provincia de Córdoba, Argentina*. Pteridofitas y Antofitas silvestres o naturalizadas. Museo Botánico Córdoba. Primera Ed. 1264 pp.
- Barchuk A. H. 2019. *Manual de Buenas Prácticas para la Conservación de los*

- Bosques Nativos. Editorial Brujas, 365 pags.
- Barchuk A. H., Barri F., Britos A. H., Cabido M., Fernández J., Tamburini D. 2010. "Diagnósticos y Perspectivas de los Bosques de la Provincia de Córdoba. Informe sobre el trabajo de la COTBN". Publicado en la Revista de la Universidad Nacional de Córdoba, "Hoy la Universidad", Noviembre 2010, Año 2, número 4, 51-73.
- Barchuk A. H., Suez L. S., Locati L. 2017. Cobertura y uso de la tierra en el área periurbana de la ciudad de Córdoba, Argentina. Aportes a la planificación territorial. Revista de la Asociación Argentina de Ecología de Paisajes (RASADEP) 7 (1) 15-30.
- Barchuk A. H., Suez L. S., Locati L., Guzmán M. L., Silbert V. 2018. Manual para la transición agroecológica. Guía para agricultoras y agricultores agroecológicos. Córdoba, Editorial Brujas, 2° Edición, 100 pág.
- Bedmar F. 2011. ¿Qué son los plaguicidas? Informe especial sobre plaguicidas agrícolas. Ciencia Hoy 122 (21): 10-16.
- Bennett A. F. 1998. Linkages in the Landscape: The Role of Corridors and Connectivity in Wildlife Conservation. IUCN, Gland, Suiza y Cambridge, 254 pp.
- Bistoni M. A., Hued A. C., Videla M. M. y Sagretti L.. 1999. Efectos de la calidad del agua sobre las comunidades icticas de la región central de Argentina. Revista Chilena de Historia Natural 72:325-335.
- Britos A.H. y Barchuk A.H. 2008. Cambios en la cobertura y en el uso de la tierra en dos sitios del Chaco Árido del noroeste de Córdoba, Argentina. AgriScientia 25: 97-110.
- Budovski V., Baigorri G., Amione A., Tolosa F., Pereyra I., Carballo P. y Ermoli E. 2014. Los indicadores de sostenibilidad urbana y la gestión de la ciudad. Caso de aplicación Barrio San Vicente. Córdoba. Argentina. Revista de la Asociación Argentina de Ecología de Paisajes 5(1):1-16.
- Burel F. and Baudry J. 2003. Landscape Ecology: Concepts, Methods, and Applications 1st Edition. CRC Press, 378 pags.
- Burgos Matamoros M., Bravo Espinosa Y, Emanuelli M. S., Jiménez González A. 2013. Manual para Juezas y Jueces sobre la Protección de los Derechos de las Campesinas y Campesinos. Coordinadores Maria Silvia Emanuelli y Rodrigo Gutiérrez Rivas. Oficina para América Latina de la Coalición Internacional para el Hábitat (hic-al). México.
- Caporal F. R., Costabeber J. A. 2000. Agroecología e desenvolvimento rural sustentável: perspectivas para uma nova Extensão Rural. Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável, v.1, n.1, p.16-37.
- CEPAL, FAO. 2012. (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT), IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). 2011. Perspectivas de la agricultura y del desarrollo rural en las Américas: una mirada hacia América y el Caribe, San José, Costa Rica.
- Chuvieco E. 2006. Teledetección Ambiental. La observación de la Tierra desde el Espacio. Editorial Ariel, S.A. Barcelona. Pp. 586.

- CNA-18. 2019. Censo Nacional Agropecuario 2018: resultados preliminares. - 1a ed. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Instituto Nacional de Estadística y Censos – INDEC, 232 pag.
- Convenio N° 129 OIT (Organización Internacional del Trabajo) sobre inspección de trabajo en agricultura, ratificado por Argentina desde el 20 de junio de 1985.
- Cumbre Mundial sobre la Seguridad Alimentaria. 2009. FAO, Roma. <http://www.fao.org/tempref/docrep/fao/Meeting/018/k6050s.pdf>
- Dalgaard T. 2005. Landscape Agroecology. Book Review. *Agricultural Systems* 85 203-204. Online <http://www.sciencedirect.com/science/journal/0308521X>). Activo abril 2019.
- Dinofun. 2017. La vida de la tierra condensada en 24 horas. <https://www.dinofunapp.com/2017/02/01/la-historia-de-la-tierra-condensada-en-24horas/>.
- Eastman J. R. 2015. TerrSet. Geospatial Monitoring and Modeling System. Manual. Clark Labs-Clark University. Pp 395.
- FAO. 2015. Agricultura mundial: hacia los años 2015/2030. Informe resumido <http://www.fao.org/3/a-y3557s/y3557s11.htm>.
- FAO. 2017. El estado mundial de la agricultura y la alimentación. Aprovechar los sistemas alimentarios para lograr una transformación rural inclusiva. <http://www.fao.org/3/a-I7658s.pdf>, visitado enero 2020.
- Farina A. 2006. Principles and Methods in Landscape Ecology. Towards a Science of the Landscape. 2nd ed. Springer. Pp. 436.
- Fernandes Mançano B. 2008. Campesinato e agronegócio na América Latina: a questão agrária atual. São Paulo: Expressão Popular.
- Fernández Lozano, J. 2012. La producción de hortalizas en la Argentina. Caracterización del sector y zonas de producción. Gerencia de Calidad y tecnología. Secretaría de comercio interior, corporación del mercado central de Buenos Aires. Argentina. Link: http://www.mercadocentral.gob.ar/zip tecnicas/la_produccion_de_hortalizas_en_argentina.pdf.
- Filgueiras F. 2015. Modelos de desarrollo, matriz del Estado social y herramientas de las políticas sociales latinoamericanas. En: Cecchini, Simone; Filgueira, Fernando; Martínez, Rodrigo y Rossel, Cecilia (Ed.) Instrumentos de Protección Social. Caminos latinoamericanos hacia la universalización. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Naciones Unidas, Santiago de Chile.
- Fischer J. and Lindenmayer D. B. 2007. Landscape modification and habitat fragmentation: a synthesis. *Global Ecology and Biogeography* 16:265–280.
- Forman R. T. T. 1995. Land Mosaics. The Ecology of Landscapes and Regions. Cambridge University Press, 632 pp.
- Freire P. 1989. La educación como práctica de la libertad. Madrid, Siglo XXI.
- Freire P. 1992. Pedagogía del oprimido. Madrid, Siglo XXI.
- Gaiero D. M., Roman Ross G., Depetris P. J. and Kempe S. 1997. Spatial and temporal variability of total non-residual heavy metals content in stream

- sediments from the Suquía River System, Córdoba, Argentina. *Water, Air & Soil Pollution* 93: 303-319.
- Giobellina B. y Quinteros M. 2015. Perspectivas de la agricultura urbana y periurbana en Córdoba. Aportes del programa Pro-huerta a la producción agroecológica de alimentos. Observatorio O-AUPA. INTA ediciones. Córdoba, Argentina. http://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_giobellina_innterritorial_final.pdf.
- Giorgis M. A. y Tecco P. A. 2014. Árboles y arbustos invasores de la Provincia de Córdoba (Argentina): una contribución a la sistematización de bases de datos globales. *Bol. Soc. Argent. Bot.* 49(4):581-603.
- Gliessman S. R. 2002. Agroecología: Procesos ecológicos en Agricultura Sostenible. Costa Rica: Turrialba, CATIE.
- GRAIN. 2006. "Soberanía alimentaria y sistema alimentario mundial". *Biodiversidad* 47. <http://www.grain.org>.
- Herrera J. M. 2011. El papel de la matriz en el mantenimiento de la biodiversidad en hábitats fragmentados. De la teoría ecológica al desarrollo de estrategias de conservación. *Ecosistemas* 20: 21-34.
- Hued A. C. y Bistoni M. A. 2007. Abundancia y distribución de la fauna íctica en la cuenca del río Suquía (Córdoba, Argentina). *Iheringia, Sér. Zool., Porto Alegre*, 97(3):286-292.
- Krapovickas A. 2010. La domesticación y el origen de la agricultura. *Bonplandia* 19(2): 193-199.
- Kühn M. 2003. Greenbelt and Green Heart: separating and integrating landscapes in Euro-pean city regions. *Landscape and Urban Planning* 64:19-27.
- Leite Méndez A. y Cruz Díaz R. 2013. Paulo Freire, comunicación y educación. at: <https://www.researchgate.net/publication/313877697>.
- Lazzarini A. 2014. Avances en el análisis del CNA 2002 y su comparación con el CNA 1988. Instituto de Economía y Sociología del INTA. <https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-censo.pdf>
- Lerussi M., Marinelli V., Giobellina B. et al. 2017. Mapeo de Zonas de Resguardo Ambiental de distintas localidades de la Provincia de Córdoba. https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_marcelo_lerussi.pdf. 1er. Encuentro Nacional sobre Periurbanos e Interfases críticas, 2ª Reunión Científica del PNNAT y 3ª Reunión de la Rede Periurban. Ciudad de Córdoba. 37 pag.
- Ley 27.118. Ley Reparación histórica de la agricultura familiar para la construcción de una nueva ruralidad en la Argentina. Sancionada: Diciembre 17 de 2014. Promulgada de Hecho: Enero 20 de 2015.
- Ley n° 23.054. Aprobación de la Convención Americana sobre Derechos Humanos, firmada en San José -Costa Rica-, 22 noviembre de 1969. Sancionada 1° marzo 1984. Promulgada por Decreto n° 836, 19 marzo 1984. (Boletín Oficial de la República Argentina. Buenos Aires, 27 marzo 1984).
- Ley n° 23.313. Aprobación del Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales, el Pacto Internacional de Derechos Civiles y Políticos y

- su Protocolo Facultativo, adoptados por la Asamblea General de las Naciones Unidas-, abiertos a la firma en Nueva York -EE.UU.-, 19 diciembre 1966. Sancionada 17 abril 1986. Promulgada por Decreto n° 673, 6 mayo 1986. (Boletín Oficial de la República Argentina. Buenos Aires, 13 mayo 1986).
- Ley Nacional 26.331 de Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental de los Bosques Nativos. 2007. Boletín oficial de la Nación Argentina.
- Ley Provincia de Córdoba N° 9164. 2004. Productos químicos o biológicos de uso agropecuario. Boletín oficial de la provincia de Córdoba.
- Ley Provincial N° 9841 de Regulación de los usos del suelo en la región metropolitana de Córdoba -sector primera etapa. 2010. Boletín oficial de la provincia de Córdoba.
- Li H. and Wu J. 2004. Use and misuse of land-landscape indices. *Landscape Ecology* 19:389–399.
- Lin B. B., Jahi Chappell M., Vandermeer J., Smith G., Quintero E., Bezner-Kerr R., Griffith D. M., Ketcham S., Latta S. C., McMichael P., McGuire K. L., Nigh R., Rocheleau D., Soluri J., Perfecto I. 2011. Effects of industrial agriculture on climate change and the mitigation potential of small-scale agro-ecological farms. *CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources* 6 (20):
- Locati L. 2018. Propuestas de reglamentación para la definición de Zonas de Resguardo Ambiental y de promoción de la producción agroecológica para la localidad de Estación Juárez Celman y zonas de influencia” Tesis de especialización en Agroecología. Universidad Nacional de La Matanza.
- López García D. y Llorente Sánchez M. 2010. La agroecología: hacia un nuevo modelo agrario. *Ecologistas en Acción*. Madrid, 62 pag.
- Loures L. and Costa L. 2012. The role of urban parks to enhance metropolitan sustainability: the case of Oporto. *International Journal of Energy and Environment* 6: 453 – 461.
- Luti R., Bertrán de Solís M. A., Galera M. F., Müller de Ferreira N., Berzal M., Nores M., Herrera M. A., Barrera J. C. 1979. En: J. Vázquez, R. Miatello, y Roque M (Editores) *Geografía Física de la Provincia de Córdoba*. Editorial Boldt, Buenos Aires. Pp. 279-368.
- MacNeish R. S. 1992. *The origins of agriculture and settled life*. University of Oklahoma Press.
- Martins I. S., Proença V. and Pereira H. M. 2014. The unusual suspect: Land use is a key predictor of biodiversity patterns in the Iberian Peninsula. *Acta Oecologica*, 61, 41–50.
- McGarigal K. and Marks B. J. 1995. FRAGSTATS: Spatial analysis program for quantifying landscape structure. USDA Forest Service. Pacific Northwest Research Station. Portland.
- Millennium Ecosystem Assessment, 2005. *Eco-systems and Human Well-being*. Synt-hesis. <http://www.millenniumassessment.org/documents/document.356.aspx.pdf>.
- Miranda F. D., Álvarez M. F., Delgado M. F., Cuenca V., Quevedo C. 2013.

- Seguridad y soberanía alimentaria en Argentina; Universidad de Manizales. Facultad de Ciencias Contables, Económicas y Administrativas. Centro de Publicaciones; Revista Asuntos Económicos y Administrativos; 24 (4): 201-218.
- Miranda J.D., Padilla F.M. y Pugnaire F.I. 2004. Sucesión y restauración en ambientes semiáridos. *Ecosistemas* 2004/1 (URL: <http://www.aeet.org/ecosistemas/041/investigacion4.htm>)
- Montenegro C., Gasparri I., Manghi E., Strada M., Bono J., Parmucchi M. G. 2004. Informe sobre deforestación en Argentina. Dirección de Bosques. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable. 8 pp.
- Morello J., Rodríguez A. y Pengue W. 2009. Análisis descriptivo del proceso de desmonte y habilitación de tierras en el Chaco Argentino. Pp. 291-312, En: *El Chaco sin bosques: La Pampa o el desierto del futuro* (Morello J. & Rodríguez A. Eds.). GEPAMA, UNESCO, Buenos Aires.
- Nahuelhual L., Benra F., Rojas F., Ignacio Díaz G., Carmona A. 2016. Mapping social values of ecosystem services: What is behind the map? *Ecology and Society* 21(3):24.
- Nicholls C. y Altieri M. 2013. Plant biodiversity enhances bees and other insect pollinators in agroecosystems. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, Springer Verlag/EDP Sciences/INRA 33(2):257-274.
- Nicholls Estrada C. I., Ríos Osorio L. A., Altieri M. A. 2013. Agroecología y resiliencia socioecológica: adaptándose al cambio climático. Legis S.A. Medellín, Colombia.
- Pengue W. 2009. El desarrollo rural sostenible y los procesos de agriculturización, ganaderización y pampeanización en la llanura Chaco-Pampeana. En *El Chaco sin bosques: la Pampa o el desierto del futuro*. Editores: J. H. Morello y A. F. Rodríguez.
- Peralta C. y Liborio M. 2014. Redistribución poblacional en la ciudad de Córdoba entre los períodos intercensales 1991 - 2001 / 2001 – 2008. Evaluación de los procesos de dispersión, densificación, gentrificación y renovación, *Revista Vivienda y Ciudad* 1, pp. 99-113.
- Pérez M., González E., Pérez R., De Luca L. C., Tito G. M., Propersi P., Albanesi R. 2013. Protocolo recomendatorio. Desarrollo de producciones agroecológicas en zonas periurbanas de localidades pampeanas con restricciones para las pulverizaciones con agroquímicos. Ediciones INTA. 50 pag.
- Pesce S. F. and Wunderlin D. A. 2000. Use of water quality index to verify the impact of Córdoba city (Argentina) on Suquía River. *Water Research* 3(11):2915-2926.
- Pramova E., Locatelli B., Djoudi H., Somorin O. 2012. Le rôle des forêts et des arbres dans l'adaptation sociale à la variabilité et au changement climatiques. Brief. Center for International Forestry Research (CIFOR) Bogor, Indonesia http://www.cifor.org/publications/pdf_files/infobrief/4023-infobrief.pdf
- Primack R., Rozzi R., Feinsinger P., Dirzo R. y Massardo F. 2001. Fundamentos de conservación biológica: Perspectivas Latinoamericanas. Fondo de Cultura

- Económica, México D.F. 797 pp.
- Quijas S., Jackson L. E., Maass M., Schmid B., Raffaelli D. and Balvanera P. 2012. Plant diversity and generation of ecosystem services at the landscape scale: expert knowledge assessment. *Journal of Applied Ecology* 49:929–940.
- Sánchez C. y Barberis N. 2013. Caracterización del Territorio centro de la Provincia de Córdoba. Ediciones INTA. Estación Experimental Agropecuaria Manfredi Córdoba.
- Sarandón J. S. y Flores 2014. El desarrollo y uso de indicadores para evaluar la sustentabilidad de los agroecosistemas. En: *Agroecología, el camino hacia una agricultura sustentable*. Argentina. Ediciones Científicas Americanas. Bs. As. pp. 394-414.
- Sayago S., Bocco M., Díaz C. y Ávila G. 2009. Evaluación de variables económicas y productivas para el sector hortícola en el Cinturón Verde de Córdoba en años pre y post devaluación de 2002. *Horticultura Argentina* 28 (67): 43-48.
- Scheibengraf J. y Arechaga S. 2019. Propuesta de producción agroecológica extensiva en las periferias de Escuelas Rurales de la Provincia de Entre Ríos.
- Smith P., Ashmore M. R., Black H. I. J., Burgess P. J., Evans C. D., Quine T. A., Thomson A. M., Hicks K. and Orr H. G. 2013. The role of ecosystems and their management in regulating climate, and soil, water and air quality. *Journal of Applied Ecology* 50:812–829.
- Souza Casadinho J. 2011. Utilización de agrotóxicos e impacto en la salud en la actividad hortícola y tabacalera. Un problema de salud pública. Red de Acción en Plaguicidas y sus alternativas de América Latina. RAPAL.
- Suez L. S. 2018. Planificación de territorios agroecológicos. Una herramienta para el ordenamiento territorial participativo en SIG, aplicado al caso de Estación Juárez Celman, Córdoba. Tesis de especialización en Agroecología. Universidad Nacional de La Matanza.
- Suez L. S., Barchuk A. H. y Locati L. 2018. Mapa de cobertura y uso de la tierra en el área periurbana de la ciudad de Córdoba. Aportes para el ordenamiento territorial. En Giobellina B. “La alimentación de las ciudades Transformaciones territoriales y cambio climático en el Cinturón Verde de Córdoba”. Ediciones INTA.
- Svampa M. 2001. Los que ganaron. La vida en los countries y barrios privados. *EURE (Santiago)* 29(88):181-184.
- Teubal M. 2006. “Expansión del modelo sojero en la Argentina. De la producción de alimentos a los commodities”, *Realidad Económica*, N° 220, 16 de mayo/30 de junio 2006, pp. 58- 84, Bs As.
- Tian Y, Jim C. Y., Tao Y., Shi T. 2011. Land-scape ecological assessment of green space fragmentation in Hong Kong. *Urban Forestry & Urban Greening* 10:79–86.
- Tomasoni M. y Actis R. 2013. Introducción de las actividades agrícolas en base a la utilización de plaguicidas al procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental. *Justicia Ambiental. El trabajo interdisciplinario en agrotóxicos y transgénicos*. C. Carrizo y M. Berger (compiladores) <http://es.scribd.com/>

- doc/177733196/Justicia-Ambiental.
- Trivellone V., Schoenenberger N., Bellosi B., Jermini M., de Bello F., Mitchell E. A .D., Moretti M. 2014. Indicators for taxonomic and functional aspects of biodiversity in the vineyard agroecosystem of Southern Switzerland. *Biological Conservation* 170: 103-109.
- UNCCD (United Nations, Convention to Combat Desertification) 2008. The 10-Year Strategic Plan and Framework to Enhance the Implementation of the Convention. Note by the Secretariat. ICCD/CRIC(7)/2. Available at <http://www.unccd.int/cop/officialdocs/cric7/pdf/cric2-eng.pdf>.
- Vandermeer J. 2010. *The Ecology of Agroecosystems*. Jones & Bartlett Learning, 392 páginas.
- Vásquez J.B., Robles A. L., Sosa D. F., Saez M. P. 1979. Aguas. En: J. Vázquez, R. Miatello, y Roque M (Editores) *Geografía Física de la Provincia de Córdoba*. Editorial Boltdt, Buenos Aires. Pp. 139-211.
- Vergnes A., Kerbirou C., Clergeau P. 2013. Ecological corridors also operate in an urban matrix: A test case with garden shrews. *Urban Ecosystems* 16:511–525.
- Vía Campesina. 2011. La agricultura campesina sostenible puede alimentar al mundo. Yakarta. <https://viacampesina.org/es/wp-content/uploads/sites/3/2011/03/ES-paper6-min.pdf>
- Viel N. G. y Morello J. 1979. Notas sobre la historia ecológica de América Latina. Proyecto CEPAL/PNUMA estilos de desarrollo y medio ambiente en América Latina. Seminario Regional Santiago de Chile. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/20562/S7900158_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Walker B., Holling C.S., Carpenter S.R. and Kinzig A. 2004. Resilience, Adaptability and Transformability in Social – ecological Systems. *Ecology and Society* 9 (2): art 5. [online] URL: <http://www.ecologyandsociety.org/vol9/iss2/art5>.

Capítulo 2.

Bases ecológicas para el diseño de predios agroecológicos

Alicia Barchuk

El rediseño predial es el tercer paso en el proceso de transición agroecológica donde se intenta transformar el agrosistema en un agroecosistema y reconstruir la estructura y el funcionamiento, mediante el aumento de la biodiversidad en el espacio y en el tiempo. Esto naturalmente lleva a la prevención y control natural de plagas, enfermedades y malezas, a la vez que asegura la polinización y el reciclaje de nutrientes. El rediseño se basa en la conformación de predios “biodiversificados” que favorezcan relaciones tróficas, bióticas positivas y sinérgicas entre poblaciones, estimulen la fertilidad natural del suelo y recuperen la productividad, eficiencia y estabilidad. También, es importante incluir en el diseño de la matriz, parches y corredores que colaboren a la construcción de una región con alto valor natural y productivo (Barchuk *et al.*, 2018).

FUNCIONAMIENTO DE LOS AGROECOSISTEMAS

El agroecosistema es un ecosistema originado por la acción del hombre, a partir de la modificación del ecosistema natural. Tiene como objetivos la utilización del ambiente en forma sostenida, para obtener plantas y/o animales de consumo inmediato o transformable por los humanos. Los agroecosistemas son comunidades de plantas y animales, interactuando con su ambiente físico y biótico, modificados continuamente por los agricultores. La agroecología es el estudio holístico de los agroecosistemas, incluidos todos los elementos naturales y humanos. Centra su atención sobre el diseño de la estructura, la dinámica y funcionamiento ecológicos, y los procesos sociales, a escalas prediales y de paisaje.

Un área de producción agrícola puede ser analizada como un sistema complejo en el cual ocurren procesos ecológicos en forma natural, por ejemplo, ciclado de nutrientes, flujo de energía, interacciones predador-presa, competencia, mutualismos y cambios sucesionales; y procesos de intervención antrópica como son las actividades de manejo. Si se atienden los procesos ecológicos con acciones pertinentes, los agroecosistemas pueden ser manejados para mantener la producción de forma sustentable, con impactos ambientales y sociales positivos.

Un aspecto sustancial en el sistema agroecológico, es conocer que las poblaciones de los cultivos implantados, las especies vegetales ruderales de crecimiento espontáneo, las aves, los roedores, los artrópodos, los arácnidos, los hongos y las bacterias, entre otros, responden en su dinámica a los efectos de manejo y a relaciones poblacionales de competencia, depredación (relación predador – presa, parasitismo, parasitoidismo y herbivoría), mutualismos y facilitación. La comprensión de los efectos de las intervenciones humanas, y las implicancias de estas relaciones en el manejo, ofrecen una extensa contribución a las estrategias de diseño de los agroecosistemas.

Para diseñar y manipular adecuadamente el agroecosistema tras los objetivos de producción sustentable, es preciso que conozcamos la estructura, el funcionamiento, la complejidad de interacciones y visualicemos sistémi-

camente todos los factores que limitan o promueven la productividad agrícola. Es frecuente que de manera reduccionista, se destaquen los factores negativos como plagas, malezas y enfermedades, con el mito de que continuamente hay que “luchar”. Por otra parte, son crecientes las menciones sobre la importancia de una visión holística donde, desde un examen integral del sistema productivo, se incorporen preferentemente en las decisiones de manejo, las relaciones sinérgicas con el cultivo, la importancia de los descomponedores en el suelo, polinizadores, la regulación que ejercen en la trama trófica los depredadores y parasitoides sobre los insectos fitófagos, las micorrizas, entre muchas otras, sin perder de vista que todas contribuyen a maximizar la producción con sustentabilidad ecológica, económica y social. Es decir, desde la mirada sistémica es posible incorporar varias dimensiones, ecológicas, sociales, culturales, históricas, que permiten abordar la complejidad de la agricultura agroecológica.

La estructura del agroecosistema se refiere a la disposición espacial de los componentes del sistema en un momento dado, que puede referirse al tamaño, la forma y la densidad de los cultivos, o la cantidad y tipo de animales herbívoros como gallinas, caballos, chanchos y rumiantes. Forman la estructura del ecosistema los individuos de cada especie, las densidades poblacionales y sus biomásas, la diversidad de especies, la distribución horizontal y vertical de la comunidad vegetal, y el conjunto de conexiones o de intercambio (flujo) de energía, materia e información entre las partes.

Bajo la agricultura industrial y convencional, el interés es obtener un solo producto a cosechar, incorporando grandes cantidades de insumos (principalmente energía fósil), mediante grandes maquinarias. La intensificación de la agricultura ha promovido la utilización de combustibles fósiles (subsidios de energía), para mover máquinas de labranza, pulverización, siembra, cosecha, etc., elaborar fertilizantes, pesticidas, herbicidas, plásticos, etc., pero solo para canalizar la energía en un sistema de monocultivo. En estos sistemas la eficiencia energética (la relación entre la energía añadida al sistema y la obtenida en el producto) disminuye aún más en la medida que incrementan los procesos de degradación del ambiente. Además, en la agricultura industrial, suplen este hecho aumentando la extensión de las de tierras cultivadas (avance de la frontera agropecuaria), en consecuencia se buscan las mejores tierras, generalmente aquellas donde hay bosques, y un aumento del tamaño promedio de los predios (escala de la unidad de producción). El único objetivo de la aplicación de estos subsidios energéticos, es canalizar las producciones cosechables en desmedro de los demás componentes y del funcionamiento del agroecosistema; promoviendo la dependencia de insumos externos, la afectación de todos

los mecanismos homeostáticos naturales y la aparición de plagas, malezas, y enfermedades. Este modelo contribuye solo a la sustentabilidad económica de las grandes empresas productoras de los insumos agropecuarios mencionados.

Se encontró que los cultivos agrícolas de la Región Pampeana Argentina, tuvieron mayor eficiencia energética en los sistemas mixtos familiares (MF) que en los sistemas agrícolas empresariales (AE), lo cual estuvo asociado principalmente a los menores consumos de energía en los sistemas MF. Los sistemas MF tienen un gran potencial para desarrollar la producción agrícola con un menor subsidio energético que los sistemas AE, a la vez que permiten la producción (Sarandón y Flores, 2014).

Los sistemas agroecológicos son biodiversos, la energía se canaliza hacia una diversidad de productos cosechables, donde la biorregulación natural y la ordenación humana contribuyen a la estabilidad productiva con elevada eficiencia energética. El diseño de los agroecosistemas agroecológicamente sustentables, está basado en la aplicación de los principios agroecológicos (Altieri, 2002) que a continuación se mencionan: - Diversificación de especies vegetales y animales en el tiempo y en el espacio. - Promoción del ciclado y el balance de nutrientes. - Impulso de condiciones del suelo favorables para el crecimiento de las plantas, particularmente a través del aumento de la materia orgánica y la actividad biótica del suelo. - Optimización de los flujos de radiación solar. - Colaboración de la cosecha del agua y el manejo del microclima a través de la cobertura del suelo. - Promoción de las interacciones biológicas positivas y los sinergismos entre los componentes del agroecosistema.

La agricultura tradicional, se basa fundamentalmente en la intervención humana asociada a fortalecer los procesos naturales de regulación bióticas, en el mutualismo agricultores - naturaleza y en el continuo aprendizaje que brinda el trabajo en el campo. Se sustenta en enormes cantidades de información provenientes del conocimiento de procesos ecológicos, culturales y de la historia de la agricultura.

La información se relaciona con el manejo de la diversidad de especies y de la diversidad genética de plantas y animales. Dicha información se mide a través de la diversidad específica. El ecólogo Margalef (Flos, 2005) dice: “Una propiedad de importancia esencial en el estudio de la estructura, dinamismo y evolución de las comunidades naturales es la riqueza de especies”.

También, el concepto de información se halla íntimamente asociado al de termodinámica, ya que no se puede hacer ninguna predicción que no se base en ella (Margalef, en Flos, 2005). Existe una relación inevitable del flujo de información, o de la estructura, con la red de interacciones entre los elementos del ecosistema. Esta relación está formada por una red de interacciones

flexible y adaptable, de intercambio de materia, energía e información entre los elementos del ecosistema (Flos, 2005).

El manejo, implica, por ejemplo, tomar decisiones sobre: la profundidad y calidad de la cama de siembra, la cantidad y calidad de materia orgánica muerta que se promueve para la fertilidad estable del suelo, el manejo de la densidad de siembra de los cultivos para regular la interferencia sobre las especies ruderales de crecimiento espontáneo, el diseño espacial y temporal de los cultivos, el cultivo de flores y aromáticas, instalar hoteles para el refugio de enemigos naturales de insectos fitófagos, la eficacia de la cosecha, el diseño de los cultivos y la estructura del canopeo (densidad, altura del follaje y la inclinación de las hojas con respecto a la vertical), entre otras. Estas decisiones también inciden en la información del agroecosistema. .

La compresión integral de la diversidad de trabajos o subsidios de energía, de materia e información, puede interpretarse a través del flujo de energía del agroecosistema.

Flujo de energía del agroecosistema

Las plantas sintetizan su propia biomasa con la mediación de la luz solar como aporte energético, toman dióxido de carbono (CO_2) de la atmósfera, los elementos inorgánicos y el agua como insumo fundamental y vehículo de las reacciones. El resultado, es la formación de los tejidos vegetales y constituye la producción primaria. Luego, los animales comen las plantas y aprovechan esos compuestos orgánicos para crear sus propios tejidos, que podrá servir también de alimento a otros animales, lo que constituye la producción secundaria (Odum, 1972).

En los ecosistemas se establecen relaciones alimentarias entre las distintas poblaciones que les permiten la supervivencia. Una relación alimentaria es un traspaso continuo de materia y energía, en la cual las agrupaciones de organismos (representando un nivel trófico) establecen interacciones de manera tal que los primeros son alimentos de los segundos de un nivel al siguiente (Tabla 1). El primer nivel trófico, de cualquier red alimentaria siempre está representado por los productores (las plantas), organismos autótrofos, capaces de transformar la energía lumínica (solar) en energía química para que sea comestible para el resto de los seres vivos; así, las plantas son las únicas productoras, ya que son organismos fotosintéticos que producen biomasa a través de la fotosíntesis. También, se pueden agrupar en dos grandes grupos tróficos: los autótrofos y los heterótrofos (Tabla 1). La vida en el planeta se sostiene gracias a los organismos fotosintéticos.

Tabla 1. Niveles tróficos en los agroecosistemas

Niveles tróficos	Descripción
Productores o autótrofos	Compuesto por todos los organismos autótrofos: vegetales, algas, bacterias foto-quimio-sintetizadoras (Ej.: cultivo de maíz, remolacha, caña de azúcar).
Consumidores primarios	Integrado por herbívoros que se alimentan de productores
Consumidores secundarios	Constituido por los carnívoros verdaderos, parásitos y parasitoides
Consumidores terciarios	Grupo de carnívoros que se alimentan de otros carnívoros. También hay parásitos.
detrítívoros	Organismos que se alimentan de restos orgánicos (saprófitos), cadáveres (carroñeros) y excrementos (coprófagos).
Descomponedores	Integrado por hongos y bacterias que oxidan la materia orgánica, transformándola en materia inorgánica en el suelo.

Una trama trófica (red alimentaria) es la interconexión natural de las cadenas alimenticias y generalmente es una representación gráfica (imagen de interconexiones) que muestra “quién se come a quién” en una comunidad biótica (Fig. 1). El número de conexiones tróficas por consumidor es una medida de la conectancia de la trama trófica. Los grupos funcionales tienen los mismos depredadores y presas dentro de la red alimenticia, lo que permite lo que se denomina redundancia.

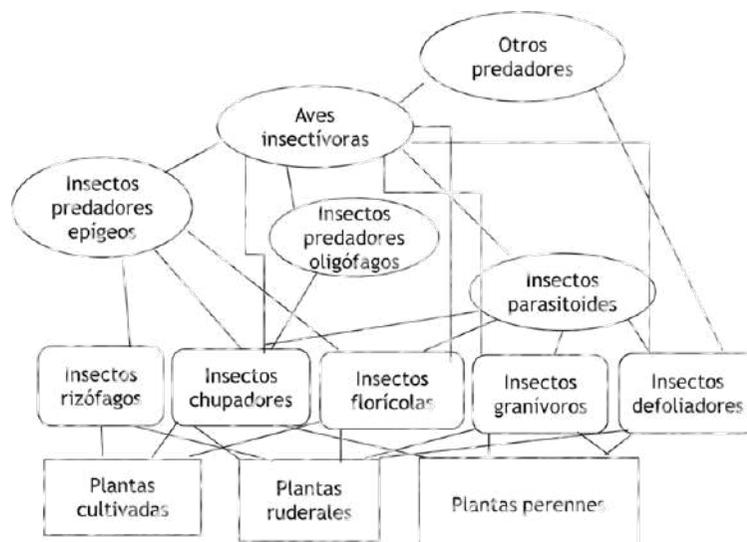


Fig. 1. Estructura de redes tróficas en sistemas agrícolas orgánicos. Autótrofos en la base, consumidores primarios o fitófagos (segundo nivel trófico), consumidores secundarios (tercer nivel trófico, predadores, parasitoides), consumidores terciarios (cuarto nivel trófico, aves insectívoras).

Una característica fundamental de los ecosistemas y por ende de los agroecosistemas es el flujo de energía (Fig. 2a). En los agroecosistemas los agricultores manejan el flujo de energía de manera de facilitar que una alta proporción de la energía solar sea fijada como energía química (energía potencial de las uniones químicas entre átomos) por la fotosíntesis en los vegetales (Fig. 2b). Solamente, la energía solar que ingresa al agroecosistema hace posible su funcionamiento: productividad primaria y transferencia de la productividad, circulación del agua y de los nutrientes, regulación de las tramas tróficas.

En el análisis se parte de los conceptos fundamentales relacionados con la termodinámica (Tabla n° 2) y la manera como el flujo de energía incide y se distribuye en el agroecosistema (Fig. 2a). La vida de la comunidad biótica es mantenida por la energía radiante proveniente del sol, fijada por las plantas por medio de la fotosíntesis y transformada en forma de energía química (Fig. 2.b). Esta es transferida a todos los demás niveles tróficos mediante los procesos de alimentación.

Tabla n° 2. Propiedades básicas de la energía.

Proceso	Descripción
Se transforma	La energía no se crea, sino que se transforma, siendo durante esta transformación cuando se ponen de manifiesto las diferentes formas de energía.
Se conserva.	Al final de cualquier proceso de transformación energética nunca puede haber más o menos energía que la que había al principio, siempre se mantiene. La energía no se destruye.
Se transfiere	La energía pasa de un cuerpo a otro en forma de calor, ondas o trabajo.
Se degrada	Solo una parte de la energía transformada es capaz de producir trabajo y la otra se pierde en forma de calor.

El camino de la energía se puede describir a través de dos leyes de la termodinámica (Odum, 1972). La primera ley se refiere a la conservación de la energía y establece que esta puede ser transformada de un tipo a otro, pero no se crea ni destruye. La segunda ley de la termodinámica o ley de la entropía, dice que ningún proceso de transformación ocurre al 100 % (Tabla n° 2). Esta ley regula la dirección en la que deben llevarse a cabo los procesos termodinámicos y, por lo tanto, la imposibilidad de que ocurran en el sentido contrario. También establece el impedimento de convertir completamente toda la energía de un tipo en otro (energía lumínica a química) sin pérdidas en forma de calor. Ambas leyes dictan que, una gran proporción de la energía química, aproximadamente el 90%, transferidas entre niveles (tróficos) de la

alimentación dentro de un sistema, se convierte en energía calórica, que es de valor limitado para los componentes bióticos del sistema. La energía “perdida” entre los niveles de alimentación resulta en una transferencia ineficiente de la materia orgánica (por ejemplo, pérdidas gaseosas, por vías urinarias y fecales) y la energía necesaria para el mantenimiento interno de los organismos (energía calórica). Más adelante se retoma el tema (Fig. 6).

Otro aspecto a tener en cuenta en el análisis de los agroecosistemas es que, es necesario simplificar la realidad a través de medios gráficos, aunque sepamos que son sistemas complejos y dinámicos. Para ello debemos distinguir entre variables de flujo o tasas (variaciones de cantidades en función del tiempo) y de estado o depósitos (cantidades en una unidad de área en un momento dado). Así, los flujos toman valores que representan velocidades de un determinado proceso, por ejemplo la tasa de acumulación de biomasa por unidad de tiempo y superficie ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{mes}^{-1}$), mientras que las variables de estado toman valores que representan el tamaño de los componentes de un agroecosistema en un momento determinado (por ejemplo, $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de forraje seco en pie). En el diagrama de flujo de la Fig. 2a, los procesos indicados mediante flechas son flujos o velocidades y las cajas representan la cantidad de energía presente en forma de vegetales, herbívoros, carnívoros y descomponedores (cantidad de energía por unidad de superficie).

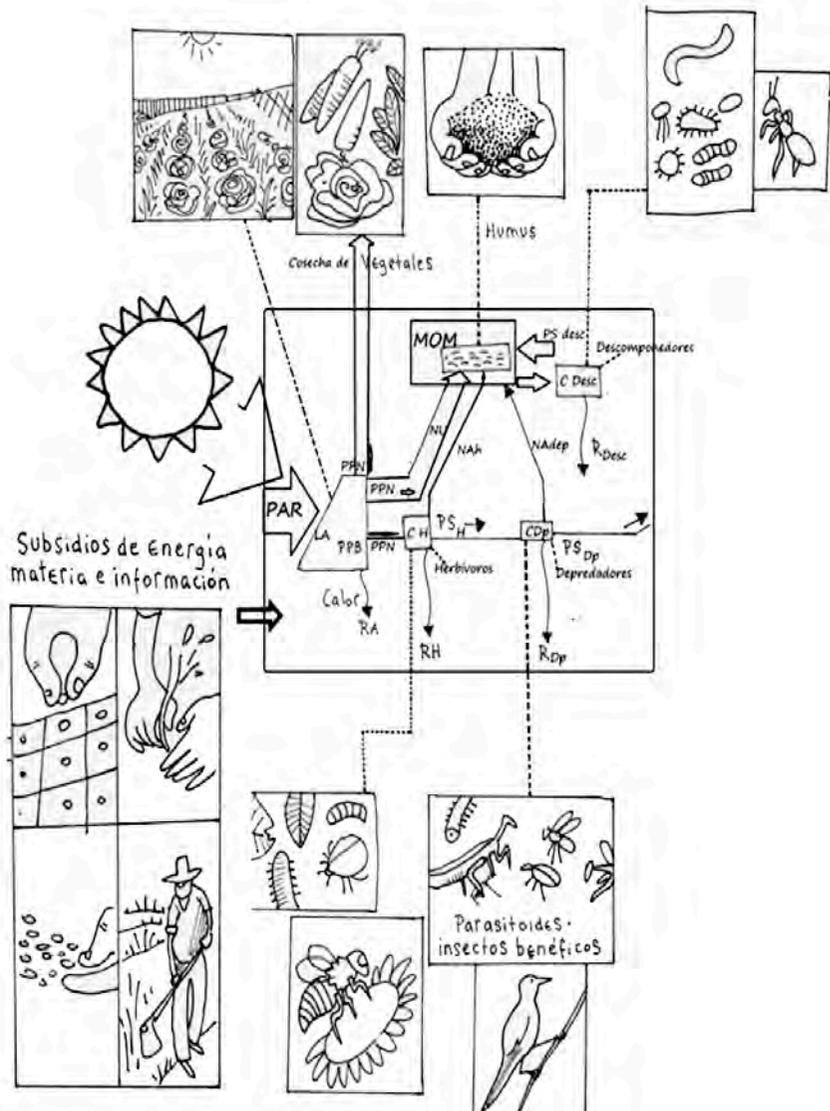


Figura 2a: Flujo de energía en el agroecosistema. PAR: Luz fotosintéticamente activa. LA: Luz absorbida. RA: Respiración de autótrofos o de las plantas. PPB: Productividad Primaria Bruta. PPN: Productividad Primaria Neta y sus tres destinos: PPN a cosecha, PPN no utilizada (NU) que va a materia orgánica muerta (MOM) y la PPN consumida por herbívoros (CH). La Productividad secundaria de herbívoros (PSh) pasa a consumo de depredadores (Cdp), y la productividad secundaria de depredadores (PSdp) puede ir a Consumo de hiperdepredadores e hiperparásitos o hiperparasitoides. NA: No asimilado en los casos de herbívoros (NAh) y depredadores (NAdp). RH: Respiración de herbívoros. Rdp: respiración de depredadores. Rdp: Respiración de carnívoros o depredadores. Rdesc: Respiración de descomponedores. (Adaptado de Odum, 1972). Las cajas con las líneas punteadas son como lupas de los niveles tróficos.

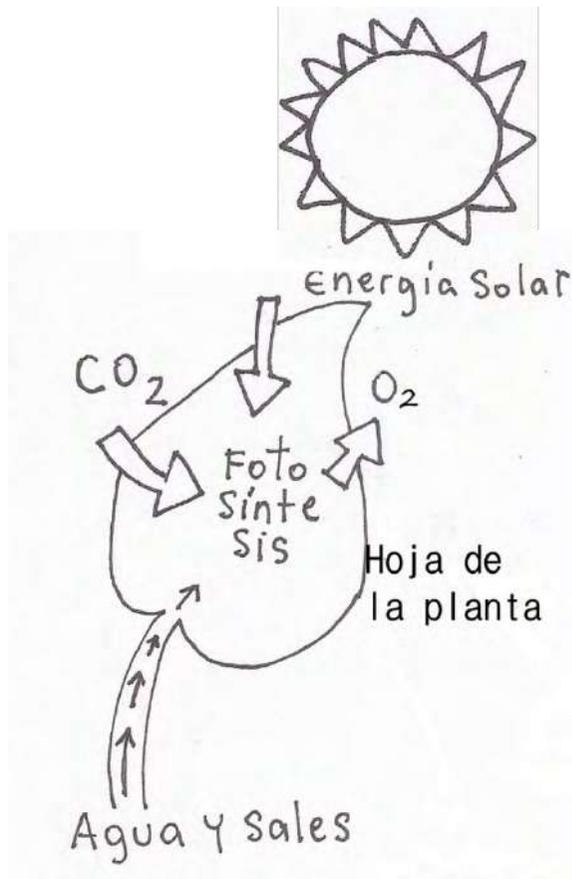
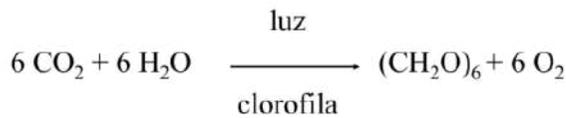


Fig. 2.b. Representación esquemática del procesos de la Fotosíntesis.

La producción primaria es el resultado del proceso de la fotosíntesis (Fig. 2b). Como ya dijimos las plantas verdes captan la energía solar (cuantos de luz que activan la clorofila) y se convierte en energía química, para esto necesita captar CO_2 a través de los estomas de las hojas, también requiere agua y los nutrientes que las plantas absorben por medio de sus raíces. Una vez producida la glucosa en la fotosíntesis, se empiezan a sintetizar todas las macromoléculas: almidón, celulosa, lípidos (aceites), vitaminas, proteínas y ácidos nucleicos (ADN y ARN) (Tabla n° 3) (Micocci, 2018) que forman la estructura viva de la planta. La eficiencia promedio de la fotosíntesis es de 33 %. El contenido energético de la planta en forma de biomasa vegetal se almacena en macromoléculas que estructuran los tejidos que constituyen los diferentes órganos del vegetal (raíz, tallos, hojas, frutos, semillas).

Aquí se presenta la ecuación de la fotosíntesis, para comprender como se produce la glucosa y el oxígeno desde las plantas:



Existen tres vías de la fotosíntesis: C3 (95% de especies, 80-90% de PPN); C4 (pastos megatérmicos, dicotiledóneas), y CAM (cactáceas, suculentas, epífitas). A escala de vegetación, existen dos instancias para regular la cobertura: 1- Regulación a nivel foliar (hojas de luz y de sombra) y 2- Regulación a nivel de canopeo (existe mayor capacidad de fotosíntesis en la parte superior del canopeo).

En la respiración, se oxidan las moléculas orgánicas con oxígeno del aire, para obtener la energía necesaria para los procesos vitales. A través de una oxidación lenta de la glucosa se va produciendo ATP (adenosín trifosfato). La producción total a partir de una molécula de glucosa es un máximo de 38 moléculas de ATP. El ATP es la fuente de energía principal para la mayoría de los procesos celulares. En este proceso se consume O₂ y se desprende CO₂ y agua, por lo que, en cierta forma, es lo contrario de la fotosíntesis que toma CO₂ y agua y, desprende O₂ (Fig. 2b).

La energía solar incidente (PAR: Luz fotosintéticamente activa), que equivale al 50 % de la radiación global, es captada parcialmente por las plantas verdes y transferida como forraje a los herbívoros, como presas a los carnívoros, y como materia orgánica muerta a los descomponedores (Fig. 2). El flujo de energía a través de los distintos niveles tróficos (productores, consumidores primarios o herbívoros, consumidores secundarios o carnívoros y descomponedores), está compuesto a su vez por un elevado número de flujos parciales que los agricultores pueden estar interesados en intervenir.

La cantidad de luz absorbida (LA, luz del rojo de 680nm) está directamente determinada por la cantidad de área foliar (cobertura vegetal verde) presente en el agroecosistema. La transformación de esa luz interceptada es la productividad primaria bruta (PPB). La productividad bruta es la tasa total de captación de energía o velocidad de fotosíntesis del componente vegetal verde, y depende de la medida en que la luz absorbida es transformada en fotosintatos (glucosa). La productividad primaria neta (PPN) es menor, ya que ocurre una utilización de energía en la respiración y el metabolismo (R autotrófica). Es la tasa a la que se añade la energía a los cuerpos de los productores primarios en forma de biomasa. Luego, la PPN es igual a la PPB menos la Respiración, y representa la entrada fundamental de energía que

estará disponible para los otros niveles tróficos y para la Materia Orgánica Muerta (Fig. 2a). Es decir, una pequeña parte de PPN es consumida por los herbívoros (CH) y la mayor parte es aportada a la cosecha y a la materia orgánica muerta. La parte del tejido vegetal que muere es transformado por los descomponedores y proviene del flujo que se lo llama “no utilizado” (NU).

La parte consumida por los herbívoros (CH) sigue dos caminos, una buena parte no puede ser asimilada y se pierde en forma de heces y orina (NA) y otra es asimilada. Es decir, de la energía asimilada, parte es gastada en procesos de mantenimiento y crecimiento y el resto se transforma en producción. Ese consumo de energía está representado en la figura 2a como pérdidas en respiración de los herbívoros (RH). La porción de la energía asimilada que no se pierde por respiración en los herbívoros, queda disponible para los carnívoros y se llama productividad secundaria (PS). El pasaje de energía desde los herbívoros a los carnívoros es similar al descrito desde las plantas a los herbívoros. También, existe una porción no utilizada, otra no asimilada y otra respirada. El resto es la energía fijada en el compartimento carnívoro y se llama productividad secundaria de carnívoros (PS). La materia orgánica muerta vegetal y animal que no fue consumida o asimilada es aprovechada por los descomponedores. La Productividad Neta del Ecosistema (PNE) es la diferencia entre PPN y la suma de todas las pérdidas por respiración, y resultará en un balance positivo en el flujo de energía. La consecuencia inmediata pensada en término de escala temporal es el aumento en el tamaño de uno o más de los compartimentos depósitos o variables de estado del agroecosistema (estas variables tienen forma de cajas en la figura 2a. Si el balance es positivo, es decir, si las pérdidas son inferiores al ingreso de energía, PNE será mayor a cero, el agroecosistema está creciendo en sustentabilidad.

Tabla n° 3. Diferentes tipos de macromoléculas que estructuran los tejidos vegetales y animales.

Macromolécula	Descripción
Carbohidratos	Son moléculas formadas por carbono, hidrógeno y oxígeno (C, H, O). Se distinguen por el número de unidades de azúcar en monosacáridos, oligosacáridos y polisacáridos (Por ej. El almidón).
Glucosa	Carbohidrato universalmente utilizado por las células para la obtención de energía metabólica.
Glucógeno	Forma la reserva de energía más fácilmente accesible para las células del organismo animal, generalmente contenido por el hígado y el músculo.

Lípidos	Son un grupo heterogéneo de sustancias orgánicas que tienen en común el ser moléculas no polares, insolubles en el agua, solubles en los solventes orgánicos, estar formadas de Carbono, Hidrógeno, Oxígeno y en ocasiones Fósforo, Nitrógeno y Azufre y que son ésteres reales o potenciales de los ácidos grasos.
Aminoácidos	Son las unidades básicas de todas las proteínas.
Proteínas	Sustancias complejas formadas necesariamente por los elementos: C, H, O, N, S y en algunos casos fósforo. Son de alto peso molecular, forman dispersiones coloidales y están compuestas por aminoácidos, en un número que varía entre 50 hasta más de 1000, arreglados en secuencia lineal que se arrollan después para constituir cuatro niveles estructurales.
Ácido nucleico. ADN	Almacena y transmite la información genética. Dirige el proceso de síntesis de proteínas. Constituye el material genético y forma los genes, que son las unidades funcionales de los cromosomas.
Ácido nucleico. ARN	Ejecuta las órdenes contenidas en el ADN, se encarga de sintetizar proteínas.

Producción primaria bruta y neta

La biomasa es la materia orgánica de origen vegetal o animal. La biomasa vegetal constituye la principal fuente de vitaminas (por ej.: beta caroteno o vitamina A, vitamina C, vitamina E, ácido fólico), minerales (por ej.: calcio, el hierro, magnesio y potasio), antioxidantes, proteínas y carbohidratos en la dieta humana. La biomasa vegetal de la hoja verde, es sumamente rica en minerales, vitaminas y proteínas.

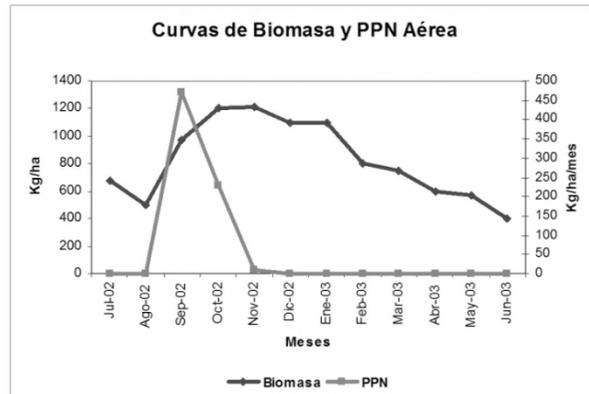
La dieta humana actual, rica en azúcar, grasa y sal, provoca que los gustos se hayan degenerado de manera que, ya no se consumen cantidades suficientes de hojas verdes en la dieta e incluso se las evita (Rozano Ladrón *et al.*, 2004).

La productividad primaria neta (PPN) tiene valores positivos cuando la biomasa de las plantas del ecosistema va aumentando. En las primeras etapas fenológicas de un cultivo perenne que está creciendo, aumenta su biomasa a una velocidad mayor, la PPN es elevada, luego el cultivo entra a etapas fenológicas de desarrollo (floración), sigue haciendo fotosíntesis pero toda la energía que recoge la emplea en la respiración, la producción neta se reduce hasta llegar a cero, aunque la biomasa vegetal del cultivo puede permanecer constante, finalmente ocurre la senescencia, cosecha y caída como materia orgánica muerta (Fig. 3).

El funcionamiento del agroecosistema depende de la Productividad Primaria Neta (PPN) y como ya dijimos, es la tasa de asimilación del carbono atmosférico por unidad de tiempo y de espacio, es decir, es el cambio en el peso neto de los vegetales entre dos puntos en el tiempo (Fig. 3). La PPN es estimada por cambios temporales en la cantidad de biomasa producida, generalmente medidos por el método de cosecha manual en pequeñas parcelas. Si bien, la estimación más simple de la PPN es a través del método de la cosecha, es muy costoso hacerlo a escala de ecosistema, es por ello que actualmente se utilizan índices verdes calculados a partir de imágenes satelitales.

De acuerdo a estimaciones realizadas de la productividad primaria neta de ecosistemas terrestres del mundo, existe una relación con factores ambientales, principalmente las precipitaciones (Gómez y Gallopín, 1991). Por, ejemplo la PPN aérea en relación a condiciones edáficas y disponibilidad de agua en ecosistemas en pastizales tropicales y subtropicales varía entre 420 – 9.090 kg de MS/ ha / año. En pastizales templados y templados fríos el rango de PPN aérea varía entre 1.200 a 5.320 kg de MS/ ha / año. Esto pone en evidencia que existe un techo a alcanzar en la PPN de los agroecosistemas sustentados en sistemas herbáceos.

Las diferentes formas de crecimiento y los efectos del sobrepastoreo, limitan la productividad. Las especies con forma de crecimiento prostrado y arrosetado (anuales y perennes) predominaron en sitios con intenso pastoreo (Tabla 5). Se conoce que, en la medida que se reduce la carga animal, se favorece la dominancia de especies con forma de crecimiento tipo pajonal con más biomasa (Pucheta *et al.*, 1998). En la Tabla n° 4, se presentan datos obtenidos de un estudio a campo realizado en los pastizales de Pampa de Achala, donde se puede mostrar que la PPN aérea se puede calcular por grupo de especies (anuales, rastreras, graminoideas, rosetas) y que el cálculo de la PPN aérea se puede realizar a partir de la “biomasa viva”. Si el productor quisiera calcular la carga, debería asumir una determinada eficiencia de consumo, que en general para los sistemas de pastizales naturales es de 25 %. En la tabla n° 5 se presentan datos de PPN aérea de maíz, arroz y trigo.



$$PPN = \frac{\Delta \text{biomasa}}{\Delta \text{tiempo}}$$

$$= \frac{(B_2 - B_1)}{(t_2 - t_1)}$$

Fig. 3. Estimación de la PPN en un pastizal natural a través del método de la cosecha.

Tabla 4. Dinámica de la biomasa (g.m²) y desvíos estándar de diferentes formas de crecimiento y de la biomasa viva, muerta y en pie y broza, en un sitio pastoreado, en pastizal de montaña de la provincia de Córdoba, Argentina (Pucheta *et al.*, 1998).

Grupo especies	Dic.	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Julio	Nov.
Anuales	0.5±0.3	6.3±4.0b	16.4±4	27.5±5c	38.9±7	0	1.0±1
Rastreras	54±11	63±57	56.9±15	81.9±24	93.4±24	52.9±17	69.7±17
Graminoides	43.9±10	46.2±15	76.3±7.9	82±10	89.9±16	46.9±6.7	37.8±4.7
Rosetas	16.0±4.6	25.6±14	25.2±5.3	26.6±2.3	24.3±4.5	11.9±3.6	15.6±5.4
Materia seca aérea							
biomasa viva	116±15	145±15	176.4±9	219±23	249±15	112±18	125±12
B. muerta en pie	146±13	99.6±15	87.4±12	73.0±9.	94.1±10	136.7±9	111.5±9
Broza o mantillo	11.2±2.5	15.5±3.3	40.8±6.5	22.0±5.9	8.2±2.1	7.0±1.8	3.7±1.3
biomasa total	262±21	244±24	264±18	29±22.4	343±21	249±19	237±13.2

En el caso de los cultivos anuales, el crecimiento y el desarrollo están delimitados por fases fenológicas sucesivas. Dentro de estas etapas se presentan períodos críticos, que son el intervalo breve durante el cual la planta presenta la máxima sensibilidad a determinado evento meteorológico, de manera que las oscilaciones en los valores de éste evento se reflejan en el rendimiento del cultivo. El comienzo y fin de las fases y etapas, sirven como medio para juzgar la rapidez del desarrollo de las plantas.

Así por ejemplo, en el maíz se han considerado las siguientes etapas: siembra – emergencia (I etapa), emergencia – panoja (II etapa), Panoja – espiga (III etapa), Espiga – maduración (IV etapa). La suma de las cuatro etapas constituye el ciclo de vida del maíz que dura entre 90 y 120 días. Cada una de estas etapas estará influenciada por los elementos meteorológicos que ocurren en una localidad. La mayor velocidad de crecimiento debe ocurrir entre la emergencia y la panoja. Una variedad de arroz de 120 días pasa unos 55-60 días en la fase vegetativa, 30 días en la fase reproductiva, y 30 días en la fase de madurez. La fase vegetativa se caracteriza por un activo macollamiento, un gradual incremento de la altura de las plantas, y la emergencia de las hojas a intervalos regulares. Es en esta etapa en que se produce la mayor PPN. La fase reproductiva se caracteriza por una reducción en el número de macollos, la emergencia de la hoja bandera, el engrosamiento del tallo por el crecimiento interno de la panoja, la emergencia de la panoja (ocurre unos a 20-25 días luego de la diferenciación del primordio floral), y la floración (anthesis). En el trigo se pueden identificar tres grandes etapas o periodos en el crecimiento y desarrollo: vegetativo, reproductivo y de maduración, siendo que en la etapa reproductiva ocurre la mayor velocidad de acumulación de biomasa. En la tabla 5 se presentan datos de biomasa y PPN para los tres cultivos descritos, y es posible que los valores de productividad diarios correspondan con los momentos fenológicos de mayor crecimiento. Cabe acotar que la producción de grano está muy relacionada con la acumulación de materia verde en la etapa vegetativa ya que el llenado se dará según la fotosíntesis total y el agua disponible.

Tabla n° 5. Datos de biomasa y productividad primaria neta de tres cultivos (Martínez Romero y Leyva Galán, 2014).

Cultivos	Biomasa (t.ha ⁻¹)	Productividad (kg.ha ⁻¹ .día ⁻¹)
Maíz	9,74	83,6
Arroz	14,92	106,5
Trigo	18,79	156,5

La PPN y la circulación de nutrientes

De manera sintética es necesario comprender que la energía capturada dentro de los vegetales puede ser transferida a una de las dos categorías generales de los organismos heterótrofos. Una parte de la energía, se transfiere directamente al mantillo después de la senescencia de la planta. Una serie de microorganismos, principalmente bacterias y hongos en el suelo (descomponedores), lo utilizan como fuente de energía, se libera energía calórica por la respiración microbiana. Este flujo de energía se define como la cadena trófica del detrito (Fig. 4). Otra porción de la PPN inicialmente capturada por las plantas se consume por los herbívoros y se convierte en tejido animal. Los herbívoros, a su vez, pueden ser ingeridos por otros consumidores en los niveles más altos de alimentación. En cada nivel de alimentación, se libera energía calórica por la respiración de los consumidores. Este flujo de energía se define como la cadena trófica del pastoreo o ramoneadores (Fig. 4). La energía se transfiere desde la cadena alimenticia de pastoreo a la del detrito en forma de heces y tejidos animales muertos. En los agroecosistemas la PPN tiene un tercer destino, la cosecha (Fig. 2). Tanto en la cadena de detritus y de pastoreo curre el movimiento e intercambio de materia orgánica e inorgánica que asegura la circulación de nutrientes.

Se estima que, entre 58 - 75 % de la PPN en pastizales va a descomponedores; o sea gran parte de la energía no utilizada es tejido vegetal muerto, en menor medida heces y animales muertos, en conjunto constituyen la materia orgánica muerta (MOM). La materia orgánica en forma de abono y o para tratamiento de suelos (por ejemplo, el uso de estiércol o de coberturas vegetales) sirve también de alimento para los diversos organismos del suelo. Naturalmente se considera que los descomponedores son los responsables de la mayor parte de la productividad secundaria y de la emisión de CO_2 a la atmósfera. La descomposición es un proceso de degradación de la MOM por parte de los descomponedores, que resulta en tres productos: CO_2 , minerales y la pérdida de energía como calor. El agua, el aire y la temperatura facilitan el proceso de descomposición. **Los nutrientes siguen el mismo camino descrito para la energía** (Fig. 4).

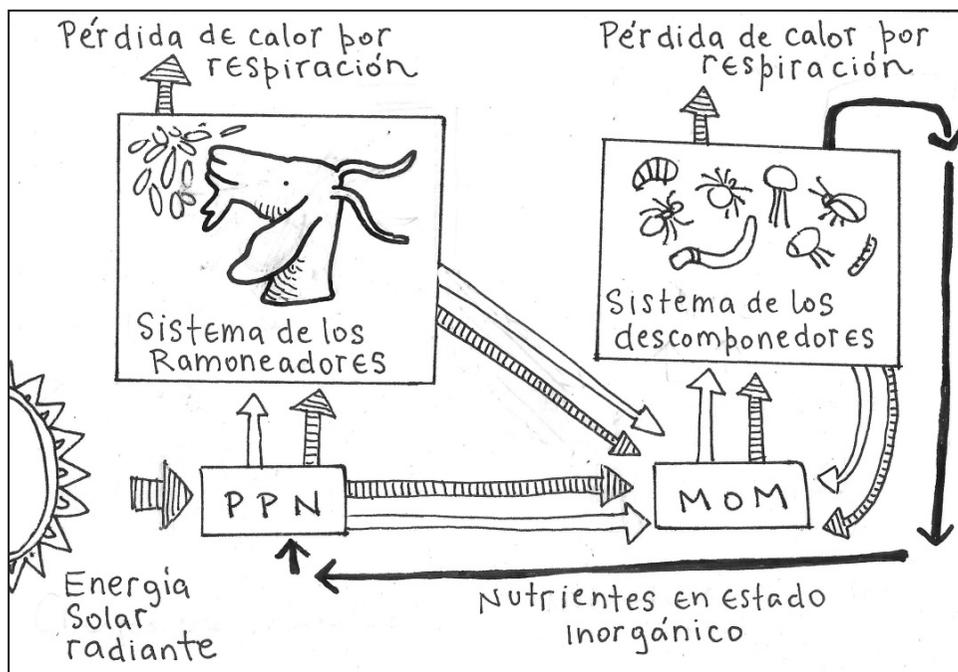


Fig. 4. Destino de la PPN en la cadena de pastoreo o ramoneadores y la cadena de detritus. Relación entre el flujo de energía (flechas ralladas) y el ciclo de nutrientes (las flechas blancas con borde negro representan la parte del ciclo de nutrientes en la materia orgánica viva y muerta) en el agroecosistema: Las flechas negras muestran la parte del ciclo en forma inorgánica.

Eficiencia de transferencia de energía

La eficiencia de la producción primaria es el cociente entre la energía fijada por la producción primaria y la energía de la luz solar que llega a ese ecosistema. Podría llegar a tener una eficiencia teórica de hasta un 9%. El valor máximo observado, en una planta tropical ha sido de un 4,5%. La eficiencia normal en plena estación de crecimiento, con buenas condiciones de humedad, temperatura, es de 1 – 3 %.

Las eficiencias de transferencia de la producción primaria a los herbívoros varían entre un 2% y un 25 % en los ecosistemas terrestres (Begon *et al.*, 1999). Es posible que la eficiencia de cosecha de la PPN de los cultivos sea un 30 % (Fig. 5).

No toda la biomasa de un nivel pasa al inmediatamente superior, hay parte de la planta o del animal que no se aprovechan por el herbívoro o el

carnívoro y se descomponen; de la parte consumida, hay una fracción que no puede ser digerida y se pierde con las heces; de la porción digerida una parte es utilizada para conseguir la energía necesaria para su mantenimiento (mediante la respiración) y otra parte para su crecimiento y reproducción. Se puede representar este flujo energético como cañerías que se van adelgazando (Fig. 6, 7, 8 y 9). También se puede describir la eficiencia ecológica, como la fracción de la producción de un nivel que es transformada en producción del nivel inmediatamente superior. Tradicionalmente se consideraba que era del 10 %, pero se sabe que oscila entre valores del 1 al 25 %.



Fig. 5. Eficiencia de consumo en distintos tipos de ecosistemas.

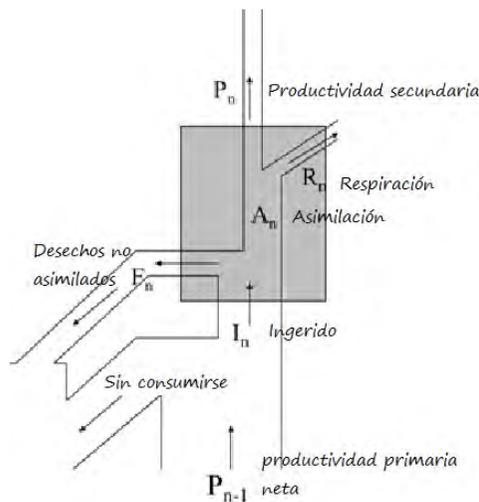
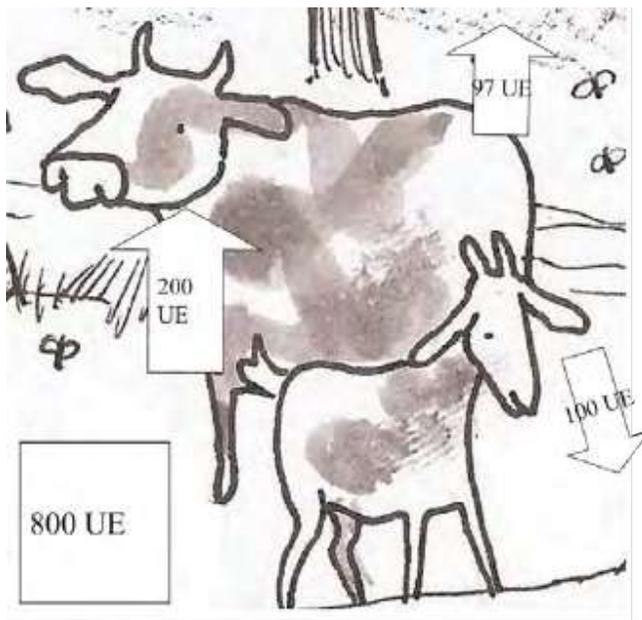


Fig. 6. Eficiencia de transferencia de la energía de un nivel trófico a otro. Eficiencia de Consumo: Producción neta realizada (como incremento de biomasa) / Alimento ingerido [EC = (PN/I) x 100]. Eficiencia de Asimilación = Alimento Asimilado / Alimento Ingerido [EA = (A/I) x 100]. Eficiencia de Producción = Producción secundaria / Alimento asimilado [EP = (PN / A) x 100]. Eficiencia Ecológica [EE = (P_n / P_{n-1}) x 100]. n = nivel trófico superior (del que se quiere saber la eficiencia); n-1= Nivel trófico inferior (anterior al que se analiza) (Begon *et al.*, 1999).

Los animales obtienen la energía para su metabolismo de la oxidación de los alimentos (respiración), pero no todo lo que comen acaba siendo asimilado. Parte se desecha en las heces o en la orina, parte se difunde en forma de calor (Fig. 6). La energía en un animal se distribuye, por ejemplo así: una vaca se alimenta de pasto, que es la energía consumida que introduce en su sistema digestivo, pero deja pasto no ingerido (energía no utilizada). Del pasto que ha comido parte se elimina en las heces y sólo los nutrientes digeribles pasan a la sangre para ser distribuidos entre las células. De esta energía parte se elimina en forma de calor y el resto se utiliza. Parte de la energía se emplea para el mantenimiento metabólico del organismo vivo (movimiento, funcionamiento de órganos, etc) y otra parte (productividad secundaria) para crecer o reproducirse. La mayor parte de la energía absorbida se utiliza en el mantenimiento y sólo una pequeña parte se convierte en producción secundaria (aumento de peso del animal o nuevas crías) (Fig. 7).



EC = 25 % EA = 50 - 70 % EP = 1-2 %

Fig. 7. Ejemplo de eficiencia en el mismo nivel trófico en animales homeotermos o sea que regulan su temperatura corporal: 800 unidades de energía almacenadas en el pasto por fotosíntesis, solo son comidas 200 por la vaca (Eficiencia de consumo= 25 %). Se pierden en heces 100 unidades de energía, por lo que la Eficiencia de asimilación es de 50 %; luego la vaca gasta en respiración 97 UE, lo que implica una eficiencia de producción de 3 %. Abajo se detallan los valores más frecuentes de los tres tipos de eficiencia analizados (Begon *et al.*, 1999).

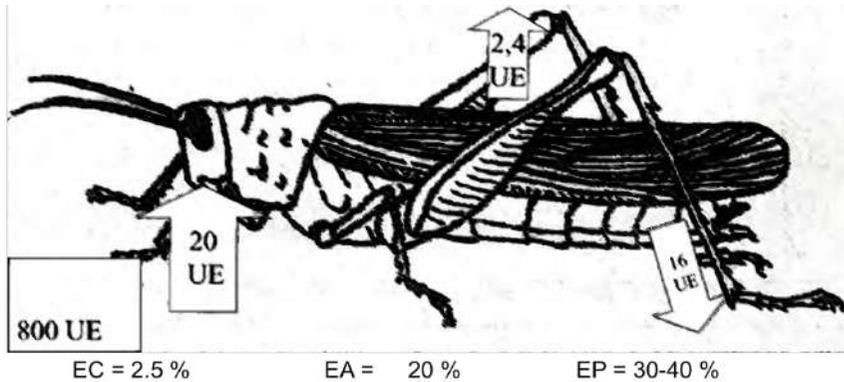


Fig. 8. Ejemplo de eficiencia en el mismo nivel trófico en animales poiquiloterms o sea que no regulan su temperatura corporal: 800 unidades de energía almacenadas en el pasto por fotosíntesis, solo son comidas 20 por la langosta (eficiencia de consumo= 2,5 %). Se pierden en heces 16 unidades de energía por lo que la eficiencia de asimilación es de 20 %; luego gasta en respiración 2,4 UE, lo que implica una eficiencia de producción de 35 %. Abajo del dibujo se presentan los valores más frecuentes (Begon *et al.*, 1999).

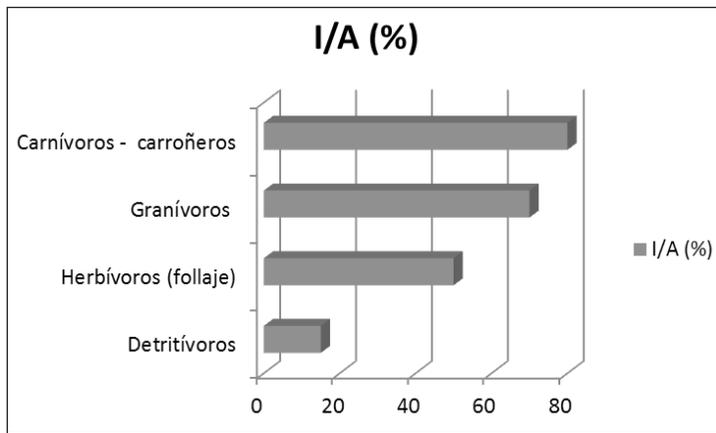


Fig. 9. El tipo de dieta influye en la eficiencia de Asimilación (I/A), así, los detritívoros presentan 10 – 20 %, el follaje en herbívoros: 40 – 60 %, los granívoros: 40 – 60 % y los carnívoros – carroñeros, 80 % (Begon *et al.*, 1999).

Biomasa de los cultivos

La biomasa es la cantidad total de materia viva en un momento dado, en un área determinada, de una población cultivada, una comunidad vegetal o de un determinado nivel trófico. Se expresa en Kg de materia seca, gramos de carbono o en calorías por unidad de superficie. El método de la cosecha

es una forma de medición de la biomasa. Si bien, en general se entiende por biomasa el peso seco de los tejidos vivos y muertos en pie, en un momento determinado; también se puede referir al peso seco de la biomasa verde en un momento determinado.

La biomasa es uno de los atributos más relevantes para caracterizar el estado y la estructura de un ecosistema. Es el componente fundamental de la dieta de los herbívoros. Además, es la fuente básica y más abundante de alimento humano. Está estrechamente relacionada con los agroecosistemas más productivos. Entonces, los productores primarios son las plantas verdes terrestres y acuáticas (las algas) y forman el 99,9% de la biomasa de los seres vivos de la biosfera.

La biomasa vegetal es creada por la fotosíntesis. Los agricultores a través de la historia han utilizado la biomasa no solo para su alimentación y la alimentación de sus animales, sino también como salida productiva.

Por lo visto en el flujo de energía, la biomasa muerta es enriquecedora del recurso suelo y constituyen la base de la fertilidad natural (Fig. 4). En la actualidad la producción y protección de la biomasa vegetal boscosa cobra una importancia trascendente; porque ello contribuye, además, a la protección medioambiental a través de la captura de carbono. Martínez Romero y Leyva Galán (2014) demostraron la importancia que proporciona la biomasa generalmente no alimenticia para los humanos, a fin de emplearla no solo como alimento animal, sino también como enriquecedora del recurso natural suelo.

Existen varias familias botánicas que contribuyen a la agrobiodiversidad y altos valores de biomasa en el agroecosistema. La familia botánica fabácea (Fabaceae) o leguminosa (Leguminosae) agrupa árboles, arbustos y hierbas perennes o anuales, fácilmente reconocibles por su fruto tipo legumbre (chaucha o vaina) y sus hojas compuestas y estipuladas.

Las leguminosas tienen 730 géneros y unas 19.400 especies, lo que la convierte en la tercera familia con mayor riqueza de especies después de las compuestas (Asteraceae). Las leguminosas por sí solas o en asociación con las gramíneas forrajeras, contribuyen a la alimentación del ganado doméstico. Muestran una mayor concentración de nitrógeno en las hojas y presentan bajos niveles de fibras y alto contenido de calcio, en relación con las gramíneas. Las leguminosas forrajeras se suelen sembrar asociadas con gramíneas para mejorar la calidad de la oferta alimenticia para el ganado.

Las leguminosas son mejoradoras del suelo desde el punto de vista de la fertilidad, ya que tienen la propiedad de fijar el nitrógeno atmosférico en los nódulos radiculares asociado a *Rhizobium* (bacteria). La fijación de nitróge-

no, es fácilmente aprovechada por otras plantas tales como las gramíneas, con las que crecen asociadas. La cantidad de nitrógeno fijado por las leguminosas puede variar de 20 a 560 kg anuales por hectárea, dependiendo del tipo de suelo y de la humedad disponible. La particularidad de fijar nitrógeno otorga a las leguminosas la facultad de habitar en suelos de fertilidad pobre, sin que esto afecte significativamente su producción y calidad de biomasa (Martínez Romero y Leyva Galán, 2014).

Los granos contribuyen a la dieta humana, siendo una fuente importante de proteínas de buena calidad. También se mencionan leguminosas forrajeras como la alfalfa (*Medicago sativa*), especie perenne, de raíces profundas, con muchos tallos usualmente erectos que parten de yemas en la corona. Es considerada la especie forrajera más importante, productiva y de alta calidad del mundo, como alimento para todo tipo de ganado. Es una especie melífera y en razón de sus abundantes floraciones a lo largo del año es de gran interés para los apicultores. Existen registros de que fue probablemente la primera especie forrajera cultivada. Los *Lotus* spp. (Trifolios) son especies perennes, con abundantes tallos, adecuadas para suelos pobres. Los tréboles de olor (*Melilotus*) son especies anuales o bianuales, erectas, con un fuerte olor a cumarina y han sido cultivadas para pastoreo, para forraje y como abono verde. La semilla sobrevive muchos años en el suelo, por lo que si a este cultivo se le permite semillar permanecerá por largo tiempo. Los tréboles (género *Trifolium*) abarcan cerca de 300 especies, la mayoría son pasturas naturales en climas mediterráneos y templados. Las especies cultivadas son especies herbáceas anuales o perennes (FAO, 2020). También, son importantes para nuestra región las especies anuales de *Vicia* sp (*Vicia sativa* y *Vicia dacycarpa*).

Los “pastos” que no aportan alimentos para los humanos, han sido elegidos por el como forraje para sus animales. Pertenecen a la familia de las gramíneas y aportan gran cantidad de biomasa rica en energía y proteínas. Las especies de gramíneas son excelentes productoras de pasto tanto en pastizales naturales como en pasturas implantadas. El cultivo de especies perennes, aunque estacional, asegura alimentos en forma estable en la rotación forrajera. Las especies forrajeras más conocidas son: raigrás perenne (*Lolium perenne*), la cebadilla criolla (*Bromus unioloides*), la festuca alta (*Festuca arundinacea*), el agropiro alargado (*Thinopyrum ponticum*), el falaris bulboso (*Phalaris tuberosa*), el pasto miel (*Paspalum dilatatum*), el pasto elefante (*Panicum elephantipes*), la grama rodes (*Chloris gayana*), el mijo perla (*Pennisetum americanum*), el pasto horqueta (*Paspalum notatum*) y el pasto llorón (*Eragrostis curvula*). En zonas tamberas los pastos llamados verdes de invierno son muy utilizados

como pasturas (cebada, avena, trigo, centeno y triticale).

En condiciones de luz solar intensa, elevadas temperaturas o sequía, las gramíneas megatérmicas C4 son más eficientes que las gramíneas C-3 en producir materia seca, ya que presentan menor fotorrespiración. En las forrajeras perennes, la remoción constante de biomasa en los sistemas pastoriles, puede promover una reducción de la tasa de crecimiento. Sin embargo, es posible que el pastoreo a cargas bajas y moderadas, aumente la tasa de crecimiento relativo, de manera tal que la pérdida de biomasa sea completamente compensada (Cristiano, 2010) y aún sobrecompensada (McNaughton, 1979)

La familia de las gramíneas tiene gran importancia para la economía. Las especies consumidas por la humanidad provienen de las numerosas especies de gramíneas que son utilizadas directamente para la alimentación (caña de azúcar, trigo, arroz, maíz, cebada y el sorgo, entre otras). Por ejemplo, la caña de azúcar aporta gran cantidad de biomasa para consumo humano, animal y materia orgánica para el suelo. La cosecha de la caña azucarera aporta una apreciable cantidad de hojas que pueden ser utilizadas en la alimentación de los animales rumiantes. Por hectárea es esperable un rendimiento de 7,1 tn de azúcar, 5,6 toneladas de cogollo y 2,9 toneladas de paja. También se puede simultáneamente entregar alimentos para 1,2 animales vacunos durante todo el año (Martínez Romero y Leyva Galán, 2014).

Otras plantas con abundante biomasa son las que proporcionan verduras y hortalizas, ricas en vitaminas y minerales, necesarios para el sostenimiento de la salud (lechugas, tomates, cebollas, acelgas, repollos, espinacas, coles, alcauciles y zanahorias, entre otras). En algunas se cosecha la biomasa de frutos, en otras, de hojas, bulbos y tubérculos (tallos subterráneos) y también raíces (zanahoria, nabos, rabanitos). En el capítulo 5 se presentará más información sobre estos cultivos.

La adición de grandes cantidades de materia orgánica de forma regular basada en estiércol animal, compost, hojarasca, cultivos de cobertura, rotación de cultivos con gramíneas que aportan grandes cantidades de residuos, etc., es una estrategia clave utilizada por muchos agricultores para mejorar la calidad del suelo. El manejo de la materia orgánica, está en el centro de todos los esfuerzos por crear tierras saludables con buena actividad biológica y buenas características físicas y químicas. Para garantizar la resiliencia de los sistemas agrícolas, la materia orgánica juega un papel supremamente importante, ya que mejora la capacidad de retención de agua del suelo, haciéndolo más resistente a las sequías, mejorando su capacidad de infiltración y evitando que sus partículas sean transportadas con el agua durante lluvias intensas. La

materia orgánica también mejora la agregación de suelo superficial, reteniendo firmemente las partículas durante lluvias o tormentas o vientos fuertes. Los agregados del suelo estables, resisten el movimiento por viento o agua.

Los suelos ricos en materia orgánica generalmente contienen hongos micorrízicos simbióticos, micorrizas arbusculares que ayudan al crecimiento de las plantas y por ende a la productividad. Los hongos micorrízicos son importantes porque mejoran las interacciones planta-agua, aumentando así la resistencia a la sequía. Se ha informado que estas asociaciones con micorrizas, pueden aumentar la absorción de nutrientes por las plantas y además permitir un uso más eficiente del agua, al aumentar la conductividad hidráulica de la raíz.

La productividad de cultivos bajo condiciones de sequía, en gran medida está limitada por la disponibilidad de agua del suelo que se vincula con el contenido de materia orgánica, el cual puede ser expresado en porcentaje (% MO). En un estudio realizado en la región semiárida de la Pampa Argentina, se encontró que los rendimientos de trigo estaban relacionados con la retención de agua del suelo y el contenido de carbono orgánico total en la capa superficial (0-20 cm) durante años de baja disponibilidad de humedad. Un suelo con buen contenido de carbono en el suelo retiene más la humedad y por lo tanto da mejores rendimientos de trigo en años secos. Estos resultados demuestran la importancia de utilizar prácticas culturales que mejoren el contenido de materia orgánica del suelo y minimicen así las pérdidas de carbono orgánico en ambientes semiáridos.

CICLO DEL AGUA Y NUTRIENTES

En los sistemas de cultivos existen dos factores limitantes de la PPN, las deficiencias en la fertilidad y el estrés hídrico, especialmente durante la estación sin lluvias.

Ciclo del agua

A escala regional, al elevarse, el aire húmedo se enfría lentamente. Cuando por el continuo enfriamiento se satura, aparecen las nubes y, según el desarrollo que éstas alcancen, se produce la precipitación. Este eterno proceso de evaporación, condensación y precipitación se denomina ciclo del agua (Fig. 10). El agua es evaporada desde las superficies libres de agua o desde el suelo, e incorporada a la atmósfera. Precisamente, la evaporación y transpiración (pérdidas de agua del suelo) y la precipitación (fuente de agua para el suelo) son dos elementos desencadenantes en el balance hídrico del suelo.

Se han documentado grandes diferencias en los volúmenes de agua transpirados entre especies. Las especies ruderales o arvenses, se caracterizan por sostener altas tasas de crecimiento, transpiración y fotosíntesis, son más tolerantes a la sequía y soportan mayores temperaturas que los cultivos, mientras que en las especies tolerantes a la sombra ocurre lo contrario (Asbjorsen *et al.*, 2011). Se conoce que el manzano, durante un período de 6 meses puede expulsar al aire 6.800 litros de agua (Cristiano, 2010). Otras especies arbóreas, por ejemplo, *Eucalyptus globulus* transpira 60 y 55 litros de agua al día, volúmenes 4 a 5 veces mayores que los transpirados por árboles de *Podocarpus falcatus* (palo amarillo, hojas de hoz) y *Cupressus lusitánica* (cedro), de igual altura y en las mismas condiciones ambientales (Valladares y Niinemets, 2008).

Se denomina capacidad de infiltración, a la cantidad máxima de agua que puede absorber un suelo en determinadas condiciones, valor que es variable en el tiempo en función de la humedad del suelo, el material que conforma al suelo, y la mayor o menor compactación que tiene el mismo (Fig. 10). Se define como escurrimiento superficial, al exceso de precipitación que se desplaza

sobre la superficie del terreno por gravedad, formando una red hidrográfica sobre el terreno, hacia un punto de salida del área de drenaje de la cuenca. Se define como cuenca a la superficie que colecta toda el agua de excesos de precipitación hacia un punto determinado del cauce, al que se refiere la cuenca.

A nivel regional, el índice de humedad de Thornthwaite (IHT) es un indicador útil de la oferta de agua de una zona en relación con la demanda de agua, en virtud de las condiciones climáticas imperantes. Respecto a la distribución espacial de este índice de humedad, se ha comprobado que se correlaciona con la distribución espacial de la vegetación, suelos y clima. El IHT, genera una clasificación que se basa en la consideración de la eficacia térmica (dada por la Evapotranspiración potencial o ETP) y de la humedad del suelo (expresada en índices de humedad y de aridez a partir de la confección de balances hídricos climáticos) y permite realizar una caracterización, desde una perspectiva geográfica, en base al clima, la capacidad de retención de agua de los suelos y la hidrología (Cristiano, 2010). En el noroeste de la provincia de Córdoba, en la isohieta de 500 mm anuales de precipitación, la ETP es de 1000 mm anuales, la temperatura promedio anual es de 19 °C y el déficit hídrico anual es de - 500 mm anuales. El déficit hídrico es el principal factor que afecta directamente la fotosíntesis y por ende la PPN del agroecosistema.

En general existen dos situaciones: $P > EVP$ ó $P < EVP$. Si la precipitación compensa a la evapotranspiración potencial, aparece un sobrante de agua que se dirige hacia el almacenamiento del suelo, aparece una variación de almacenamiento positiva. La otra alternativa es cuando la P no compensa a la EVP , entonces el modelo funciona abasteciendo agua del depósito (el suelo), hacia la evapotranspiración. Este reservorio tiene dos valores límites, 0 y almacenamiento máximo. La cantidad de agua almacenada en el suelo hasta su saturación depende de la profundidad radicular; con valores entre 50 y 300 mm. En el almacenamiento del suelo surgen dos alternativas: a) Cuando el reservorio llega a su capacidad máxima, el sobrante aparece en la superficie como exceso. Si la precipitación mensual es inferior a la evapotranspiración potencial mensual, el déficit de la precipitación es satisfecho por esa reserva. Si la reserva del suelo es insuficiente, la evapotranspiración real queda ligada a las precipitaciones, la reserva del suelo se agota y aparece el déficit (FAO, 2006).

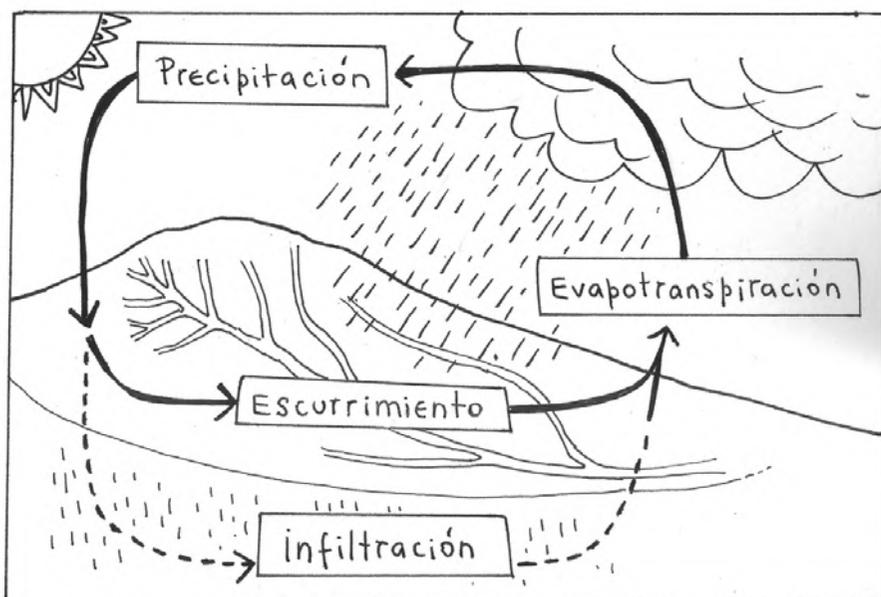


Fig. 10. Componentes del ciclo del agua en una microcuenca.

El estrés hídrico en la vegetación puede observarse principalmente mediante dos mecanismos. Por un lado, comúnmente se produce el acartuchamiento de las hojas o la marchites o senescencia temprana, generando en ambos casos una disminución en la superficie foliar expuesta a la luz y por consiguiente una reducción en la fracción de la radiación fotosintéticamente activa absorbida. La transpiración, ocurre desde las plantas cuando abren los estomas en la fotosíntesis. El segundo mecanismo, es la reducción en la utilización de los fotoasimilados para el crecimiento (Cristiano, 2010), es decir, la planta crece más lento o menos.

La escasez de agua es uno de los problemas que más afecta a los agricultores, no solo por la fuerte disminución de los rendimientos, sino también por la muerte de los árboles frutales, los cultivos y los pastos. Si bien en la mayoría de los casos, los agricultores siembran los cultivos según la distribución de las lluvias, para el caso de la agricultura de secano, la falta de agua durante los meses de invierno y la baja capacidad de retención de humedad de los suelos con pobre materia orgánica, hace muy difícil la producción durante varios meses. Durante los meses estivales el exceso de agua de lluvia se pierde por escurrimiento y muchas veces ocurre erosión del suelo. En la tabla 6 se detallan algunas prácticas que puede realizar los agricultores para resolver este problema.

Tabla n° 6. Detalle de prácticas de manejo para mejorar las condiciones hídricas del suelo

Lista de prácticas
Mantener la mayor cobertura de suelo posible para disminuir la erosión
Realizar bordos, terrazas, curvas de nivel para limitar el escurrimiento
Hacer zanjas de infiltración.
Agregar materia orgánica: usar abono orgánico, desparramar los rastrojos, cultivar e incorporar abonos verdes.
Usar eficientemente el agua: disminuir pérdidas por evaporación, usar mulch, media – sombra, recubrir aguas almacenadas.
Asociaciones de cultivos, policultivos, secuencias de huertas diversificadas.
Cortinas cortavientos y sistemas agroforestales.
Aumentar eficiencia de uso del agua por las plantas mediante diversas raíces en todo el perfil
Usar especies tolerantes a sequías
Zonificar la siembra según posibilidades de retención de agua en el suelo
Cultivar variedades rápidas y resistentes a la sequía.
Usar sistemas de riego eficientes, como riego por goteo (en cintas).
Sistemas artesanales, vasijas porosas, botellas desechables.
Sistemas de conducción de pvc enterradas.
Cosechar agua de la lluvia de vertientes y de pozos
Cosechas agua en cisternas mediante techos en V.

Una buena opción, es la acumulación del agua excedente de las lluvias o de la que provenga del sistema de regueras. Para ello es necesario construir estanques o represas. Otra alternativa es la que permite cosechar agua mediante el escurrimiento de agua de lluvia caída sobre los techos de las viviendas y conducido por canaletas hacia la cisterna de almacenamiento del agua.

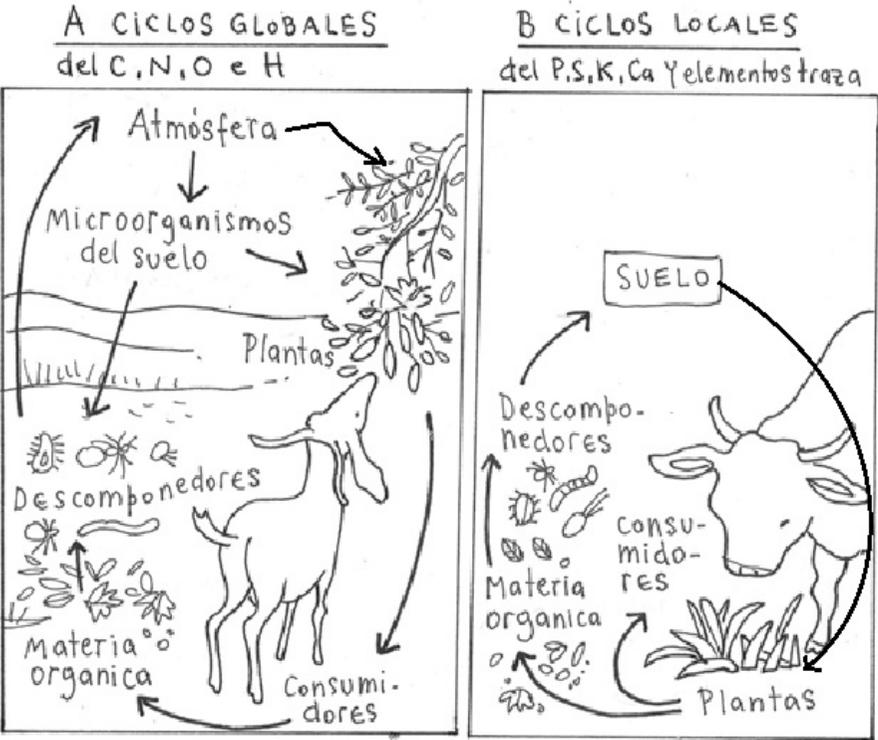
Ha tenido amplia difusión la construcción de cisternas de placas campesinas. Pueden construirse enterradas o semienterradas a base de arena, ripio, cemento, hierro, aditivo hidrófugo y agua. Las cisternas de placas se caracterizan por su bajo costo de construcción, debido a que no requieren ladrillos. Por ejemplo, para la construcción de una cisterna de 16 metros cúbicos, se necesitan cuatro metros cúbicos de arena, medio metro de ripio, 22 bolsas de cemento, 12 varillas de hierro del 8, dos del 6 y cuatro litros de aditivo hidrófugo para los revoques, 1.000 litros de agua buena para el proceso constructivo y tres días de trabajo.

En las minirepresas, se aprovechan las regueras que conducen el torrente de agua que escurre por las mismas. Se trata de la técnica de construcción más antigua de acumulación de agua. Básicamente, están elaboradas con un material lo suficientemente impermeable (arcilla, limo). La base arcillosa garantiza que el agua se estanque, se hace con taludes inclinados y en general, es posible acumular entre 80 y 150 m³ de agua.

El manejo del agua ayuda al éxito del diseño predial (forestación, producción frutal, parcelas hortícolas, producción animal, sistemas silvopastorales, manejo de cultivo como policultivos, asociaciones, rotación de cultivos). Las técnicas de mejoramiento de la calidad y cantidad de la materia orgánica del suelo junto con las prácticas de conservación de suelo (curva de nivel, bordos de retención, cubetas, zanjas de infiltración, terrazas de formación lenta), son básicas para conservar y acumular agua en el suelo.

Ciclo de nutrientes

Fig.



11. Ciclo de nutrientes gaseosos y locales.

Los nutrientes gaseosos circulan principalmente entre la atmósfera (Fig. 11, ciclos globales) y los organismos vivos. El ciclo consiste en la transformación del carbono (C), el nitrógeno (N) y oxígeno (O₂) provenientes de la atmósfera en gran parte de materia orgánica viva. Sin embargo, el único elemento que es tomado directamente desde la atmósfera por las plantas es el CO₂. El oxígeno que se transforma en materia orgánica viva viene del agua. La fijación de N requiere de la intermediación de bacterias. Siendo la constitución de la atmósfera terrestre la siguiente: nitrógeno (N₂) 78,083%; oxígeno (O₂) 20,945%; dióxido de carbono (CO₂) 0,035%, entre otros gases de menor importancia. La cantidad de CO₂ (principal responsable del efecto invernadero natural) en la atmósfera es controlado por el ciclo de carbono.

De forma mayoritaria, cuatro elementos - hidrógeno, carbono, nitrógeno y oxígeno - se permutan de incontables formas en las moléculas (ver algunos ejemplos en la Tabla n° 3) de la vida, aunque necesitan para ello de la contribución indispensable de tres elementos no metálicos, fósforo, azufre, y cloro, y de cuatro metales, sodio, potasio, magnesio y calcio, elementos que ejercen distintas funciones vitales que requieren su presencia en nuestro organismo en cantidades desde algunas decenas hasta cientos de gramos. Además de estos once elementos, hay otros seis, que se denominan elementos traza, que existen en proporciones de entre décimas hasta algunos gramos, y una decena más en concentraciones aún muy inferiores (Carmona Guzmán, 2013). De manera que alrededor de veintisiete elementos resultan suficientes para el sostenimiento de la vida (Fig. n° 12), de los cuales 23 elementos siguen ciclos locales (Fig. 11). Los nutrientes del suelo se absorben por las plantas, luego pasan a los animales cuando consumen las plantas, y se regresan al suelo como restos vegetales, excremento y también cuando el animal o las plantas mueren y se descomponen por la acción de hongos, bacterias y otros microorganismos. Estos nutrientes también pueden ser transportados por el aire y el agua.

H																	He																												
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne																												
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar																												
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr																												
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe																												
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn																												
Fr	Ra	Ac																																											
<table border="1"> <tr> <td>Ce</td><td>Pr</td><td>Nd</td><td>Pm</td><td>Sm</td><td>Eu</td><td>Gd</td><td>Tb</td><td>Dy</td><td>Ho</td><td>Er</td><td>Tm</td><td>Yb</td><td>Lu</td> </tr> <tr> <td>Th</td><td>Pa</td><td>U</td><td>Np</td><td>Pu</td><td>Am</td><td>Cm</td><td>Bk</td><td>Cf</td><td>Es</td><td>Fm</td><td>Md</td><td>No</td><td>Lr</td> </tr> </table>																		Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr
Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu																																
Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr																																

Fig. 12. Esquema de la tabla periódica de los elementos. Se resaltan los 27 elementos considerados para el sostenimiento para la vida (Carmona Guzmán, 2013).

Ciclo del carbono:

En el planeta Tierra, el carbono circula a través de los océanos, de la atmósfera y de la superficie y el interior terrestre en un gran ciclo biogeoquímico. Los reservorios son la atmósfera, la biosfera terrestre (seres vivos, sistemas de agua dulce y material orgánico no vivo, como el carbono del suelo), los océanos (carbono inorgánico disuelto) y los sedimentos (que incluyen los combustibles fósiles). Este ciclo puede ser dividido en dos: el ciclo lento o geológico y el ciclo rápido o biológico.

El carbono (C) es el cimiento mismo de la vida. Existe básicamente en forma de carbono orgánico (presente en los organismos vivos y en la materia orgánica muerta), inorgánico (presente en las rocas) y gaseoso en la atmósfera (CO₂). La fotosíntesis y la respiración intervienen en el ciclo rápido del carbono. El CO₂ estimula el crecimiento de las plantas, pues proporciona, junto con el agua, los materiales básicos necesarios para la fotosíntesis.

Los procesos de emisión y absorción de CO₂ están organizados por componentes del ecosistema: 1- Biomasa: de la planta, incluyendo las partes subterráneas y aéreas, como ya dijimos es el principal conducto para la absorción de CO₂ procedente de la atmósfera. 2 - Materia orgánica muerta: la mayor

parte de la producción de biomasa contenida en el material vivo de la planta, que se transfiere finalmente a las reservas de materia orgánica muerta (MOM) (i.e. madera muerta y hojarasca). 3- Suelos: cuando la materia orgánica muerta se fragmenta y descompone, se transforma en materia orgánica del suelo. Adicionalmente, los suelos pueden ser abonados y modificados. 4- Ganado: los sistemas de producción animal, en concreto, aquellos en los que hay animales rumiantes pueden ser fuentes significativas de guano con alta calidad de descomponedores, pero también pueden contribuir con emisiones de gases como el metano (CH_4) para el efecto invernadero. 5- Invertebrados y microorganismos y otros seres vivos.

El sector agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra AFOLU (Agriculture, Forestry and Other Land Use, términos en inglés) se ocupa de las emisiones y absorciones antropogénicas de GEI, definidas como todas las emisiones y absorciones que ocurren en las “tierras gestionadas” y que están asociadas con el uso de la tierra, incluidas la agricultura y la cría animal (IPCC, 2006).

En los sistemas agrícolas las fuentes/sumideros de las emisiones están categorizadas como:

1. Uso de la tierra. Cada uso de la tierra se subdivide en tierras que permanecen en la misma categoría (por ejemplo, tierras forestales que permanecen como tales) y tierras convertidas de una categoría a otra (por ejemplo, tierras forestales convertidas en tierras de cultivo).
2. Las prácticas agrícolas que aceleran la circulación del carbono son: **a-** Fermentación entérica. Es el proceso de fermentación que produce metano como un derivado del proceso digestivo normal del ganado, en el que los microorganismos residentes en el sistema digestivo del animal fermentan el alimento que éste ha consumido. **b-** Gestión del estiércol. El estiércol del ganado está compuesto principalmente de materia orgánica y agua. Bajo condiciones anaeróbicas, se descompone por las bacterias anaeróbicas. Los productos finales de la descomposición anaeróbica son metano, dióxido de carbono y materia orgánica estabilizada. La producción de metano del ganado depende de la composición específica del estiércol, que, a su vez, depende de la composición y digestibilidad de la dieta del animal. **c-** Quema de biomasa viva y muerta. **d-** Suelos agrícolas. Abarca las emisiones directas e indirectas. La intensificación en la roturación acelera la oxidación de la materia orgánica. **e-** La alcalinización se utiliza para reducir la acidez del suelo. Al añadir carbonatos a los suelos en forma de cal (p.ej. carbonato cálcico (CaCO_3), o dolomita ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$), se

producen emisiones de CO_2 cuando los carbonatos cálcicos se disuelven y liberan bicarbonato (2HCO_3^-), que se convierte en CO_2 y agua (H_2O). Añadir urea a los suelos durante la fertilización conlleva a una pérdida del CO_2 . La urea ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$) se convierte en amonio (NH_4^+), un ion hidroxilo (OH^-), y en bicarbonato (HCO_3^-), en la presencia de agua y enzimas de tipo ureasa. El bicarbonato que se forma se convierte en CO_2 y agua. f- La descomposición anaeróbica de la materia orgánica en los arrozales inundados produce metano. La cantidad emitida es dada en función del número y duración de las cosechas, el tipo de suelo y temperatura, el método de riego, y el uso de fertilizante.

Ciclo del nitrógeno:

El nitrógeno, es un gas que está en la atmósfera no combinado con otros elementos, y se forma por procesos físico-químicos y biológicos en la biosfera. Las plantas no pueden extraer el nitrógeno directamente del aire y lo obtienen del suelo en forma de nitratos, nitritos y amonios. Todos los seres vivos necesitan el nitrógeno para la formación de aminoácidos en las proteínas, y para la síntesis de estas. Forma parte esencial de los ácidos nucleicos, la clorofila y varias moléculas orgánicas importantes (las amidas, hormonas auxinas y citoquininas, nucleótidos, vitaminas, alcaloides). Por su parte, las plantas requieren nitrógeno para crecer y producir semillas. El nitrógeno es imprescindible para que células animales y vegetales funcionen correctamente. Las plantas lo toman del suelo en forma de ion nitrato (NO_3^-) o de ion amonio (NH_4^+) que se concentran en la rizósfera. La captación de nitrógeno es un proceso que requiere un consumo de energía (por ello es dependiente de la respiración). En consecuencia en invierno frío y en suelos mal aireados, los vegetales presentan caracteres de deficiencia de nitrógeno (Larcher, 1977).

Cuando no existen limitaciones hídricas, el nivel de nitrógeno (N) es el factor controlador más importante de la tasa de acumulación de biomasa. Cuando las plantas crecen con el acceso limitado a algún nutriente como el N, se produce una reducción del crecimiento y se desarrollan síntomas específicos de deficiencia, como el aumento de la asignación de los compuestos fotoasimilados a las raíces y una disminución en tallos y hojas. Con el tiempo, la cantidad de biomasa aérea o área foliar por unidad de masa radicular, se reduce en comparación a una planta del mismo tamaño pero que creció en condiciones nutricionales favorables. Uno de los principales indicadores de la fertilidad del suelo corresponde a los contenidos de materia orgánica muerta

(MOM) presente, ya que la disponibilidad de nitrógeno depende directamente de ella. No es menor considerar otros factores que influyen ya que, por ejemplo, un suelo fértil pero con temperaturas extremas o precipitaciones escasas, no es capaz de sostener una alta productividad por lo cual resultaría un suelo fértil pero no productivo (Cristiano, 2010).

El N ingresa desde el aire al suelo mediante dos caminos: entrada abiótica y fijación biótica. Por el contrario, en la desnitrificación, las bacterias convierten los nitratos del suelo en nitrógeno gaseoso, que se eleva y vuelve a la atmósfera (como en el caso de suelos inundados).

La entrada abiótica consiste en procesos químicos espontáneos, en los cuales se forman óxidos como consecuencia de la combustión de compuestos orgánicos. Una forma de fijación abiótica se produce mediante descargas eléctricas de las tormentas, o mediante la oxidación producida por los rayos, que forman óxidos de nitrógeno (representa menos del 0.03 % de los ingresos al agroecosistema). Aunque, el ser humano también ha conseguido fijar el nitrógeno atmosférico de forma abiótica (Calvo García, 2011). Los óxidos de nitrógeno son una mezcla de gases compuestos de nitrógeno y oxígeno. El monóxido de nitrógeno y el dióxido de nitrógeno constituyen dos de los óxidos de nitrógeno más importantes toxicológicamente. Los óxidos de nitrógeno son liberados al aire desde el escape de vehículos motorizados, de la combustión del carbón, petróleo, o gas natural, y durante procesos tales como la soldadura al arco, galvanoplastia, grabado de metales y detonación de dinamita. También son producidos comercialmente al hacer reaccionar el ácido nítrico con metales o con celulosa. Los óxidos de nitrógeno son degradados rápidamente en la atmósfera al reaccionar con otras sustancias comúnmente presentes en el aire. La reacción del dióxido de nitrógeno con sustancias químicas producidas por la luz solar, lleva a la formación de ácido nítrico, el principal constituyente de la lluvia ácida. El dióxido de nitrógeno reacciona con la luz solar, lo cual lleva a la formación de ozono y *smog* en el aire que respiramos (Garcés Giraldo y Hernández Ángel, 2004).

La fijación biótica la realizan los microorganismos fijadores de nitrógeno, de vida libre o asociados con las raíces de las plantas. Los de vida libre abarcan una gama morfológica que va desde los organismos unicelulares como las bacterias y algunas cianobacterias, hasta multicelulares como las cianobacterias filamentosas y los actinomicetes, que habitan diferentes ambientes, incluyendo los extremos, procarióticos y eucariotes. Estas asociaciones ocurren mayormente en la rizósfera de las plantas.

Las bacterias de tipo simbiótico, se da en briófitas (musgos, hepáticas), helechos (*Azolla*), gimnospermas (cicadas) y angiospermas (leguminosas) y

en zonas de la planta que incluyen la raíz, el tallo y las hojas (Mayz-Figueroa, 2004). Las bacterias *Rhizobium* viven en nódulos de las raíces de las leguminosas. A cambio, obtienen carbohidratos de las plantas para obtener energía, y cuando mueren, el nitrógeno de su cuerpo vuelve al suelo en forma de amonio, que también puede ser absorbido.

La simbiosis formada por la bacteria *Frankia* y el nódulo radical de la planta, se conoce con el término de actinorriza. Se han descrito en la actualidad alrededor de 200 especies de angiospermas, distribuidas en ocho familias botánicas y 25 géneros que tienen simbiosis con *Frankia*. Estas familias son: Betulaceae (un género: *Alnus*), Casuarinaceae (4), Coriariaceae (1), Dasticeae (1), Elaeagnaceae (3), Myricaceae (2), Rhamnaceae (7) y Rosaceae (6). Existen plantas actinorrizas en todos los continentes, excepto en la Antártida, que son portadoras de nódulos radicales fijadores de N₂ formados por *Frankia*. Este hecho muestra una de las grandes diferencias que existen entre *Frankia* y la bacteria simbiótica fijadora de N₂, *Rhizobium*, cuyos géneros hospederos pertenecen en su mayoría a la familia de las leguminosas (Molina et al., 2006). Como consecuencia, estas plantas son capaces de crecer en suelos pobres e intervenidos, siendo útiles en la recuperación de suelos y reforestación (Mayz-Figueroa, 2004). La simbiosis Atriplex-*Frankia* fue demostrada en hábitats de suelos de regiones áridas de salinas en Córdoba. Es decir, Actinomycetes del género *Frankia* son infectivos sobre su hospedante natural *Atriplex* aff. *Cordobensis*, tolerante a elevados contenidos de sal en el suelo (Caucas y Oliva, 1990).

Los organismos descomponedores, trabajan sobre los residuos orgánicos y así el nitrógeno vuelve al suelo. Algunas bacterias y hongos, descomponen el cuerpo de animales y plantas muertos y los productos de desecho, son iones de amonio y nitritos, que luego son absorbidos por las plantas. Las bacterias participan en la amonificación gracias a unas enzimas que convierten el nitrógeno gaseoso en iones de amonio, los cuales se unen a las partículas del suelo. En la nitrificación las bacterias nitrificantes pueden liberar el amonio que está en el suelo. Convierten los iones de amonio en iones nitritos; también, pueden ser convertidos en iones nitratos.

Es común que ocurran cambios en la biomasa total y en la productividad primaria neta aérea en sitios pastoreados con respecto a los no pastoreados. En general, el pastoreo produce una reducción de la biomasa total con respecto al sitio excluido, pero la biomasa viva (verde) es significativamente mayor, es decir el pastoreo incentiva el rebrote en la plantas con esa capacidad, por ende incentiva la circulación de los nutrientes. También, es posible que la biomasa

y la productividad primaria neta aérea sean superiores en sitios donde se alternan tiempos de exclusión (descansos), con cargas moderadas de pastoreo con especies rumiantes domésticas, donde es posible producir con mayor diversidad de pasturas o incentivar la biodiversidad del pastizal natural.

El uso intensivo del pastoreo o concentración en áreas pequeñas, produce cambios en la concentración de N: El pastoreo produce un incremento en la concentración de nitrógeno de la biomasa aérea pero también intensifica la redistribución heterogénea de los nutrientes y por ende de la fertilidad. El reaprovechamiento de la materia orgánica (rastrojo, guano) implica la fertilización orgánica con el aporte de guano de animales menores y mayores desde sectores más ricos en cantidad, hacia sectores más alejados de los lugares de concentración de animales en los potreros.

Ciclo del oxígeno

El ciclo del oxígeno al igual que el ciclo del carbono y el ciclo del nitrógeno, es un ciclo gaseoso; esto significa que el oxígeno está depositado principalmente en la atmósfera y no en la corteza terrestre, y es utilizado directamente desde ella, sin estar combinado con algún otro elemento. Las plantas producen oxígeno durante la fotosíntesis, que se libera a la atmósfera. Los animales, los seres humanos y demás seres vivos heterótrofos que respiran obtienen oxígeno y este pasa a su cuerpo donde es llevado a las células y tejidos para que estos puedan funcionar. Una vez que ha sido utilizado, regresa al aire como desecho de la respiración en forma de dióxido de carbono (CO_2), la unión del carbono con el O. El oxígeno también es imprescindible para que la combustión y otras reacciones químicas y biológicas puedan realizarse. Aunque, las plantas consumen cierta cantidad de oxígeno de noche, son eminentemente productoras. Para ellas, absorber dióxido de carbono es completamente necesario para comenzar su fotosíntesis y originar oxígeno como subproducto de la hidrólisis del agua.

La fertilidad en la agricultura ecológica.

En la agricultura agroecológica, el mantenimiento de la fertilidad de los suelos se realiza con el aporte creciente de la cantidad de materia orgánica en los mismos. La materia orgánica muerta (MOM) en el suelo, es el alimento de

tramas tróficas de organismos (ver capítulo 4) que la degradan y dejan disponibles los nutrientes libres que luego son absorbidos por las plantas.

También la MOM contribuye a mejorar la estructura del suelo. Un suelo poroso y aireado, facilita la penetración de las raíces, el almacenamiento del agua y el equilibrio en las condiciones químicas y físicas del mismo. La capacidad de intercambio catiónico de los suelos (CIC) o de retención de nutrientes, depende de la textura (proporción de arcilla) y del contenido de materia orgánica. Por lo general, el inadecuado manejo actual de los suelos, genera la disminución del contenido de materia orgánica, determinándose valores cercanos al 1 – 1,5 %, por lo que la capacidad de retener los nutrientes libres pasa a depender de la composición textural del suelo.

La materia orgánica aporta a la fertilidad a corto plazo y también, a la fertilidad de largo plazo, con la acumulación en el suelo en formas de materia orgánica más estables y menos degradables, como por ejemplo, el humus. El humus aumenta la capacidad de cambio catiónico del suelo, aumenta el poder búfer y regula el PH, es decir, reduce la salinidad o la acidez, proporciona sustancias como fenoles que contribuyen a la respiración de la planta, la mayor absorción de fósforo y reduce los patógenos del suelo. Absorbe y retiene minerales del suelo por lo tanto, evita la pérdida de los mismos. La materia orgánica reacciona con el fósforo insoluble liberando ácido fosfórico. Ayuda a solubilizar minerales del suelo y fundamentalmente asiste el desarrollo de la vida del suelo. También, incrementa la retención de agua, adsorbe compuestos tóxicos que llegan, amortigua los cambios bruscos en la temperatura del suelo y estimula el crecimiento y desarrollo vegetal. Una vida activa en el suelo ayuda a la nutrición de la planta, suministrando sustratos de alta fertilidad (lombrices), aumentando la capacidad de explorar el suelo por las raíces o ayudando a tomar nutrientes no disponibles para las plantas (micorrizas), solubilizando nutrientes (diferentes bacterias), produciendo fitohormonas, vitaminas e inclusive antibióticos que son tomados por las plantas (bacterias, hongos actinomicetos) (Primavesi, 1984).

La fertilidad a largo plazo necesita del aporte constante de materia orgánica de lenta degradación. La fermentación microbiana de la celulosa permite la formación de la estructura en agregados de los suelos. La materia orgánica de lenta degradación crea el humus que es la fertilidad a largo plazo (compost producido con materiales resistentes). La tasa de degradación en estiércoles de corrales secos es muy baja porque han sufrido un proceso de degradación y lixiviación de elementos móviles como el nitrógeno y están dominados por elementos resistentes como las fibras. Las gramíneas en estado de senescencia,

la paja, el resto de podas leñosa y otras, se descomponen más lentamente y permanecen degradándose por muchos años en el suelo.

La materia orgánica que tiene una alta tasa de degradación aporta rápidamente nutrientes a las plantas. Las leguminosas y las plantas tiernas se descomponen rápidamente, al igual que los abonos orgánicos con alto contenido de nitrógeno y bajo contenido en fibra. Así, fuentes de materia orgánica de alta degradación como estiércol de gallina y cerdo, seguramente aportarán a las plantas mucho nitrógeno. También, potenciar la fijación de nitrógeno al máximo con el uso de las leguminosas tanto en la rotación como intercalada en los cultivos.

Si bien en los capítulos 4 y 5 se verán muchas estrategias de manejo se adelantan algunas recomendaciones: dejar los residuos de cosecha sobre el suelo; emplear rotaciones de cultivos donde se alternen plantas fijadoras (leguminosas) o movilizadoras de nutrientes (gramíneas, crucíferas), con otras de más requerimientos; promover la máxima cobertura vegetal de cultivos y de plantas de crecimiento espontáneo (“malezas”) productoras de materia orgánica, fijadoras, movilizadoras de nutrientes y que evitan las pérdidas de suelo.

La actividad de la horticultura puede conservar los nutrientes en el suelo porque produce, en la mayoría de los casos, mucho residuo orgánico en el suelo. La diferencia de manejo ocurre entre los cultivos hortícolas intensivos y los semiintensivos que determinan un cambio en la reposición de nutrientes y, con ello, en la conservación de los mismos en el suelo. Por un lado, las producciones más intensivas, que se realizan cerca de los centros urbanos son las que generan mayores excedentes de nutrientes (Abbona, 2017). También, en estos sistemas existe el riesgo de contaminación de los acuíferos por el lixiviado, principalmente de nitratos si se utilizan fertilizantes inorgánicos (Auge, 2006). También hay que tener cuidado con el uso de guanos frescos no estabilizados, que pueden tener efectos similares.

DIVERSIDAD EN EL AGROECOSISTEMA

Un agroecosistema, es un sistema funcional de relaciones agregadas entre organismos vivos y su ambiente físico, limitado arbitrariamente en el espacio y el tiempo, que pueden mantener, a través de un buen manejo, un equilibrio dinámico gracias al funcionamiento: flujo de energía y ciclo de nutrientes. Naturalmente, un ecosistema diversificado es relativamente estable, auto organizado, se recupera después de las perturbaciones, se adapta al cambio y puede mantener una productividad biológica elevada. Si expandimos este concepto a los agroecosistemas, tenemos que mirar los sistemas tradicionales ya que estos son los que más imitan los procesos naturales y son resilientes. Tienen una productividad estable (también en el rendimiento económico), ya que se sostienen por un complejo conjunto de interacciones dados por una variedad de vida o biodiversidad, física, química, y cultural.

En cambio, los sistemas productivos de monocultivo (agricultura industrial) promueven una alta uniformidad, tanto a escala de predio como de paisaje. Se siembran lotes con una sola especie, genéticamente homogénea, en grandes superficies, durante una estación de crecimiento, y gran parte del año el suelo está desnudo o con barbecho químico (todas las plantas fueron matadas con herbicidas), es improductivo y casi muerto.

La biodiversidad comprende varios niveles de organización biológica (genes, especie, población, comunidad, ecosistema y paisaje). La diversidad biológica agrícola o agrobiodiversidad alcanza a: “todos los componentes de la diversidad biológica que constituyen el ecosistema agrícola, las variedades y variabilidad de animales, plantas y microorganismos a nivel genético, de especies y de ecosistemas, necesarios para mantener las funciones principales de los agroecosistemas, su estructura y procesos”(UNEP, 2000).

En un sentido amplio del término, el Convenio sobre Diversidad Biológica reconoce los siguientes componentes de la agrobiodiversidad (UNEP, 2000): (1) Recursos genéticos vegetales, animales, microbianos y fúngicos. Incluye los recursos genéticos de las especies cultivadas y domesticadas, los recursos genéticos de las plantas y animales silvestres controlados, así como

variedades silvestres similares de especies cultivadas y domesticadas. (2) Una amplia gama de organismos necesarios para sustentar la estructura, y procesos clave del agroecosistema. Estos organismos intervienen en los siguientes servicios ecológicos: A- Ciclo de los nutrientes, descomposición de la materia orgánica y mantenimiento de la fertilidad de los suelos. B- Regulación de plagas y enfermedades. C- Polinización. D- Mantenimiento de la fauna y la flora silvestre y los hábitats locales. E- Mantenimiento del ciclo hidrológico. F- Control de la erosión. G- Regulación del clima y absorción del carbono. (3) Los factores abióticos que tienen efecto sobre la diversidad agrícola. (4) Las dimensiones socioeconómicas y culturales que determinan las actividades agrícolas.

En el manejo sustentable desde el enfoque agroecológico, es necesario potenciar los procesos ecológicos de los agroecosistemas mediante la estimulación de la biodiversidad del mismo (Fig. 13). Se reconoce la utilidad de analizar el concepto de biodiversidad funcional para abordar la dimensión ecológico-productiva de la sustentabilidad.

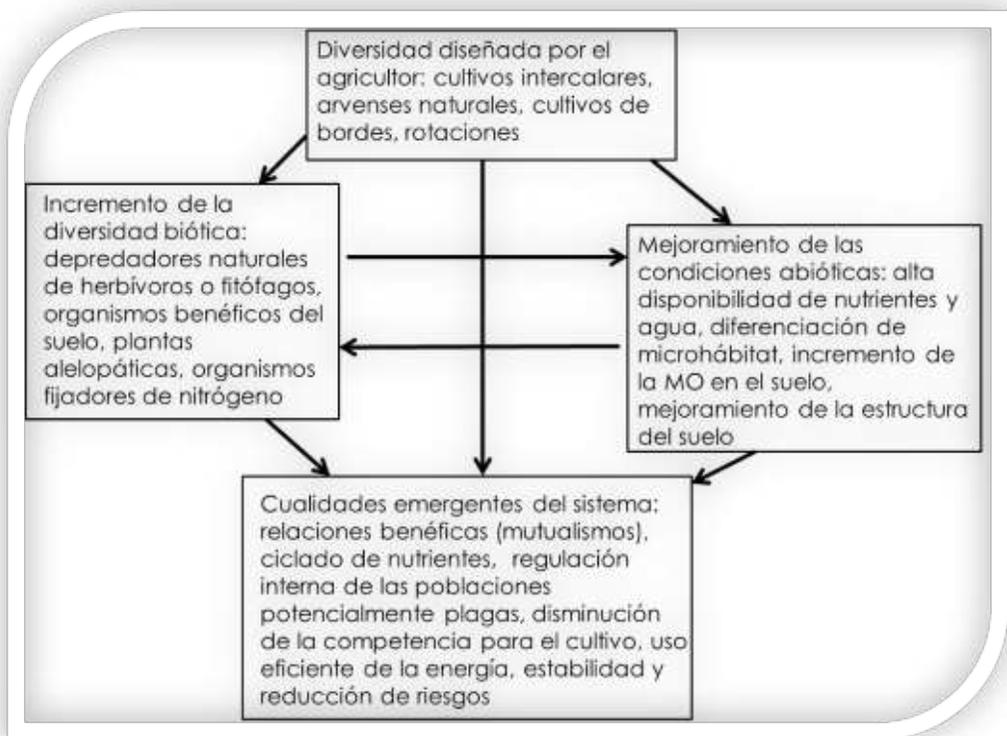


Fig. 13. Dinámica ecológica en agroecosistemas diversificados (Gliessman, 2002).

La clave es identificar el tipo de biodiversidad que se desea mantener y fomentar para llevar a cabo los servicios ecológicos, y luego determinar las mejores prácticas que favorezcan a los componentes de la biodiversidad deseados (Fig. 14). Hay muchas prácticas y diseños agrícolas que tienen el potencial de estimular las funciones de la biodiversidad, y otras que las afectan negativamente. La idea es aplicar las mejores prácticas de manejo para favorecer o regenerar el tipo de biodiversidad que puede contribuir a la sostenibilidad del agroecosistema, proporcionando servicios ecológicos tales como control biológico de insectos fitófagos, reciclado de nutrientes, conservación de agua y suelo, incremento de la productividad y estabilidad.

La biodiversidad puede evaluarse en base a la metodología de indicadores de sustentabilidad (Sarandón et al., 2014), pues permite valorar aspectos complejos mediante su simplificación. Para la construcción de los indicadores es necesario “desarmar” el concepto de biodiversidad (Fig. 14) según las dimensiones propuestas por Gliessman (2002) (genética, específica, vertical, horizontal, estructural, temporal y funcional), pensando dentro de cada dimensión cuales son los aspectos del diseño y manejo de un agroecosistema que las influyen positivamente.

Así, la diversidad genética es el grado de variabilidad de información genética en el sistema (intra e inter específica): variedades, híbridos, clones, etc. La diversidad específica, es el número de especies presentes en el sistema. La diversidad vertical, es el número de estratos vegetales o niveles de altura, aunque también la arquitectura de los cultivos. La diversidad horizontal, está representada por los patrones de distribución espacial de los organismos y/o cultivos. La diversidad estructural u organizacional, es el número de hábitats, nichos, papeles tróficos determinantes de la estructura del sistema. La diversidad temporal, es el grado de heterogeneidad en el tiempo: rotaciones, sucesiones de cultivos. La diversidad funcional (Fig. 14), es la complejidad de interacciones, flujo de energía y ciclado de materia entre los componentes del sistema (Gliessman, 2002). Todos estos aspectos de biodiversidad serán abordados en los capítulos 3, 4 y 5.

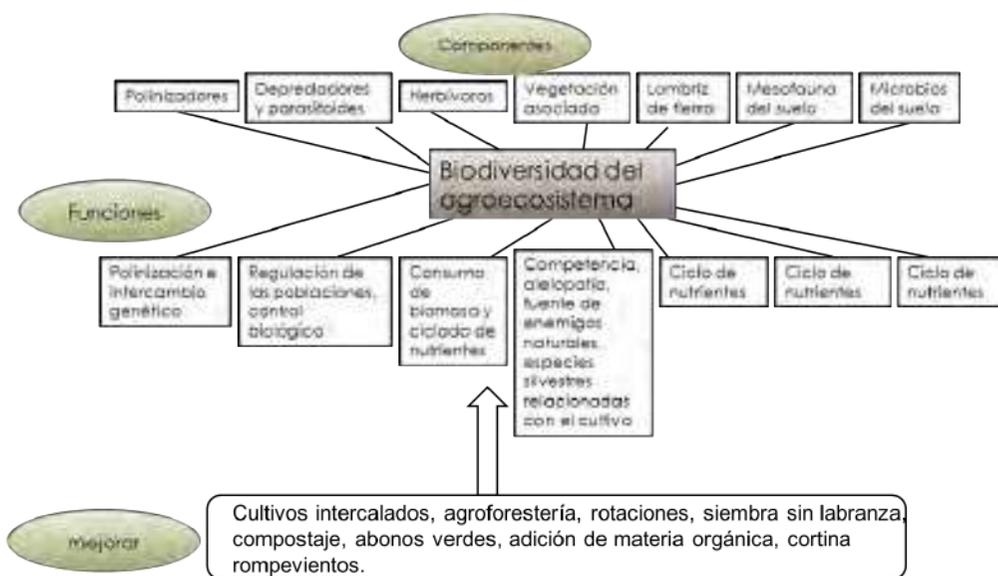


Fig. 14. Esquema simplificado de componentes, funciones y estrategias de mejoramiento de la biodiversidad funcional en agroecosistemas (Altieri y Nicholls, 2009).

La ingeniería agroecológica consiste en contribuir a conectar los componentes del agroecosistema (cultivos, animales, árboles, suelos, etc.), de manera que las interacciones temporales y espaciales entre todos se traduzcan en rendimientos a cosechar. Es decir, con el manejo y el diseño se interviene en la regulación interna: ciclo de nutrientes, proceso de descomposición de la materia orgánica muerta, relaciones tróficas que permiten el flujo de energía, competencia e interferencias entre plantas, interacciones mutualistas que en conjunto resultan en sinergias que permiten el equilibrio ecológico y la mayor productividad (Tabla n° 7).

Tabla n° 7. Integración y sinergias en los agroecosistemas (Altieri y Nicholls, 2000)

1. Niveles de integración y diversificación en agroecosistemas
· Mezcla de cultivos anuales (policultivos y rotaciones)
· Incorporación de árboles frutales o forestales (sistemas agroforestales)
· Incorporación de animales (ganado mixto, mezclas cultivo-ganado, etc.)
· Integración de piscicultura (estanques de peces, etc.)
· Incorporación de vegetación de apoyo (abono verde, mulch, plantas medicinales, etc.)
· Incorporación de diversidad genética (multilíneas, mezclas de variedades o razas, etc.)

2. Complementariedades en agroecosistemas

- Exploración por raíces de diferentes profundidades en el perfil del suelo
- Utilización diferencial de nutrientes y humedad
- Utilización diferencial de intensidades de luz y humedad del aire
- Adaptabilidad diferencial a heterogeneidad edáfica y microclimática
- Susceptibilidad o tolerancia diferencial a plagas, enfermedades y malezas.

3. Sinergias en agroecosistemas

- Creación de microclimas favorables o desfavorables
- Producción de sustancias químicas para estimular componentes deseados y suprimir componentes indeseables (sustancias aleloquímicas, repelentes, etc.)
- Producción y movilización de nutrientes (micorrizas, fijación de nitrógeno, etc.)
- Producción de biomasa para alimento, abono verde o mulch
- Raíces profundas que recuperan y reciclan nutrientes
- Provisión de cobertura de suelo para conservación de suelo y agua
- Promoción de insectos benéficos y antagonistas mediante adición de diversidad y materia orgánica
- Promoción de biología del suelo por adición de materia orgánica y excreciones radiculares.

Diversidad de genética y de especies cultivadas

Como ya fue expresado, la biodiversidad es el componente principal para la autorregulación de los agroecosistemas y el aumento de la diversidad vegetal en el espacio y el tiempo (Capítulo 5), es una vía para restaurar servicios ecológicos necesarios en la producción. La agricultura familiar contribuye a mantener la diversidad biológica y variedades locales adaptadas al medio en sus predios, tanto en la vegetación espontánea, como en la cultivada, con un manejo de base ecológica (Fernández y Marasas, 2015). Un ejemplo de esta agrobiodiversidad lo constituye la información surgida del trabajo de etnobotánica de Pochettino y colaboradores (2014). Se puso en evidencia que en las proximidades de la ciudad de La Plata se encuentra un área productiva de relevancia, llamada cinturón hortícola platense, ubicada en el sector periurbano del área metropolitana, zona transición entre los sectores netamente urbanos y rurales, con límites móviles según los ritmos de la urbanización, donde la agrobiodiversidad es altamente manifiesta (Tabla n° 8).

Tabla n° 8. Diversidad de especies cultivadas herbáceas y leñosas en huertos familiares (0,25-0,5 ha) con 80 cultivares pertenecientes a 27 familias botánicas y en huertos comerciales (4-10 ha) de 87 cultivares pertenecientes a 14 familias botánicas (Pochettino et al., 2014).

Familias/Cultivares
Actinidiaceae
<i>Actinidia chinensis</i> Planch. var. <i>deliciosa</i> (A. Chev.) A. Chev., “kiwi”
Alliaceae
<i>Allium ampeloprasum</i> L. var. <i>ampeloprasum</i> , “puerro”
<i>Allium ampeloprasum</i> L. ‘Puerro francés de Caterá’
<i>Allium cepa</i> L. var. <i>cepa</i> , “cebolla”
<i>Allium cepa</i> L. ‘Cebolla balanceana’
<i>Allium cepa</i> L. ‘Cebolla blanca balanciana’
<i>Allium cepa</i> L. ‘Cebolla colorada’
<i>Allium cepa</i> L. ‘Cebolla morada’
<i>Allium cepa</i> L. ‘Cebolla de verdeo’
<i>Allium cepa</i> L. ‘Cebolla de verdeo morada’
<i>Allium fistulosum</i> L., “cebolla de verdeo”
<i>Allium sativum</i> L., “ajo”
<i>Allium schoenoprasum</i> L., “ciboulette”, “cebollín”
<i>Allium tuberosum</i> Rottler ex Spreng., “puerro japonés”, “puerro chino”
Amaranthaceae
<i>Beta vulgaris</i> L. var. <i>cicla</i> L., “acelga”
<i>Beta vulgaris</i> L. var. <i>vulgaris</i> , “remolacha”
<i>Spinacia oleracea</i> L. var. <i>oleracea</i> , “espinaca”
Anacardiaceae
<i>Mangifera indica</i> L., “mango”
Apiaceae
<i>Apium graveolens</i> L., “apio”
<i>Coriandrum sativum</i> L., “cilantro”
<i>Daucus carota</i> L. subsp. <i>sativus</i> (Hoffm.) Schübl. & G. Martens, “zanahoria”
<i>Foeniculum vulgare</i> Mill. var. <i>vulgare</i> , “hinojo”
<i>Foeniculum vulgare</i> Mill. ‘Hinojo híbrido’
<i>Foeniculum vulgare</i> Mill. ‘Hinojo platense’
<i>Petroselinum crispum</i> (Mill.) Fuss., “perejil”

Araliaceae
<i>Tetrapanax papyrifera</i> (Hook.) K. Koch, “ambay”
Asteraceae
<i>Artemisia absinthium</i> L., “ajenjo”
<i>Calendula officinalis</i> L., “caléndula”
<i>Cichorium endivia</i> L., “endivia”
<i>Cichorium intybus</i> L., “achicoria”
<i>Cynara cardunculus</i> L. ‘Alcaucil francés’
<i>Cynara cardunculus</i> L. ‘Alcaucil violeta’
<i>Cynara cardunculus</i> L. ‘Cardo’
<i>Helianthus annuus</i> L., “girasol”
<i>Lactuca sativa</i> L., “lechuga”
<i>Sonchus oleraceus</i> L., “cardela”
Brassicaceae
<i>Brassica napus</i> L. ‘Grilo’
<i>Brassica napus</i> L. ‘Grilo nabo’
<i>Brassica napus</i> L. ‘Grilo salvaje’
<i>Brassica napus</i> L. ‘Nabiza’
<i>Brassica oleracea</i> L. var. capitata L., “repollo”
<i>Brassica oleracea</i> L. var. italica Plenck, “brócoli”
<i>Brassica rapa</i> L. var. rapa, “nabo”
<i>Eruca vesicaria</i> (L) Cav., “rúcula”
<i>Raphanus sativus</i> L. var. longipinnatus L. H. Bailey, “nabo japonés”
<i>Raphanus sativus</i> L. var. sativus, “rabanito”
Caricaceae
<i>Carica papaya</i> L., “mamón”
Convolvulaceae
<i>Ipomoea batatas</i> (L.) Lam., ‘batata’
Cucurbitaceae
<i>Citrullus lanatus</i> (Thunb.) Matsum. & Nakai ‘Sandía roja’
<i>Citrullus lanatus</i> (Thunb.) Matsum. & Nakai ‘Sandía amarilla’
<i>Cucumis melo</i> L. subsp. melo, “melón”
<i>Cucumis melo</i> L. ‘Melón amarillo’
<i>Cucumis sativus</i> L., “pepino”

<i>Cucurbita ficifolia</i> Bouché, “cayote”
<i>Cucurbita maxima</i> Duchesne subsp. maxima ‘Zapallo criollo’
<i>Cucurbita maxima</i> Duchesne subsp. maxima ‘Zapallo hongo’
<i>Cucurbita maxima</i> Duchesne subsp. maxima ‘Zapallo plomo’
<i>Cucurbita maxima</i> Duchesne var. zapallito (Carrière) Millan, “zapallito”
<i>Cucurbita pepo</i> L., ‘Anco’
<i>Cucurbita pepo</i> L. ‘Angolita’
<i>Cucurbita pepo</i> L. ‘Zucchini verde redondo’
<i>Lagenaria siceraria</i> (Molina) Standl., “mate”
<i>Sechium edule</i> (Jacq.) Sw., “papa del aire”
Ebenaceae
<i>Diospyros kaki</i> Thunb., “caqui”
Juglandaceae
<i>Carya illinoensis</i> (Wangenh.) K. Koch, “pecán”
Lamiaceae
<i>Lavandula angustifolia</i> Mill., “lavanda”
<i>Melissa officinalis</i> L., “melisa”
<i>Mentha spicata</i> L., “menta”
<i>Ocimum basilicum</i> L., “albahaca”
<i>Origanum vulgare</i> L., “orégano”
<i>Rosmarinus officinalis</i> L., “romero”
<i>Salvia officinalis</i> L., “salvia”
<i>Thymus vulgaris</i> L., “tomillo”
Lauraceae
<i>Laurus nobilis</i> L., “laurel”
<i>Persea americana</i> Mill., “palta”
Leguminosae
<i>Arachis hipogaea</i> L. ‘Maní colorado’
<i>Lablab purpureus</i> (L.) Sweet, “poroto japonés”
<i>Phaseolus lunatus</i> L., “poroto de manteca”
<i>Phaseolus vulgaris</i> L. var. vulgaris, “poroto”
<i>Phaseolus vulgaris</i> L. ‘Chaucha’
<i>Phaseolus vulgaris</i> L. ‘Chaucha Cronos’
<i>Phaseolus vulgaris</i> L. ‘Chaucha fina’

<i>Phaseolus vulgaris</i> L. ‘Chaucha larga’
<i>Phaseolus vulgaris</i> L. ‘Poroto lengua de dragón’
<i>Pisum sativum</i> L., “arveja”
<i>Vicia faba</i> L., “haba”
Lythraceae
<i>Punica granatum</i> L., “granada”
Moraceae
<i>Ficus carica</i> L., “higo”
Musaceae
<i>Musa paradisiaca</i> L., “banana”
Myrtaceae
<i>Eucalyptus cinerea</i> F. Moell. ex Benth., “eucalipto”
Oleaceae
<i>Olea europea</i> L., “olivo”
Poaceae
<i>Avena sativa</i> L., “avena”
<i>Cymbopogon citratus</i> (DC.) Stapf, “pasto limón”
<i>Zea mays</i> L. ‘Maíz celeste’
<i>Zea mays</i> L. ‘Maíz choclo’
<i>Zea mays</i> L. ‘Maíz colorado’
<i>Zea mays</i> L. ‘Maíz pisingallo’
<i>Zea mays</i> L. ‘Maíz turco’
Rosaceae
<i>Cydonia oblonga</i> Mill., “membrillo”
<i>Eriobotrya japonica</i> (Thunb.) Lindl., “níspero”
<i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> (Weston) Duchesne, “frutilla”
<i>Malus pumila</i> Mill., “manzana”
<i>Prunus amygdalus</i> (L.) Batsch, “almendra”
<i>Prunus avium</i> (L.) L., “cereza”
<i>Prunus cerasus</i> L., “guinda”
<i>Prunus domestica</i> L., “ciruela”
<i>Pyrus communis</i> L., “pera”
Rutaceae
<i>Citrus japonica</i> Thunb., “quinoto”

<i>Citrus × aurantium</i> L. Grupo Naranja Dulce, “naranja”
<i>Citrus × aurantium</i> L. Grupo Pomelo, “pomelo”
<i>Citrus × limon</i> (L.) Osbeck, “limón”
<i>Citrus reticulata</i> Blanco, “mandarina”
Solanaceae
<i>Capsicum annuum</i> L., “ají de la mala palabra”
<i>Capsicum annuum</i> L. ‘Ají vinagre tradicional’
<i>Capsicum annuum</i> L. ‘Morrón’
<i>Capsicum annuum</i> L. ‘Morrón calahorra’
<i>Capsicum annuum</i> L. ‘Pimiento calahorra’
<i>Capsicum baccatum</i> L. var. <i>pendulum</i> (Willd.) Eshbaugh ‘Campanita’
<i>Nicotiana tabacum</i> L., “tabaco”
<i>Solanum lycopersicum</i> L. var. <i>lycopersicum</i> , “tomate”
<i>Solanum lycopersicum</i> L. ‘Tomate 110’
<i>Solanum lycopersicum</i> L. ‘Tomate cherry perita’
<i>Solanum lycopersicum</i> L. ‘Tomate Col 45’
<i>Solanum lycopersicum</i> L. ‘Tomate perita’
<i>Solanum lycopersicum</i> L. ‘Tomate platense’
<i>Solanum melongena</i> L., “berenjena”
<i>Solanum tuberosum</i> L. Grupo ‘Andigenum’, “papa andina”
<i>Solanum tuberosum</i> L. subsp. <i>tuberosum</i> , “papa pampeana”
Urticaceae
<i>Urtica urens</i> L., ‘ortiga’
Verbenaceae
<i>Aloysia citriodora</i> Palau, “cedrón”
<i>Lippia turbinata</i> Griseb., “poleo”
Vitaceae
<i>Vitis labrusca</i> L. ‘Isabella’, “uva americana”
<i>Vitis vinifera</i> L., “uva europea”
Xanthorrhoeaceae
<i>Aloe arborescens</i> Mill., “aloe”
<i>Aloe vera</i> (L.) Burm. f., “aloe”

La diversidad de cultivos (Tabla n° 9) de especies frutales, provee servicios al agroecosistema además de frutos para el autoconsumo y la venta. Proveen de cerca viva, sombra, refugio para animales domésticos, cortina rompeviento, circulación profunda de nutrientes, además de promover mayor diversidad de organismos coexistiendo. La mayoría de las especies se destinan al autoconsumo y a la venta y tienen amplia distribución geográfica (Rubí-Arriaga et al., 2014).

En general, las plantas frutales cultivadas de vivero, resultan de la unión artificial de dos individuos que actuarán de manera complementaria durante toda su vida. Uno aportará el sistema radicular y se denomina patrón, pie o porta injerto, mientras que el otro aportará la parte aérea y es conocido como el injerto o variedad. Para que una planta (copa y porta injerto) sea de calidad, debe provenir de una selección varietal y sanitaria en el vivero. Para ello es fundamental contar con material de propagación de origen confiable proveniente de plantas madres cultivadas especialmente para esta finalidad. El sitio de plantación debe ser alto, bien drenado, en suelo profundo para que las raíces se puedan desarrollar adecuadamente. Mayormente iluminado por el sol para lograr una maduración uniforme de los frutos. En la plantación se debe observar el estado de las raíces del frutal (Artículo de divulgación INTA, 2018). Siempre se debe respetar una distancia mínima entre árboles. Por ejemplo de 2,5 metros para evitar los entrecruzamientos de ramas y raíces. En el capítulo 3, se describen más detalles sobre cómo plantar un frutal.

Tabla n° 9. Listado por familia botánica de especies frutales; incluye (a) nombre científico, (b) nombre común y forma biológica (árbol, arbusto o hierba) (Rubí-Arriaga et al., 2014).

Familia botánica	Especie frutal
Anacardiaceae	<i>Mangifera indica</i> , mango, árbol (tropical)
Arecaceae	<i>Cocos nucifera</i> , coco árbol (tropical)
Cactaceae	<i>Opuntia ficus-indica</i> , tuna arbusto
Caricaceae	<i>Carica papaya</i> , papaya árbol
Fagaceae	<i>Quercus castanea</i> , avellano, árbol
Juglandaceae	<i>Juglans regia</i> , nogal, árbol
	<i>Carya illinoensis</i> , pecán, árbol
Fabaceae	<i>Prosopis alba</i> , algarrobo blanco o dulce, árbol (nativo)
	<i>Geoffroea decorticans</i> , chañar, árbol (nativo)
Ericaceae	<i>Vaccinium corymbosum</i> , arándano, arbusto

Moraceae	<i>Ficus carica</i> , higo, arbusto – árbol
Musaceae	<i>Musa paradisiaca</i> , banana, hierba (tropical)
Myrtaceae	<i>Psidium guajava</i> , guayaba, árbol (tropical)
Passifloraceae	<i>Passiflora edulis</i> , maracuyá, hierba (tropical)
Punicaceae	<i>Punica granatum</i> , granada, árbol
Rosaceae	<i>Cydonia oblonga</i> , membrillo árbol
	<i>Eriobotrya japonica</i> , níspero, árbol
	<i>Fragaria vesca</i> , fresilla o frutilla, hierba
	<i>Prunus pérsica</i> , durazno, árbol
	<i>Prunus serótina</i> , cerezo negro o tardío
	<i>Pyrus communis</i> , pera, árbol
	<i>Pyrus malus</i> , manzana árbol
	<i>Rubus adenotrichus</i> , zarza, arbusto
	<i>Rubus idaeus</i> , frambuesa, arbusto
Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> , café, arbusto (tropical)
Rhamnaceae	<i>Zizyphus mistol</i> , mistol, árbol (nativo)
Rutaceae	<i>Citrus limetta</i> , lima, árbol
	<i>Citrus limón</i> , limón agrio, árbol
	<i>Citrus medica</i> , cidra, árbol
	<i>Citrus reticulata</i> , mandarina, árbol.
	<i>Citrus sinensis</i> , naranja dulce, árbol
Solanaceae	<i>Solanum betaceum</i> , tomate árbol, árbol.
Vitaceae	<i>Vitis vinifera</i> , parra o uva cimarrona, arbusto trepador
	<i>Vitis labrusca</i> , uva chinche, arbusto trepador

Diversidad de la vegetación espontáneas asociada: arvenses (¿malezas o buenezas?)

Las densidades poblaciones de arvenses son generalmente elevadas en los cultivos de crecimiento estival, y muchas veces es necesario establecer un conjunto de medidas para su manejo, para regular su incidencia en la competencia interespecífica con los cultivos. Aun cuando ha sido demostrado que las

malezas solo provocan un efecto directo sobre los cultivos cuando sobrepasan el umbral en el período crítico de interferencia, la tendencia convencional sigue siendo controlarlas constantemente y mantener los campos de cultivos totalmente desmalezados.

Hoy se conoce que uno de los elementos que puede contribuir considerablemente al aumento de la diversidad de los sistemas agrícolas, es permitir niveles tolerables de enmalezamiento, con lo cual disminuirían las poblaciones de organismos herbívoros y aumentarían la de los insectos benéficos. Es decir, es importante para el manejo de las arvenses, conocer su función en el agroecosistema y sus beneficios agroecológicos, además del impacto positivo que han tenido en la agricultura como reservorio genético de especies cultivables (Blanco y Leyva, 2007).

Entre las características positivas de las arvenses pueden citarse (Tabla n° 10), su aprovechamiento como plantas comestibles, medicinales, forrajeras, de cobertura para disminuir los riesgos de erosión en el predio, y mantienen y mejoran el nivel de fertilidad. Son extractoras de nutrientes que se hallan a un nivel más profundo del suelo, hospederas de organismos benéficos, alelopáticas cuyas exudaciones afectan el crecimiento y desarrollo de agentes fitoparásitos de un cultivo; melíferas, poliníferas o ambas, productoras de energía, alelopáticas positivas con estimuladores del crecimiento, trampa, hospederas primarias a organismos fitoparásitos que toman a la planta cultivada como una alternativa del segundo orden; indicadores de parámetros ecológicos ambientales, tales como humedad, acidez, fertilidad del suelo, metales pesados, etc.; tienen potencial de ser cultivadas o reservorio de asociaciones simbióticas (bacterias fijadoras de nitrógeno, micorrizas), entre otras (Blanco y Leyva, 2007).

Tabla n° 10 Características positivas de las arvenses

Características
Aprovechamiento como plantas comestibles, medicinales, forrajeras
Cobertura para disminuir los riesgos de erosión en el predio
Mantienen y mejoran el nivel de fertilidad
Son extractoras de nutrientes que se hallan a un nivel más profundo del suelo
Hospederas de organismos benéficos
Alelopáticas cuyas exudaciones afectan el crecimiento y desarrollo de agentes fitoparásitos de un cultivo
Melíferas

Poliníferas
Productoras de energía
Alelopáticas positivas con estimuladores del crecimiento
Plantas trampa
Hospederas primarias a organismos fitoparásitos que toman a la planta cultivada como una alternativa del segundo orden
Indicadores de parámetros ecológicos ambientales, tales como humedad, acidez, fertilidad del suelo, metales pesados, etc.
Tienen potencial de ser cultivadas
Reservorio de asociaciones simbióticas (bacterias fijadoras de nitrógeno, micorrizas), entre otras

Las arvenses ruderales, en general son malas competidoras y buenas colonizadoras, y la mayor amplitud de tolerancia a la escasez de recursos agua, nutrientes y luz, pueden contribuir a competir con los cultivos anuales. También se pueden citar otras características:

1. Facilidad de dispersión (por el viento, los animales, el agua, recolección de la cosecha).
2. Capacidad de dispersión en el tiempo, en el banco de semillas del suelo, debido a que muchas ruderales anuales tienen elevada capacidad de producir semillas (más de 100.000 semillas por planta), viabilidad de las semillas por más de un año (pueden germinar hasta 10 años después de la producción).
3. Germinación escalonada, a lo largo del año o en años sucesivos, dependiendo de cuando las condiciones sean adecuadas (sincrónica y asincrónica).
4. Plasticidad: generalmente tienen una elevada plasticidad fisiológica ante el estrés hídrico. Son capaces de desarrollarse en suelos pobres.
5. Competencia: habitualmente tienen una elevada plasticidad ante elevada densidad (relación densodependiente). Las arvenses anuales son malas competidoras frente a un cultivo alto, con mayor biomasa y extensión lateral.
6. Germinación sincronizada con la estación de lluvias y el incremento de temperatura del suelo (oportunistas): esta característica le permite germinar al mismo tiempo que el cultivo, y si el cultivo tiene mayor capital inicial en la semilla o en las partes vegetativas sembradas, alcanzarán menor performance que él.
7. Vigor: el vigor le permite un rápido desarrollo inicial si las semillas son grandes.

8. **Morfología y fisiología:** influyen en la competencia o en la coexistencia. Si el desarrollo radicular es abundante, homorrizo, la maleza es más competitiva con un cultivo con raíces del mismo tipo. Pero si tienen raíces pivotantes profundas, se diferencia en el uso de los recursos del suelo a profundidad con respecto al mismo cultivo. Las de mayor altura y superficie foliar son más competitivas, porque pueden sombrear fácilmente al cultivo. Las plantas C-4 son más eficaces fotosintéticamente, por lo que son más competitivas frente a cultivos C-3. A altas densidades, las plantas trepadoras realizan interferencia de la luz solar, por enrollarse en la planta cultivada.

En el caso de las arvenses perennes, la dispersión en el tiempo puede ser por rizomas y bulbos (en latencia permanecen varias décadas). Tienen capacidad de rebrote, y los rizomas, bulbos y estolones, dan mayor capacidad competitiva. Contribuyen con reservas para crecer con más vigor, tienen un capital inicial mayor dado por dichos órganos vegetativos.

Al reconocer la importancia de la relación entre plantas de crecimiento espontáneo - cultivos, algunos investigadores plantean que las estrategias ecológica-fisiológica de las arvenses sirve por su valor indicador de las cualidades del suelo, como son la fertilidad, suelos pobres o ricos en nutrientes. También, existe una marcada interacción entre el comportamiento de las arvenses y el ambiente biótico generado por el cultivo (cultivo como control biológico) (Barchuk et al., 1993) y abiótico (condiciones climáticas, sistemas de labranza, medidas de control).

Diversidad de hospederas alternativas de distintas especies de insectos benéficos.

Es importante valorar que las especies de crecimiento espontáneo en los sistemas cultivados, hospedan a gran diversidad de insectos fitófagos y a sus depredadores y parasitoides. Los depredadores cazan y se alimentan de otros individuos considerados presas, ya sea masticando o succionando sus fluidos vitales. La interacción biológica entre el depredador y su presa se llama depredación. Los parasitoides son insectos que durante su estado juvenil son larvas que se alimentan y desarrollan dentro o sobre el cuerpo de otro insecto (llamado huésped), al cual finalmente matan cuando emerge el adulto (ver

capítulo 3). Mientras que en estado adulto (moscas o avispitas) se alimentan de polen y néctar de flores en estado libre (Barchuk *et al.*, 2018).

Siempre es aconsejable dejar franjas de especies arvenses o malezas, con el propósito de fortalecer el desarrollo de la trama trófica de insectos, por ejemplo plantas de las familias Umbelíferas y Brassicaceas (Fig. 15). Es en la trama (red compleja de relaciones poblacionales) trófica (alimento en los distintos niveles: planta, fitófago, predador y parasitoide), donde existe autorregulación; equilibrio natural que impide el aumento excesivo de alguna de sus poblaciones.

La construcción de una trama trófica de insectos que controle biológicamente las posibles plagas, se relaciona con la biodiversidad del componente vegetal del agroecosistema: franjas de ruderales, asociaciones y rotaciones de cultivos, presencia de arvenses en floración, diversidad genética, etc. Basándose en la información disponible, la biodiversidad de enemigos naturales y su efectividad, se puede incrementar con este tipo de vegetación alrededor de los campos, proporcionando así recursos estacionales y cubriendo las brechas en los ciclos de vida de los insectos entomófagos y de los fitófagos (Capítulo 3).

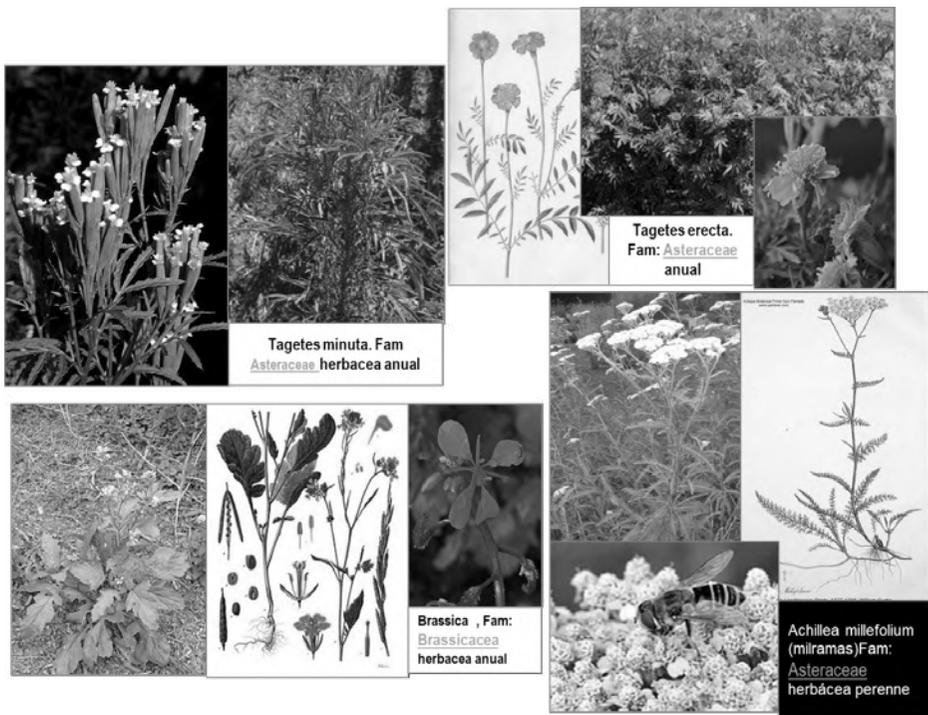


Fig. 15. Ejemplos de especies para integrar franjas de arvenses al lado de franjas de cultivos.

Se sabe que comunidades simples son difíciles de mantener, a menor riqueza hay mayor vulnerabilidad a la invasión, y los monocultivos son más propensos a ser atacados por plagas. Los aspectos de manejo que conduzca a la construcción de tramas tróficas de insectos serán analizados en el capítulo 3 de este libro.

Los diseños conceptuales y a campo, se realizan en función de las siguientes premisas: la “riqueza” de especies en la trama trófica por unidad de área aumenta a medida que incrementa la cantidad y perennidad de las especies cultivadas (Barchuk *et al.*, 2018). El diseño se basa en considerar las dimensiones de la biodiversidad. Estas dimensiones permiten analizar la diversidad en forma desagregada considerando los aspectos composicionales, estructurales y funcionales de los sistemas, incluyendo los cambios temporales (Nicholls, 2006; Martín-López *et al.*, 2007): la vecindad de monocultivos convencionales reduce la abundancia de insectos depredadores; la diversidad de follaje correlaciona de forma negativa con la diversidad de insectos fitófagos; a escala de paisaje, la riqueza de formas de parches conduce a incrementar la diversidad y la conectividad; la combinación dinámica de diferentes plantas hortícolas limita la dispersión de los insectos fitófagos en el tiempo.

La combinación de especies de plantas que conforman las parcelas poli-específicas favorecerían relaciones tróficas entre plantas, insectos fitófagos, la colonización y el crecimiento poblacional de los enemigos naturales (depredadores), por ende estimulan la recuperación de la trama trófica. Los enemigos naturales de las plagas son más abundantes en sistemas diversificados porque al ser ambientes más complejos hay una mayor diversidad de hábitat para refugio, la oferta de gran variedad de alimentos (fuente de néctar y polen) para depredadores y parasitoides adultos que garantizan su permanencia, además, de variada disponibilidad de presas (Hipótesis de Enemigos Naturales). Las poblaciones de fitófagos (plagas) se encuentran atraídas cuando el recurso está concentrado y distribuido en condiciones físicamente homogéneas (el monocultivo), así, a la plaga le resulta fácil encontrar el alimento (Hipótesis de Concentración del Recurso).

Diversidad de diseños agrícolas

Existen diferentes prácticas agrícolas que tienen el potencial de incrementar la Biodiversidad, con la combinación de múltiples estrategias: cultivos de cobertura, policultivos, rotaciones (Capítulo 5), sistemas agroforestales, parches de vegetación espontánea y nativa. El manejo de la biodiversidad lleva a

la recomposición de la salud del suelo. Se basa en el estudio de las prácticas de manejo de suelos y cultivos, que combinadas inciden favorablemente en las propiedades físicas, químicas y biológicas de los mismos, favoreciendo el incremento de los rendimientos y producción de biomasa de los cultivos, mejorando la capacidad de retención de humedad, estructura, entre otras (Capítulo 4).

El manejo de la biodiversidad debería estar acompañado por abonos orgánicos, siembra de leguminosas para aportar nitrógeno por fijación simbiótica; cultivos con alta biomasa que dejen mantillo; rotaciones de cultivos y cultivos con mulches; cultivos de cobertura; sistemas agrosilvícolas alternando árboles y cultivos anuales o perennes (Capítulo 4). La materia orgánica permite mantener una diversidad biológica compuesta por la micro, meso y macrofauna edáfica. La formación de cuevas y galerías por la mesofauna del suelo (hormigas, gusanos blancos, lombrices de tierra, etc.), mejoran la estructura del suelo al aumentar la aireación, infiltración del agua, la penetración de las raíces, la degradación y descomposición de la materia orgánica muerta (Capítulo 4).

La agroforestería es un sistema de producción con diversidad alta. Este sistema de agroecosistemas procura aumentar los rendimientos, combinando la producción de cultivos con especies forestales, especies herbáceas de forraje y de grano. El objetivo es optimizar los efectos benéficos de las interacciones de los componentes boscosos, animal y el cultivo. Permite mantener elevadas la biodiversidad, estabilidad y productividad.

Incrementa la productividad, mejora las relaciones positivas y sinérgicas del predio y realiza el uso eficaz de los recursos naturales. Se caracteriza por su adaptabilidad cultural / socio-económica. Ejemplos en Córdoba: en Paso Viejo, acelga y lechuga, bajo la sombra de quebracho blanco en el Chaco árido, en una parcela de media hectárea en un campo de 10 hectáreas. También en Paso Viejo, en un campo de 4 hectáreas con Plan de Conservación de Bosque Nativo, se producen dos chacras: de 5000 m², cerrada con alambre de 7 hilos, y chacra de 10.000 m² abierta; huertas de autoconsumo; gallinero de 20 m², apicultura (5 colmenas); frutales bajo monte (50 plantas entre cítricos, duraznos, almendra, damasco, olivos, nogal y vides, distribuidos heterogéneamente en el espacio); viven 5 familias con espacio común de trabajo y recreación.

Otro ejemplo de la agroforestería lo constituye el sistema de acequias del margen izquierdo del río Pichanas (cuenca homónima al nor-oeste de Córdoba), integradas al bosque nativo. Históricamente, existía un sistema de riego por tomas desde Sachamuyo hasta el norte de Serrezuela. Habitaban entre 700 y 800 familias. Cultivaban maíz, algodón, alfalfa, trigo, comino, porotos,

arvejas, maní, papas, batatas, garbanzos, azafrán, zapallos, hortalizas varias, cítricos, nogales. Aún con ese mecanismo primitivo de distribución por turnos, los campesinos aseguraban que el agua cubría todas las necesidades y llegaba a más de cincuenta km al norte de Serrezuela.

Tras la construcción del dique en la década de 1980, el sistema de Riego Pichanas se modifica abruptamente. El gobierno provincial asigna a la margen izquierda un 20 % del caudal del dique, y un 80 % del total a la margen derecha. Los usuarios de la margen derecha son principalmente empresas agropecuarias que ocupan las parcelas concesionadas (parcelas de la Colonia Paso Viejo).

El Rediseño de los Agroecosistemas con una infraestructura diversificada y funcional que subsidia el funcionamiento del sistema sin necesidad de insumos externos sintéticos u orgánicos, implicaría: cultivar intercaladamente especies arbóreas con cultivos agrícolas anuales. Limpiar franjas y sembrar especies agrícolas perennes que toleren la sombra. Introducir prácticas de manejo como la entresiembrá y la poda. En áreas inclinadas, sembrar las especies arbóreas perpendiculares a la pendiente. Sembrar árboles alrededor de los lotes de los campos. Intercalar árboles con áreas agrícolas al azar o regular.

Los arreglos de la vegetación a escala de paisaje, implica corredores de bosque nativo y forestaciones, estructura arbórea en canales de riego, bordes y cercos vivos. Los corredores deberán colocarse en los campos para mantener un nivel óptimo de entorno de fauna benéfica. Un sistema de corredores y márgenes en agroecosistemas, ayuda a la interrupción de la dispersión de propágulos de patógenos y semillas de malezas, barreras al movimiento de insectos dispersados por el viento, disminución del acarreo de sedimentos y pérdida de nutrientes, producción de biomasa incorporable al suelo, y modificación de la velocidad del viento y microclima local.

La re-introducción de biodiversidad a gran escala, implica la re-estructuración de agroecosistemas para su conversión a un manejo agroecológico a nivel de cuenca o paisaje. Esto trae ventajas socio-económicas, aumenta la producción total por unidad de cobertura-uso de la tierra, se reciclan los componentes como insumos para la producción; Existe diversidad de cultivos y productos arbóreos, obtenidos a lo largo de todo el año (son una reserva para los periodos en los que faltan los cultivos agrícolas). Existe un aprovechamiento eficiente del riego. La producción está enfocada en la autoabastecimiento y el comercio justo.

El suelo se beneficia por la función del ciclado de nutrientes de los árboles, las raíces en profundidad captan nutrientes lixiviados y los llevan a la superficie en forma de materia orgánica foliar. Otros beneficios: la hidrología y la protección a otras plantas; la eficiente utilización de la radiación solar, el buen uso del perfil del suelo y el balance de nutrientes. Existe poca salida de nutrientes y eficiente utilización. Se crean condiciones de ambiente ideal para la microflora y fauna del suelo. Aumenta la ventilación, el drenaje y la estructura del suelo. Disminuye la evaporación y se retrasan los índices de descomposición de materia orgánica (Capítulo 4).

Referencias bibliográficas

- Abbona E. A. 2017. Flujos de nutrientes en la agricultura y la alimentación para un ecosistema alimentario sostenible en la provincia de Buenos Aires. Tesis de Doctorado de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de Universidad Nacional de La Plata.
- Altieri M. A. y Nicholls C. I. 2000. Agroecología. Teoría y práctica para una agricultura sustentable. 1ª edición. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente Red de Formación Ambiental para América Latina y el Caribe, México. 250 pag.
- Altieri M. A. 2002. Agroecology: the science of natural resource management for poor farmers in marginal environments. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 93: 1-24.
- Altieri M. A. y Nicholls C. I. 2009. Biodiversidad y manejo de plagas en agroecosistemas. Icaria Editorial. Barcelona, 247 pag.
- Artículo de divulgación INTA. 2018. <https://inta.gob.ar/documentos/plantacion-de-arboles-frutales>
- Auge, M. 2006. Agua subterránea deterioro de calidad y reserva. 173pp. Disponible en: http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/15908/Documento_completo.pdf?sequence=1. Último acceso: enero 2020.
- Barchuk A. H., Alessandria E. E., Zamar J. L., Luque S. M., Casanoves F. 1995. Efecto de la remoción de especies y la introducción de maíz sobre la estructura de la comunidad de malezas en la región semiárida de Córdoba, Argentina”. *Ecología Austral*, 5(02):125-132.
- Begon M., Harper J. L., Townsend C. R. Ecología. 1999. Individuos, poblaciones y comunidades. Editorial Omega.
- Blanco Y. y Leyva A. 2007. Las arvenses en el agroecosistema y sus beneficios agroecológicos como hospederas de enemigos naturales. *Cultivos Tropicales*, 2007, 28 (2): 21-28.
- Calvo García S. 2011. Bacterias simbióticas fijadoras de nitrógeno. *CT 3*: 173-186.

- Caucas V. D. y Oliva L. 1990. Asociación simbiótica entre *Atriplex aff. cordobensis* Gand et Stukert (Cariofilales) y *Frankia* sp. (Actinomycetales). *Rev. Cs. Agropec.*, VII: 3-7.
- Cristiano P. M. 2010. Estimación de la productividad primaria mediante el modelo de eficiencias y sensores remotos. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires.
- Asbjornsen H., Goldsmith G. R., Alvarado-Barrientos M. S., Rebel K., Van Osch F. P., Rietkerk M., Chen J., Gotsch S., Tobón C., Geissert D. R., Gómez-Tagle A., Vache K. and Dawson S. D. 2011. Ecohydrological advances and applications in plant-water relations research: a review. *Journal of Plant Ecology* 4(1-2): 3-22.
- Carmona Guzmán E. 2013. Elementos químicos, moléculas y vida. *Rev. R. Acad. Cienc. Exact. Fís. Nat.* 106 (1-2): 69-80.
- FAO 2020. Capítulo vi cultivos para heno - leguminosas forrajeras y legumbres. <http://www.fao.org/3/x7660s/x7660s0a.htm>. Consultado enero de 2020.
- FAO. 2006. Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Estudio FAO riego y drenaje. <http://www.fao.org/3/a-x0490s.pdf>
- Flos J. 2005. El concepto de información en la ecología margalefiana. *Ecosistemas*. 2005/1 (URL: http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?Id=82&Id_Categoria=2&tipo=portada)
- Garcés Giraldo L. F., Hernández Ángel M. L. 2004. La lluvia ácida: un fenómeno fisicoquímico de ocurrencia local. *Revista Lasallista de Investigación*, 1 (2): 67-72.
- Gliessman S. R. 2002. *Agroecología: procesos ecológicos en agricultura sostenible*. Turrialba, Costa Rica: CATIE, 359 pp.
- Gomez I. A. y Gallopín G. C. 1991. Estimación de la productividad primaria neta de ecosistemas terrestres del mundo en relación a factores ambientales. *Ecología Austral* 1:24-40.
- IPCC. 2006. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Glossary, Japan. Disponible en http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpglulucf/gpglulucf_files/Glossary_Acronyms_BasicInfo/Glossary.pdf.
- Iernano M. J., Gargoloff N. A., Sarandón S., Almada C., 2018. Análisis de la biodiversidad funcional: un instrumento para abordar la dimensión ecológico-productiva de la sustentabilidad. *Cadernos de Agroecología*. Anais do VI CLAA, X CBA e V SEMDF – Vol. 13, N° 1, Jul. 2018.
- Larcher W. *Ecofisiología vegetal*. Ed. Omega. 305 pag.
- Marasas M. E. 2002. La coleóptero fauna y su relación con la calidad del suelo. En: *Agroecología. El camino hacia una agricultura sustentable*. Sarandón, S. (Ed.). Ediciones Científicas Americanas. La Plata. 135-151.
- McNaughton S. J. 1979. Grazing as an optimization process: grass-ungulate relationships in the Serengeti. *Am. Nat.* 113: 691-703.
- Martín-López B., González J.A., Díaz S., Castro I. y García-Llorente M. 2007. Biodiversidad y bienestar humano: el papel de la biodiversidad funcional.

- Ecosistemas 16 (3): 69- 80.
- Martínez Romero A. y Leyva Galán A. 2014. La biomasa de los cultivos en el agroecosistema. Sus beneficios agroecológicos. *Cultivos Tropicales*, 35 (1): 11-20.
- Mayz-Figueroa J. 2004. Fijación biológica de nitrógeno. *Revista UDO Agrícola* 4 (1): 1-20.
- Micocci L. 2018. Biomoléculas: carbohidratos, proteínas, lípidos y ácidos nucleicos *Química Biológica*. Programa de Ingreso UNL / Curso de Articulación Disciplinar: Físico-Química. Universidad Nacional del Litoral.
- Molina L. M., Medina S. M., Orozco P. H. 2006. El efecto de la interacción Frankia - micorrizas - micronutrientes en el establecimiento de árboles Aliso (*Alnus acuminata*) en sistemas silvopastoriles. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 19 (1): 39-48.
- Nicholls C. 2006. Bases agroecológicas para diseñar e implementar una estrategia de manejo de hábitat para control biológico de plagas. *Agroecología* 1: 37- 48.
- Nicholls C. y Altieri M. 2013. Plant biodiversity enhances bees and other insect pollinators in agroecosystems. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, Springer Verlag/EDP Sciences/INRA 33(2):257-274. OPS. OMS.
- Odum E. P. 1972. *Ecología*. Nueva Editorial Interamericana México. Tercera edición pg. 639.
- Odum H. 2006. Niveles tróficos y calidad de energía. Universidad de Florida., 45 p.
- Pochettino M. L., Hurrell J. A. y Bonicatto M. M. 2014. Horticultura periurbana: estudios etnobotánicos en huertos familiares y comerciales de la Argentina. *Ambienta* 107: 1-15. <https://www.researchgate.net/publication/263351735>
- Primavesi A. 1984. *Manejo ecológico del suelo*. Ed El Ateneo. Argentina. 884p.
- Pucheta E., Vendramini F., Cabido M. y Díaz S. 1998. Estructura y funcionamiento de un pastizal de montaña bajo pastoreo y su respuesta luego de su exclusión. *Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata* 103 (1): 77-92.
- Reijntjes C.B., Haverkort A. and Waters-Bayer A. 1992. *Farming for the future*. MacMillan Press Ltd., London.
- Rozano Ladrón V., Quiróz Santiago C., Acosta Pulido J. C., Pimentel Ayaquica L. A., Quiñones Ramírez E. I. 2004. Hortalizas, las llaves de la energía. *Revista Digital Universitaria* 5 (7): 1- 30.
- Rubí-Arriaga M., González-Huerta A., Martínez-De La Cruz I., Franco-Mora O., Ramírez-Dávila J. F., López-Sandoval J. A., Hernández-Flores G. V. 2014. Inventario de especies frutales y aspectos etnobotánicos en Sultepec, Estado de México, México. *FYTON* 83: 203-211.
- Sarandon S. J., Flores C. C., Gargoloff N. A., Blandi M. L. 2014. Análisis y evaluación de agroecosistemas: construcción y aplicación de indicadores. En: *Agroecología. Bases teóricas para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables*. Editores: Sarandón, S. J. y Flores, C. C., La Plata: Edulp, capítulo 14, p. 375-410.

- Sarandón J. S. y Flores 2014. El desarrollo y uso de indicadores para evaluar la sustentabilidad de los agroecosistemas. En: *Agroecología, el camino hacia una agricultura sustentable*. Argentina. Ediciones Científicas Americanas. Bs. As. pp. 394-414.
- Valladares F. and Niinemets U. 2008. Shade tolerance, a key plant feature of complex nature and consequences. *The Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics* 39: 237-57.
- UNEP/CDB/COP/5. 2000. The Biodiversity Agenda. Decisiones adoptadas por la conferencia de las partes en el convenio sobre la diversidad biológica en su quinta reunión. Apéndice. Nairobi, <https://www.cbd.int/kb/record/meetingDocument/1414?Subject=COP>

Capítulo 3

Diseños agroecológicos para promover el control biológico y la reconstrucción de trama tróficas

María Laura Guzmán

DIVERSIDAD FUNCIONAL

Uno de los objetivos del diseño agroecológico en la producción fruti-hortícola, es reconstruir la trama trófica del agroecosistema, mediante la adición de biodiversidad funcional dentro y alrededor de las parcelas de producción, para crear ambientes diversos pero permanentes, hábitats más hospitalarios para los organismos benéficos (refugios para enemigos naturales) y con ello favorecer la regulación natural de las plagas. Hablamos de diseños que promuevan el control biológico por conservación.

En primer lugar es necesario identificar algunas de las especies vegetales que ofrecen refugio y alimento (flores con polen y néctar, sombra, temperaturas adecuadas, humedad y fuente de alimentos alternativos) necesarios para la maduración de los órganos reproductivos y la supervivencia de los insectos benéficos, también llamados Enemigos Naturales (**EN**), que realizan un control biológico de las potenciales plagas.

El reconocimiento de las especies de plantas atractivas para los **EN** (insectos y arácnidos predadores, parasitoides) y polinizadores, es una información importante para luego imitar esos ensamblajes de plantas en los diseños agroecológicos de cultivos fruti-hortícolas. Estas plantas pueden ser usadas para diversificar el hábitat tanto alrededor como dentro de las parcelas productivas de manera de proporcionarles recursos vegetales adecuados a los insectos predadores y parasitoides de los insectos herbívoros – fitófagos y así, conseguir el equilibrio de las poblaciones de insectos.

La agricultura industrial y la academia ortodoxa, exponen y difunden que la población del agente productor del daño es un problema al que se debería controlar mediante el uso de agroquímicos para su exterminio, esto solo provoca que el equilibrio se rompa y trae consecuencias gravísimas (insectos resistentes a los plaguicidas, eliminación de insectos benéficos, contaminación de suelos y aguas subterráneas, envenenamiento de alimentos, enfermedades en la salud humana, etc.).

Es necesario realizar un cambio cultural profundo, para que los agricultores y las agricultoras renuncien al uso de insecticidas como única solución para abordar la problemática de las potenciales plagas. La idea de eliminar los insectos herbívoros de los sistemas agrícolas ha primado desde la revolución verde hasta el momento, y esto ha conducido al fracaso. Hay que asumir

que los insectos herbívoros-fitófagos son parte del agroecosistema, es prácticamente imposible eliminarlos y por lo tanto, hay que cambiar la lógica de **“eliminar y controlar”** por la de **“coexistir, manejar y mantener”** las densidades de las poblaciones plaga en niveles que no produzcan un daño económico (Paleólogos y Flores, 2014).

Desde el enfoque agroecológico los insectos y arácnidos, se analizan como un componente más del agroecosistema, con características propias que interactúan y se relacionan con el entorno. Es decir, el crecimiento poblacional de los insectos herbívoros está regulado: por la disponibilidad de lo que comen (cultivos, plantas espontaneas, franjas de flores, aromáticas, etc) y por quién las come en forma simultánea (predadores y parasitoides).

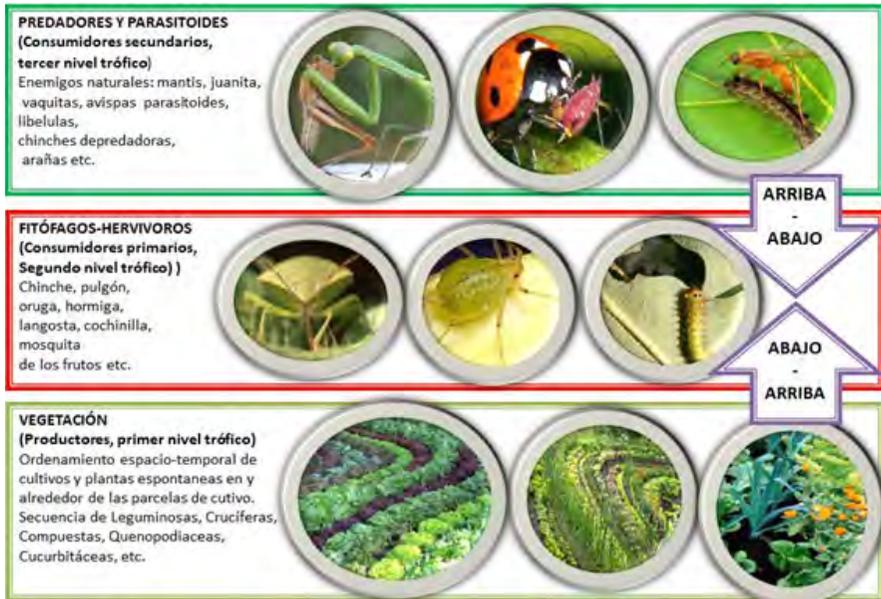
En los agroecosistemas, las estrategias de manejo que buscan alterar esta relación de **“comer”** y **“ser comidos”** y favorecer así la regulación de insectos herbívoros; potenciales plagas; son denominadas **mecanismos “Abajo-arriba”** (*Bottom-up*) y **“Arriba-abajo”** (*Top-down*) (Sarandón y Flores, 2014), (Fig. 1) ambos, están asociados con el aumento de la diversidad vegetal.

El **mecanismo “Abajo-arriba”** (*Bottom-up*) es aquel que tiende a modificar la calidad del recurso alimenticio (cultivo) para que no sea apetecible o fácilmente localizable por los insectos herbívoros - fitófagos (potenciales plagas) mediante diferentes olores, colores, estratos, hormonas (por ejemplo, con asociaciones de cultivos y aromáticas, policultivos, franjas de flores, cercos vivos etc.) que enmascaran el recurso alimenticio (cultivo), dificultando la localización del alimento por parte de los insectos herbívoros y así se impide un aumento en la densidad de los mismos.

El **mecanismo “Arriba-abajo”** (*Top-down*) es aquel que tiende a favorecer el control biológico con **EN**, mediante la diversificación del agroecosistema para aumentar las oportunidades ambientales para el desarrollo y supervivencia de los **EN**, y consecuentemente mejore el control biológico (por ejemplo, con parches de vegetación espontanea, franjas de flores, cultivos de coberturas, corredores, hospedaje de insectos, cercos vivos, etc.) que brindan micro hábitats, refugios, sitios para que los **EN** puedan oviponer, alimentarse, pasar su diapausa (estado de letargo en invierno), etc. (Nicholls, 2006; Sarandón y Flores, 2014; Barchuk *et al.*, 2018).

Por lo tanto, resulta fundamental reconocer a campo las diferentes familias botánicas de plantas que atraen a los insectos benéficos, e imitar esas combinaciones de plantas en nuestros diseños agroecológicos del cinturón verde, mediante el uso de las **tecnologías “Arriba-abajo”** y **“Abajo-arriba”** que tiendan a aumentar la biodiversidad total del agroecosistema para revertir así la situación de desequilibrio, reconstruir las tramas tróficas, defender una producción sana de calidad y alcanzar diseños agroecológicos sustentables.

Es así que en agroecosistemas con baja diversidad (monocultivo), los organismos controladores de herbívoros no encuentran las condiciones óptimas para su presencia, afectando drásticamente su abundancia en el sistema (Altieri y Nicholls, 2004, 2010; Sarandón y Flores, 2014).



ARRIBA-ABAJO (*Top-down*): consiste en incrementar el 3° nivel trófico (predadores y parasitoides-) mediante el manejo de los hábitats y manipulación de la vegetación espontánea y cultivada que brinden microhábitats que favorezcan el desarrollo y supervivencia de Enemigos Naturales.

ABAJO-ARRIBA (*Bottom-up*): Depende de la calidad/cantidad del 1° nivel trófico (productores); a mayor diversidad de plantas ubicadas-organizadas estratégicamente en el tiempo y espacio en las parcelas de cultivos, implicaría una mayor diversidad de fitófagos herbívoros (consumidores primarios) y a su vez mayor diversidad de depredadores y parasitoides (consumidores secundarios), creándose tramas tróficas complejas y promoviendo la estabilidad poblacional insectil.

Fig. 1: Esquema mecanismo Arriba-abajo” y “Abajo-arriba”.

¿Qué es la trama trófica?

Los seres vivos se relacionan por diversas causas, una de ellas es para buscar alimento y como ya dijimos estas relaciones de consumo se llaman herbivoría, depredación y parasitismo. Para poder estudiarles, cada organismo forma parte de la cadena alimenticia, donde cada individuo de una población se alimenta del nivel anterior y es consumido por el siguiente.

Por ejemplo en el esquema de la figura 2a y siguiendo la secuencia: **A**→**B**→**C**. **A**: es el productor (cultivo) que es consumido por **B**: es el consumidor primario (pulgón- herbívoro) que es consumido por **C**: es el consumidor secundario (vaquita coccinélido -carnívoro). Los nutrientes y la energía fluyen desde el nivel inferior representado por **A** hasta el superior representado por **C**.

Pero, en la naturaleza estas relaciones son más complejas, porque los consumidores pueden tener más de una presa, es decir existen diversas interconexiones entre las cadenas alimenticias, y por esta razón la representación esquemática de las relaciones de consumo en los ecosistemas se explican mejor a través de redes y no únicamente con eslabones lineales, por lo que entonces hablamos de **TRAMA TRÓFICA** (Fig. 2 a y b), **TRAMA** (red compleja de relaciones poblacionales), **TRÓFICA** (alimento en los distintos niveles: vegetación, fitófago, predador y parasitoide) donde existe una regulación integral; un equilibrio natural que impide el aumento excesivo de alguna de sus poblaciones. Siguiendo el ejemplo anterior, una planta no es necesariamente consumida por un solo tipo de herbívoro, sino que pueden consumirla varios tipos, **A** (diversos cultivos) es consumida por **B** (herbívoros selectivos por especie: pulgón, chinche fitófaga y oruga defoliadora). A su vez, estos herbívoros **B** son depredados o consumidos por sus parasitoides y depredadores **C** (Fig. 2a).

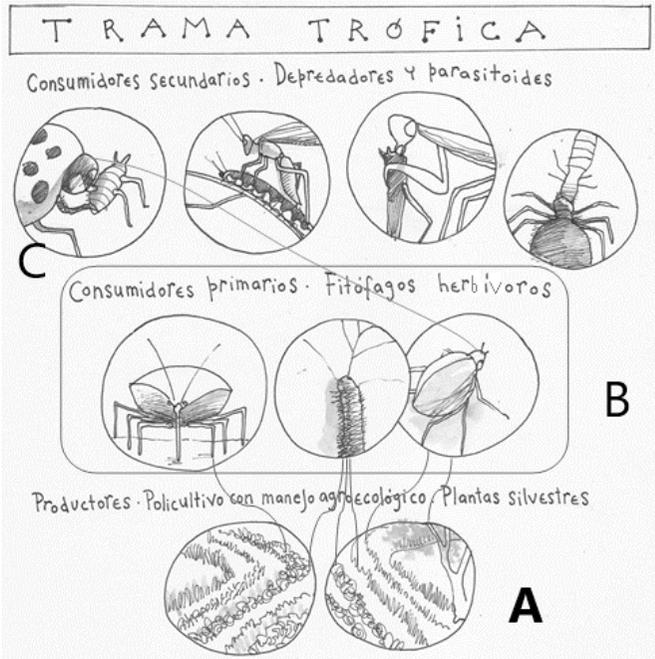


Fig. 2a. Esquema de trama trófica tomado y modificado de Manual para la transición agroecológica (Barchuk *et al.*, 2018)

A demás la TRAMA TRÓFICA se puede analizar no sólo como un entramado de cadenas sino también como un conjunto de niveles (Fig. 2b) tróficos (nutricionales) donde el:

- Primer nivel trófico: (PRODUCTORES), está conformado por las plantas verdes (cultivos hortícolas, plantas espontáneas, aromáticas, medicinales, pasturas, frutales, arboledas, etc.) que captan la energía solar a través de la fotosíntesis, y producen moléculas orgánicas para su propio alimento.
- Segundo nivel trófico: (CONSUMIDORES PRIMARIOS) conformado por los herbívoros o fitófagos (hormiga, langosta, oruga, pulgón, chinche, mosca blanca, araña, caracoles etc.), que se alimentan de plantas verdes. Los que consideran potenciales plagas.
- Tercer nivel trófico: (CONSUMIDORES SECUNDARIOS) conformado por los carnívoros, que son depredadores y parasitoides (araña, vaquita, juanita, mantis religiosa, larvas de crisopa, tijereta, larvas de mosca sirfido, chinche predatoras etc.) que se alimentan de los herbívoros. (Los omnívoros, que son consumidores tanto de plantas como de animales, se integran en el segundo y tercer nivel).
- Cuarto nivel trófico: (CONSUMIDORES TERCIARIOS) conformado por los carnívoros depredadores (aves, roedores, culebras, sapos) que se alimentan de depredadores. A medida que se elevan los niveles tróficos, el número de depredadores es menor y son **más grandes, feroces y ágiles, a excepción del hiperparasitoidismo** (un hiperparasitoide o parasitoide secundario es un parasitoide que se desarrolla a expensas de las larvas de los parasitoides primarios).
- Los DETRITÍVOROS y DESCOMPONEDORES consumen la materia orgánica muerta proveniente de todos los niveles tróficos. Son principalmente microorganismos. Éstos actúan sobre los tejidos muertos y degradan la materia orgánica hasta transformarla nuevamente en los nutrientes libres o sustancias inorgánicas (nitratos, nitritos, fosfatos, potasio) disponible para las raíces y hacia la atmósfera (dióxido de carbono). La energía liberada en el proceso de descomposición está en forma de calor.

¿Qué pasa si se pierde un nivel trófico?

El nivel de consumidores primarios alcanzaría densidades poblacionales elevadas, debido a que no existiría su regulador (predador, parasitoide, pató-

geno), adquiriendo la categoría de “plaga”. Todos los niveles tróficos correrían el riesgo de perderse ya que se quedan sin alimento. Resultaría en un desequilibrio completo en el agroecosistema.

Este crecimiento excesivo de una población de insectos herbívoros, que produce un daño de tipo económico (comúnmente denominada plaga agrícola) ocurre actualmente como consecuencia directa del deterioro de la trama trófica en el ambiente, por malas prácticas agronómicas, tales como el monocultivo, el uso de agroquímicos, eliminación de la vegetación silvestre (desapareciendo posible refugios y alimentos para los EN) y por lo tanto el extinción local de organismos benéficos (que podrían haber regulado a los herbívoros).

Conjuntamente el uso de fertilizantes de síntesis químicas que son de alta solubilidad, además, genera un desbalance nutricional que ocasiona plantas de poco vigor, mal nutridas con alto contenido de sustancias solubles simples en sus tejidos vegetales, condición, ésta que hace que los tejidos sean fácilmente detectables y digeribles por los insectos herbívoros. Ello provoca un mayor ataque por parte de éstos últimos ocasionando el incremento de la densidad poblacional de insectos fitófagos-herbívoros, los cuales pueden crecer exponencialmente. En la naturaleza todo está balanceado. La agricultura industrial agrede destruyendo las tramas tróficas y ayuda a la formación de plagas.

¿Qué es el control biológico?

Se define como el uso de organismos benéficos / EN (depredadores, parasitoides y patógenos) contra aquellos que causan daño (poblaciones de herbívoros que alcanzaron la condición de plaga).o, lo que resulta mejor, la población reduce su densidad a una que no cause daño económico (Fig. 3).

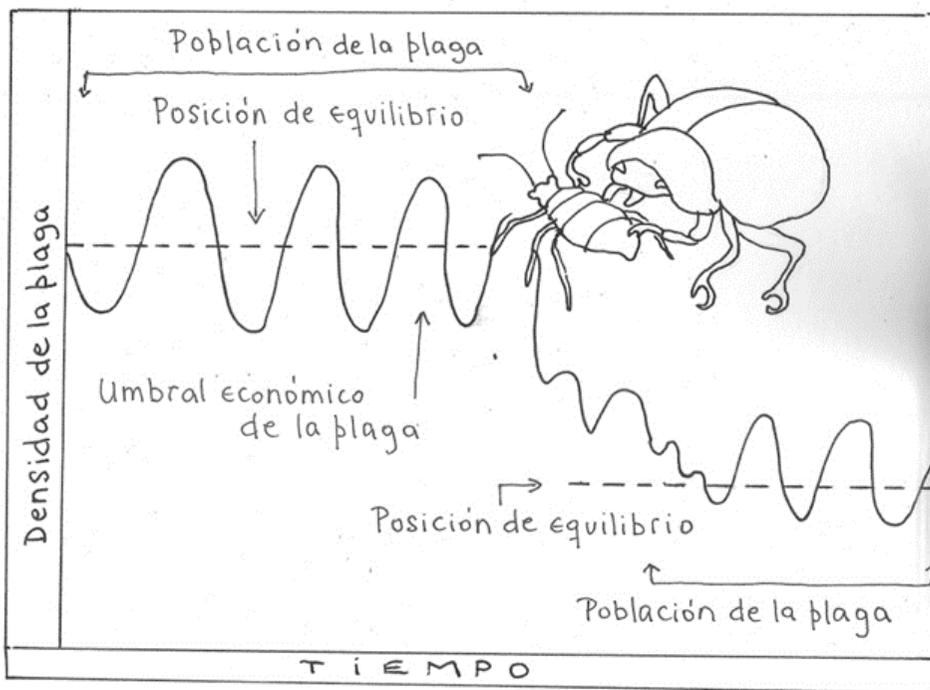


Fig. 3. Ejemplificación de control biológico: efecto regulador con la introducción de un enemigo natural sobre una población plaga. La plaga queda a densidades inferiores en relación con un umbral económico (Nicholls, 2008).

La erradicación completa de insectos fitófagos resulta ambiciosa, imposible y trae problemas ecológicos. Si un enemigo natural elimina completamente a una plaga, éste quedaría sin alimento para continuar su desarrollo. Es por eso que el control biológico busca reducir las poblaciones de la plaga a una proporción que no cause daño económico, y permita una cantidad poblacional de herbívoros que garantice la supervivencia del agente controlador. Este agente mantiene su propia población y previene que la población de herbívoros retorne a grados poblacionales que causan daño (Fig. 3) (Nicholls, 2008).

En la naturaleza todas las poblaciones de organismos están restringidas por factores que previenen su crecimiento ilimitado. Estos factores se dividen en dos grupos: **1) Factores independientes de la densidad (abióticos):** temperatura, cantidad e intensidad de precipitaciones. Naturaleza de la precipitación (por ejemplo, lluvia, granizo, nieve). Radiación solar, humedad relativa dentro del hábitat, labranzas, plaguicidas, calidad de alimento. **2) Factores dependientes de la densidad (bióticos):** Su efecto depende de la densidad, competencia intra e interespecífica (por alimento y otros recursos), depreda-

ción (relación predator – presa, herbivoría, parasitismo, parasitoidismo).

En la regulación de poblaciones existe un comportamiento densodependiente entre el depredador y la presa (Fig. 4). Al aumentar la población de presas, el número de presas devoradas por un depredador aumenta, luego sigue aumentando aunque ya la tasa de presas es decreciente. Pronto, con retraso será decreciente la tasa del depredador hasta hacerse mínima, entonces la tasa de la presa empieza a ser creciente. Es decir, vemos que en las dos curvas, están desfasados los máximos y los mínimos, en un equilibrio perdurable. El efecto de regulación es el mantenimiento de la plaga y su enemigo natural en equilibrio dentro de niveles inferiores y superiores por un tiempo indefinido, es un equilibrio dinámico, continuo y natural.

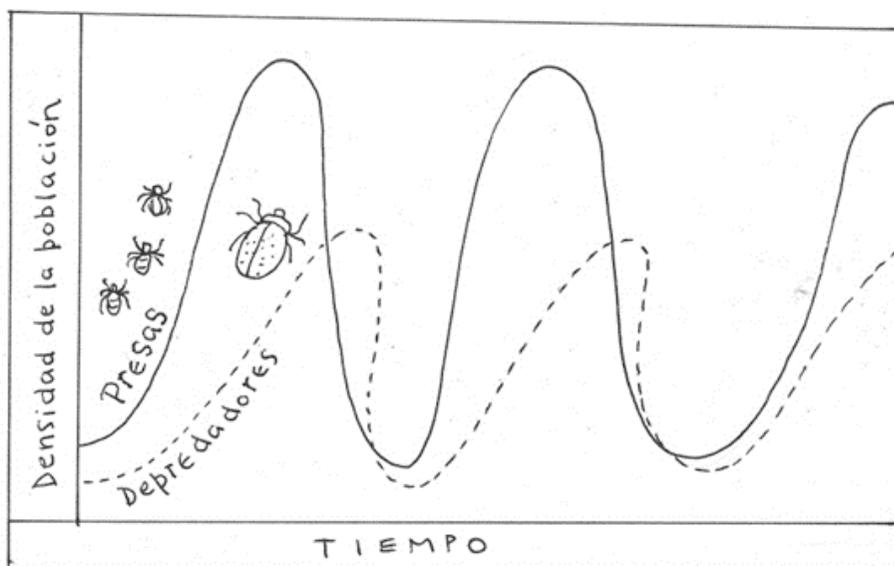


Fig. 4 Interacción entre presas y sus depredadores (EN) (Nicholls, 2008).

Tipos de control Biológico.

A. Aumentativo: no es agroecológico y consiste en aumentar artificialmente la población de EN (exóticos o nativos) que ya están en el sistema con objeto de producir una mayor tasa de ataque y con ello una disminución de la población del agente productor del daño; esta estrategia tiende a ser utilizada en situaciones donde el control natural está ausente o se encuentra a niveles demasiado bajos para ser efectivos (Tabla nº 1). Existen dos tipos fundamentales: de inoculación e inundación.

- **Inoculación (con finalidad preventiva):** las liberaciones se hacen al establecimiento del cultivo para colonizar el área durante el tiempo de permanencia del cultivo (o estación climatológica) y de esta forma prevenir los incrementos de la densidad del agente perjudicial. Se liberan pocos individuos en múltiples puntos y con repeticiones periódicas.

- **Inundación (con finalidad curativa):** consiste en liberaciones de un número muy elevado de EN, generalmente patógenos, para la reducción de la población del agente dañino a corto plazo, no se espera que el EN se establezca. Esta estrategia es muy similar a la aplicación de agroquímicos tanto en sus objetivos como en su formulación y aplicación además es una técnica muy costosa, se utiliza en invernaderos.

B. Conservación: consiste en la adopción de prácticas culturales que favorecen la conservación, el desarrollo y la actividad de la población de los EN presentes. A través de estrategias que rehabilitan la biodiversidad funcional del agroecosistema, mediante la manipulación del hábitat para que suministren recursos a los EN, tales como añadir especies florales ricas en néctar y polen, diversificación del agroecosistema para obtener microclimas adecuados para refugios, sitios de apareamiento, etc. Para que esto funcione es necesario eliminar el uso de plaguicidas. Este control biológico es el que más se utiliza en la agroecología (Valladares *et al.*, 2019).

Tabla 1. Ventajas y desventajas del control biológico aumentativo (Riquelme *et al.*, 2013; Valladares *et al.*, 2019)

Ventajas del control biológico	Desventajas del control biológico
No es nocivo para otros organismos.	Su aplicación necesita de un estudio, planeamiento y seguimiento.
La población de insectos herbívoros - fitófagos no generan resistencia a los EN	Es ineludible el conocimiento de la biología tanto de la plaga como de los EN.
La relación costo beneficio suele ser muy buena.	Los EN se incrementan con cierto retraso con respecto a los organismos plaga que atacan por lo que no proveen de una supresión inmediata.
No dejan residuo toxico sobre plantas. No contaminan el medioambiente.	Las especies exóticas compiten con las nativas.
No producen desequilibrio en el ecosistema agrícola.	

¿Qué son los refugios para EN?

Son asociaciones de diferentes vegetales: plantas hortícolas, hierbas espontáneas, aromáticas, medicinales, forrajeras, arbustos y frutales que les proporcionan a los insectos benéficos los siguientes servicios: **A-** Recursos alimenticios: polen, néctar y agua. **B-** Presencia de flores con nectarios abundantes y accesibles para los insectos. **C-** Acceso a presas y/u hospederos alternos. **D-** Microclimas con sombra, temperatura y humedad apropiada para reproducirse, oviponer, protegerse en cortos lapsos de tiempo. **E-** Hábitats para diapausa (estado de letargo en invierno) (Vázquez *et al.*, 2008; Paleólogos *et al.*, 2008; Nicholls, 2008, 2010 y Rodas, 2012).

En la figura 5, se aprecia el esquema de distintos tipos de flores; las anteras (estructura donde se almacena el polen) y los nectarios (glándulas que segregan néctar). Las plantas refugios adecuadas son las que poseen nectarios del tipo 1 y 2; porque los insectos pueden entrar y salir sin problema para alimentarse.

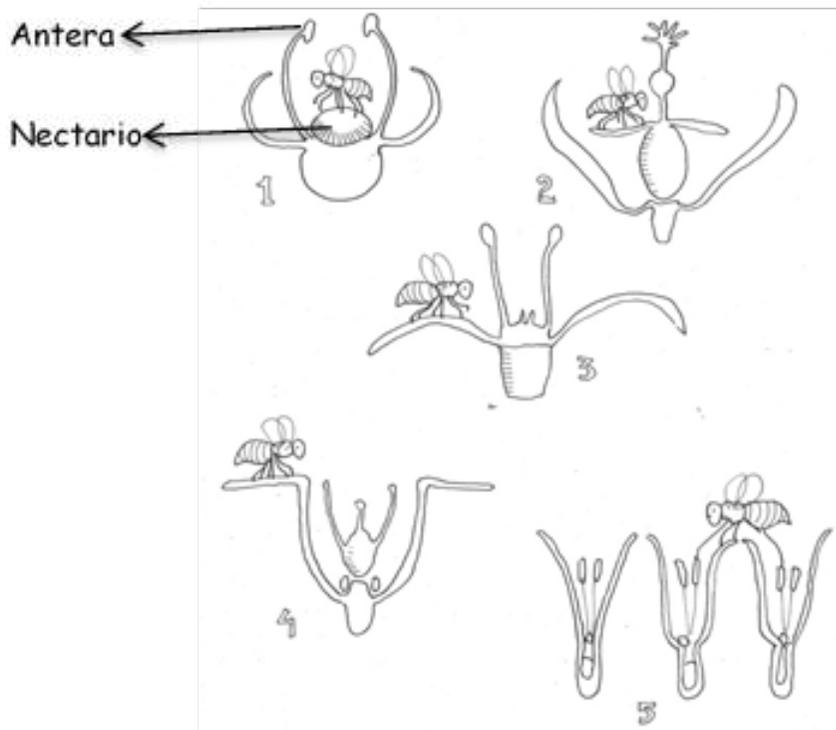


Fig. 5. Posición de los nectarios y anteras de las flores apropiadas para la alimentación de los insectos.

Las principales familias botánicas que contribuyen a la función de alimentar con néctar a los insectos son las *Umbelíferas*, *Brassicaceas*, *Asteráceas*, *Fabáceas*, entre otras. En la **Tabla 6** especificaremos las “Flores atractivas para insectos benéficos” con ejemplos de especies por familia, duración de la floración, color de la flor que atrae a los EN, etc. Esta información es indispensable para realizar los diseños agroecológicos y planificar un calendario de siembra y resiembra que mantenga la floración secuencialmente a lo largo de todo el año, y así disponer continuamente de refugios para los insectos benéficos.

A continuación se citan más recomendaciones: **A-** La presencia de las flores debe ser lo más constante posible para que los adultos de EN puedan alimentarse para la maduración de sus órganos reproductivos y la prolongación de su vida. **B-** Las plantas nativas puede tener más ventajas sobre las exóticas, porque están adaptadas al entorno regional y a la fenología de los insectos locales. **C-** Las plantas más altas tienen más área tridimensional que puede ser ocupada por más EN. **D-** Los refugios de los EN deben estar cercanos a los cultivos para facilitar su acceso. Por el contrario, el establecimiento de sectores extensos de monocultivos libres de otra vegetación (mínima diversidad de plantas), implica que los reservorios queden lejos de su alcance, con lo cual disminuye notablemente la acción de los EN y las poblaciones de agentes productoras de daños pueden manifestarse.

PRÁCTICAS AGROECOLÓGICAS

En el diseño de los agroecosistemas para que se favorezca el control biológico y reconstituyan las tramas tróficas se proponen las siguientes prácticas concretas: **1-** Franjas de flores. **2-** Barreras vivas perimetrales. **3-** Ambientes seminaturales. **4-** Coberturas vegetales del suelo. **5-** Manejo de la alelopatía. **6-** Hospedaje de insectos.

1) Franjas de flores

Son franjas sembradas con plantas que tienen flores que atraen a las poblaciones de insectos benéficos (Figuras 6, 7, 8 y 9). Las franjas ideales deberían ser:

A- Paralelas a las líneas de cultivo. **B-** De 1,50 m de ancho (en promedio). **C-** 300-400 m de largo, si es posible que se unan a ambientes semi naturales. **D-** Intercaladas entre las líneas de cultivo cada 25 m, para favorecer el movimiento de los EN en toda la superficie cultivada. **E-** Con diversidad de plantas de variada arquitectura morfológica, y con una gran amplitud de la floración en la comunidad vegetal, por ejemplo hierbas aromáticas, plantas silvestres y vegetación nativa (ver tabla de “flores atractivas para insectos benéficos al final del capítulo). **F-** Estas franjas pueden ser creadas de nuevo cada año si los agricultores desean cambiar la dirección de la labranza. Pero, cuanto más tiempo permanezcan intactas, diversas y perennes, más se van a desarrollar las interconexiones que favorezcan estabilidad de las tramas tróficas, es menos trabajo y más económico (Vázquez *et al.*, 2008; Nicholls, 2010; Altieri y Nicholls, 2010).



Fig. 6. A- Franjas de flores de ajos pata de elefante y cilantro en campo del MAUC 2017. B- Marcado con un círculo se muestra la visita de insecto benéfico en una flor de ajo pata de elefante.



Fig. 7. Franja de flores en campo hortícola de gran extensión (Altieri y Nicholls, 2010) compuesta de Tomillo (*Thymus vulgaris*), planta con flores rosa y blancas; Cosmos (*Cosmos bipinnatus*), tiene flores en tonos rosa, púrpura y blanco y una brassícea, Aliso de mar (*Lobularia maritima*) con flores blancas.



Fig. 8. Franja de flores en sistema hortícola de superficie chica, con riego por goteo y ladrillos de cerámicos huecos colocados como hospedaje de insectos. Las especies vegetales de la franja son: romero, cosmos, crisantemo y tomillo (Tabla 6).



Fig. 9. Franja con más de 60 especies de plantas silvestres y aromáticas que proveen de flores durante toda la estación, en un viñedo de gran extensión (Nicholls y Altieri, 2010).

2) Barreras vivas perimetrales

Son las plantas que se siembran alrededor de los lotes o campos. Con la función de obtener:

- A- Barrera física de insectos herbívoros que llegan por acción del viento.
- B- Refugio natural, alimentación (polen, néctar, presas alternativas) y desa-

rrollo de EN para el control biológico por conservación al colocar plantas atractivas para los EN. **C-** Deben ser plantas de porte alto y de crecimiento rápido. **D-** En los sistemas hortícolas se pueden usar como barreras vivas las plantas de maíz, sorgo, girasol (figuras 10, 11,12 y 13) se deben sembrar 2-3 meses antes que el cultivo hortícola principal y a 1 metro de distancia como mínimo. Además el girasol tiene flores atractivas para los parasitoides y predadores naturales (Vázquez et al., 2008; Paleólogos et al., 2008 y Nicholls, 2010).



Fig.10. Barreras vivas de maíz y sorgo, alrededor de lote hortícola (Vázquez *et al.*, 2008).



Fig. 11. Barreras vivas de Sorgo en cultivo de tomate (Vázquez *et al.*, 2008).



Fig. 12. Barrera de maíz en cultivo de porotos.



Fig. 13 Barrera viva de maíz y girasol en huerta familiar.

3) **Ambientes seminaturales**

Son corredores de árboles que conservan algunas especies leñosas y herbáceas de la vegetación nativa. Fueron creados como barreras forestales con plantas exóticas para frenar el viento y muchas veces para retener el suelo en las acequias de riego. Se utilizan como zona de transición (Figuras 14 y 15) con las siguientes características:

A- Funcionan como zonas de refugio y/o centro de dispersión de EN

importante para el control biológico. B- Pueden constituir corredores ecológicos y refugios de biodiversidad, sobre todo si las arboledas son diversificadas y se unen entre distintos campos. C- Funcionan como filtros de insectos fitófagos entre dos áreas manejadas con fines diferentes (Vázquez et al., 2008). D- Aporta ventajas económicas y productivas porque bajo su sombra se crea un microclima ideal para la crianza de animales, lombricultura, apicultura, gallineros, producción de bocashi, bioinsumos, compost y esparcimiento (Fig. 16).



Fig. 14. Ejemplo de ambiente semi-natural al margen del sistema hortícola.



Fig. 15. Ambiente semi natural en el campo del MAUC.



Fig.16 Ejemplos de diversas producciones bajo los sistemas semi naturales. A) Apicultura. B) Camas de lombricultura. C) Cría de aves.

A medida que los árboles vayan envejeciendo y en las zonas perimetral se aconseja reforestar con árboles frutales de mediano y alto porte para restaurar y volver agro-productiva las áreas seminaturales. Lo ideal es comprar frutales injertados de buena calidad y adaptados a nuestra zona.

Las distancias de trasplante entre árbol y árbol pueden ir desde los **4** hasta los **6 metros**, según la variedad. La época de plantación para nuestra zona para frutales de hojas caducas, (durazno, ciruelo, manzano, peral), es en pleno invierno y a raíz desnuda, en cítricos (naranja, limón, mandarino) es mejor con el pan de tierra para que sufran menos el trasplante, e incluso pudiendo trasplantarlo en época diferente de invierno.

¿Cómo hacer el trasplante? Se hace un hoyo lo suficientemente grande para acomodar el sistema radicular, **0,50 m de profundidad** y **0,40 m de diámetro** (Fig. 17), regamos el pozo con abundante agua, posteriormente colocamos estiércol seco o abono orgánico maduro (humus, compost, bocashi, lombricompost), mezclado con la tierra más fértil (que es la de arriba), en el primer tercio del hoyo, colocamos los árboles con el injerto fuera del hoyo. No se recomienda poner grandes cantidades de abono orgánico suelto sin mezclar o turba debajo de los árboles, ya que estos materiales eventualmente se van a desintegrar, dejando “bolsas de aire” en la zona de raíces. Por último compactamos el suelo firmemente alrededor de las raíces pero con cuidado de no romperlas y nuevamente regar con agua (un balde de 20 litros) para

eliminar las posibles “bolsas de aire”. Además se le deberá hacer labores de abonado, riego, poda y colocación de trampas agroecológicas para la mosca de los frutos en caso de ser necesario a lo largo de ciclo de vida para obtener frutos sanos (Frutales en la huerta orgánica familiar, Pro huerta- INTA, 2012).



Fig. 17. Esquemas para hacer el trasplante (INTA pro Huerta, 2012).

4) Coberturas vegetales del suelo

Son cultivos que cubren el suelo y que se siembra en asociación con otras plantas, actúan como una “manta” para el suelo, pueden ser temporales o permanentes (Figuras 18 y 19). Al contrario de los abonos verdes, un cultivo de cobertura no se corta ni se incorpora al suelo sino que se deja en las calles de los cultivos a manera de tapete vegetal. Poseen múltiples ventajas:

A- Genera un microclima más fresco, ideal para predadores caminadores (juanitas, arañas), los protege de radiaciones solares y corrientes de aire directo. **B-** Sus flores son fuentes de alimentación para parasitoides adultos y polinizadores. **C-** Contribuye al desarrollo de la microflora y microfauna del suelo. **D-** En los sistemas hortícolas se pueden usar como cultivo de cobertura Leguminosas / Fabáceas: Vicia sp., alfalfa o tréboles (melilotos), ya que estas fijan nitrógeno que posteriormente puede ser utilizado por otros cultivos.



Fig. 18. Cultivo de cobertura con poroto rastrero, alimento y fijación de nitrógeno al suelo.



Fig. 19. Cultivo de cobertura con Vicia (Baigorria *et al.*, 2018).

5) Manejo de plantas alelopáticas

Las plantas alelopáticas son plantas que liberan o exudan a través de los tejidos vegetales de las raíces, hojas o flores, fragancias y esencias que contienen compuestos aleloquímicos. Estas sustancias pueden tener efectos atraerentes, repelentes, inhibidores o estimulantes sobre otras plantas, insectos o microorganismos como hongos o bacterias (Gómez y Agudelo, 2006; Cárdenas-Tello, 2014). Es importante que las plantas alelopáticas formen parte del diseño de cultivos, porque ayudarían a mantener equilibrada la trama trófica. Estas plantas se clasifican para el diseño en: **repelentes, trampas, antagonicas y comensalistas.**

Plantas repelentes. Las feromonas de estas plantas mantienen alejado determinados insectos herbívoros, que en caso de que crezcan sus densidades poblacionales ayudan a proteger los cultivos principales. Actúan como barreras protectoras de sus plantas vecinas hasta una distancia de 80 a 90 centímetros, y se siembran o trasplantan al borde o a los extremos del cultivo hortícola (Tabla n° 2) (Gómez y Agudelo, 2006). Ver listado en tabla 2.

Plantas trampa. Son las plantas con fitohormonas específicas que atraen insectos herbívoros pudiendo así alejarlos del cultivo principal. Pueden ser sembradas alrededor de los surcos o entre ellos, de modo que los insectos herbívoros se agrupen allí y en caso de altas poblaciones se puedan sacar manualmente o disminuir su población mediante la aplicación de algún bio-repelente agroecológico. Los cultivos trampa también pueden servir para que los insectos depredadores y parasitoides se reproduzcan en forma natural, aumentando así la población del control biológico (Tabla n° 3) (Gómez y Agudelo, 2006).

Plantas antagonicas. Son plantas que exhalan compuestos aleloquímicos inhibidores a través de su sistema radicular, causando un efecto negativo en las plantas vecinas, hasta llegar a debilitarlas (Tabla n° 4) (Gómez y Agudelo, 2006).

Plantas comensalistas o efectos benéficos indirectos. Son plantas que producen compuestos aleloquímicos que logran efectos benéficos en plantas vecinas. Cuando estas plantas se siembran intercaladas en cultivos producen ciertos beneficios: ya sea concentrar aceites esenciales a sus plantas vecinas, provocar efectos negativos sobre los insectos herbívoros (olor no atractivo para la potencial plaga) y/o corregir deficiencias de elementos menores o suministrar agua a sus plantas vecinas para su buen desarrollo (Tabla n° 5) (Gómez y Agudelo, 2006).

Tabla 2. Listado de plantas repelentes (Gómez y Agudelo, 2006).

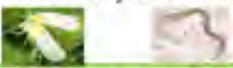
PLANTA REPELENTE	REPELE
AJENJO (<i>Artemisia absinthium</i> L.)	Babosas, Caracoles 
ALBAHACA (<i>Ocimum basilicum</i>)	Arañuelas rojas, Moscas, Pulgones 
BORRAJA (<i>Borrago officinalis</i> L.)	Orugas cortadoras 
CALÉNDULA (<i>Calendula officinalis</i>)	Moscas blancas, Nematodos 
CAPUCHINA (<i>Tropaeolum majus</i>)	Caracoles, Hormigas, Moscas blancas, Pulgones 
HINOJO (<i>Foeniculum vulgare</i> Mill)	Orugas cortadoras 
ORÉGANO (<i>Origanum vulgare</i>)	Hormigas, Moscas, Pulgones 
ORTIGA (<i>Urtica urens</i> , <i>Urtica dioica</i>)	Impide el desarrollo del hongo (Pythium sp.).
MENTA (<i>Menta piperita</i>)	Hormigas, Moscas blanca, Ratones 
MANZANILLA (<i>Chamaemelum nobile</i>)	Orugas cortadores 
REPOLLO (<i>Brassica oleracea</i> L., var. <i>capitata</i> D.C.)	Moscas blancas en el tomate. (Sembrando debajo de las plantas de tomate una planta de repollo). 
SALVIA (<i>Salvia officinalis</i>).	Orugas cortadoras 
TAJETE (<i>Tagete minuta</i>)	Nematodos 
TOMILLO (<i>Thymus vulgaris</i>)	Orugas cortadoras 

Tabla 3. Listado de plantas trampas (Gómez y Agudelo, 2006).

PLANTA TRAMPA	ATRAE ENTRAMPA
ENELDO (<i>Anethum graveolens</i> L.)	Gusanos del suelo 
ESPARRAGUERA	Carpocapsa (Polilla del Manzano) 
HIEDRA	Chinches y Ácaros 
RUDA (<i>Ruta graveolens</i> L.)	Moscas, Polillas 
TABACO (<i>Nicotiana tabacum</i> L.)	Mosca Blanca 
TRÉBOL	Mosca del Repollo 
PLANTAS FAMILIA DE LAS BRASICÁCEAS (repollo, brócoli, coliflor)	Pulgones 
ALEGRÍA DEL HOGAR Ornamental	Trips 
SOJA (<i>Glicine max</i>)	Cascarudos herbívoros, sosegando daño a los cultivos de la arveja y coliflor 

Tabla n° 4. Listado de plantas antagonicas (Gómez y Agudelo, 2006).

PLANTA ANTAGONICA	INHIBE
<p>DIENTE DE LEON (<i>Taraxacum officinale</i>)</p> 	<p>Exhala gas etileno por sus raíces, inhibe el crecimiento de las plantas vecinas.</p>
<p>HINOJO (<i>Foeniculum vulgare</i> Mill)</p> 	<p>Es incompatible con la hierbabuena porque la quema.</p>
<p>ALBAHACA (<i>Ocimum basilicum</i>)</p> 	<p>Es incompatible con la Ruda porque la quema.</p>
<p>ENELDO (<i>Anethum graveolens</i> L.)</p> 	<p>No es compatible con las plantas de zanahoria.</p>
<p>MAIZ (<i>Zea mays</i> L.)</p> 	<p>Es incompatible con los frutales de hojas caducas porque quema sus flores y hojas (durazno ciruelo, manzano etc.)</p>
<p>CEBOLLA (<i>Allium cepa</i>)</p> 	<p>No es compatible con plantas de porotos y arvejas.</p>

Tabla 5 Listado de plantas comensalistas (Gómez y Agudelo, 2006).

PLANTA COMENSALISTA	EFECTO BENEFICO
<p>MILENRAMA (<i>Achillea millefolium</i>)</p> 	<p>Aumenta la concentración de aceites esenciales al plantario próximo a plantas aromáticas</p>
<p>POROTO (<i>Phaseolus vulgaris</i>)</p> 	<p>Repele al gusano cogollero (<i>Spodoptera frugiperda</i>) en plantas de maíz (<i>Zea mays L.</i>).</p>
<p>TAGETE (<i>Tagete minuta</i>)</p> 	<p>Repele nematodos en el suelo. De manera preventiva se la puede sembrar un año antes en donde haremos el trasplante de plantas de tomates, pimientos (Solanáceas) que son susceptibles al ataque de nematodos.</p>
<p>HABA (<i>Vicia faba L.</i>)</p> 	<p>Repele el gusano barrenador del tallo (<i>Diatraea saccharalis</i>) en cultivos de maíz (<i>Zea mays L.</i>), sembrando en los entresurcos plantas de habas (<i>Vicia faba L.</i>).</p>
<p>MENTA (<i>Mentha sp.</i>)</p> 	<p>En el árbol de limón evita deficiencia de elementos nutricionales, sembrando debajo de cada árbol matas de menta o hierbabuena (<i>Mentha sp.</i>).</p>
<p>RABANITO SILVESTRE (<i>Brassica campestris</i>)</p> 	<p>Al momento de germinar, genera un gas que ablanda la piel del gusano blanco (<i>Diloboderus abderus</i>), colaborando a los insectos benéficos que habitan el suelo en su degradación. Se puede prevenir con la siembra o dejando a los Rabanito Silvestre intercalado con el cultivo.</p>

6) Hospedaje de insectos

Es un refugio para insectos benéficos, creado artificialmente y que se encuentra en estos momentos en un proceso de experimentación (Teh-Weisenburger, 2017). Proporciona un sitio donde esta fauna pueda protegerse del invierno e incluso si se dan las condiciones óptimas reproducirse, poner sus huevos donde pasaran primero por fase larvaria, pupa y hasta la edad adulta.

Es importante saber que el hospedaje de insectos no atrae a los organismos benéficos (abejas, crisopas, vaquitas, juanitas, mantis etc.), sino que una vez que llegan al huerto si tienen alimentación y un lugar adecuado para quedarse, buscaran un refugio para instalarse y si el hospedaje brinda esas condiciones, lo van usar. De lo contrario, se marchan en busca de esos requisitos o mueren en el intento. Por esta razón es fundamental colocar el hospedaje de insectos en un lugar soleado, no insolado, protegido de la intemperie, y cerca de flores silvestres, aromáticas, hortalizas árboles y arbustos de los que consecutivamente se alimentarán (Fig. 20). Para así facilitar por ejemplo los numerosos viajes de algunas abejas hembra que pondrán un huevo en cada pequeño agujero del hotel (Fig. 21) y cada huevo siempre va acompañado de polen y néctar necesarios para el temprano desarrollo de su descendencia antes de cerrar la celda, lo que le llevará alrededor de unos treinta viajes para cada una.



Fig. 20. Hospedaje colocado en lugar soleado y cerca de flores que atraen a insectos benéficos.



Fig. 21. Abeja hembra solitaria colocando en cada orificio su huevo (descendencia) con néctar y polen para que se alimenten las larvas al nacer.

No se puede controlar por completo qué tipo de insectos visitarán el hotel, incluso puede darse el caso de depredación entre inquilinos, pero de igual manera son menos los casos. No debe estar destinado a un insecto en particular, favorecer sólo una especie puede ser un error. Se debe alcanzar la mayor diversidad de ambientes para llegar al máximo espectro de insectos posible, para favorecer la recuperación de la trama trófica. Por ejemplo, sólo una pequeña parte de las abejas o abejorros que existen viven en grandes colmenas. La mayoría son solitarias y pacíficas (no son agresivos al no tener colmena que defender, y solo en caso de que su vida corra peligro usan su aguijón), y para pasar el invierno y colocar sus huevos requieren de refugios por lo que excavan agujeros en el suelo, o en tallos, otras se hacen su propia celda con un poco de barro, y otros simplemente se ocultan entre la hojarasca. Del mismo modo las vaquitas (coccinélidos), pasan el invierno hibernando ocultas entre las hojas secas esperando a que pase la época de frío, corriendo el riesgo de que las prácticas de manejo como aradas del suelo, agregado de guanos, siembras, pudieran eliminar estos depredadores benéficos.



Fig. 22. Hospedaje para insectos fabricado con materiales reciclados que se encuentran en el mismo establecimiento hortícola.

Se puede fabricar de manera reciclada por ejemplo con cuatro maderas de pallets, ladrillos (Fig. 22) y una malla anti pájaros para evitar la depredación por parte de las aves e impedir el ingreso de roedores y en el interior, ramas y pajas secas, cortezas, cañas, hojas, pequeños troncos que perforaremos con agujeros de diámetros y profundidades pequeñas, macetas rotas y piedras que adquirimos en nuestro sistema productivo. Es importante utilizar maderas no tratadas que podrían matar los insectos inquilinos. Nunca utilizar piñas de pino, conchas de caracol pegadas, virutas de madera tratadas y tubos de plástico transparente.

Los grandes hoteles de insectos (llamados condominios de insectos) como proyectos de jardinería individuales o comunitarios, recién se están conociendo y poco se sabe de la manera de construirlos. Se sabe que, los hábitats naturales de insectos se producen como pequeños nidos separados, y los grandes hoteles de insectos representan un riesgo de enfermedad y parasitismo para los insectos que habitan en el interior de alta densidad.

La falta de un buen techo / refugio en los hoteles de insectos, arriesgando una exposición constante a la lluvia contribuye al crecimiento de moho, este trae enfermedades a los insectos. Crece cuando la humedad se condensa y queda atrapada en materiales plásticos utilizados en hoteles de insectos como tubos y bloques.

Los diseñadores de los hospedajes deben ser responsable y considerar los conocimientos de los entomólogos.

El mantenimiento y la limpieza son aspectos esenciales.: El hotel debe ser inspeccionado al final del verano para eliminar y limpiar las celdas con insectos muertos. Esto evitará el moho, ácaros y parásitos que se multiplicarían, sin mantenimiento y limpieza oportunos. Un hotel de insectos que alguna vez estuvo ocupado puede no atraer un nuevo lote en la próxima temporada. También se deben

reemplazar los hoteles de insectos porque pueden degradarse naturalmente después de dos o más años (Nadreau, 2015).

Una huerta o un sistema productivo excesivamente cuidado no es un refugio adecuado para los insectos. Alrededor del hotel se puede disimular con ramas (Fig. 23), lo ideal es dejarlo en un lugar fijo y a medida que pasa el tiempo crecerá vegetación que formará parte del paisaje, así los huéspedes se sentirán más seguros.

Los materiales que se pueden utilizar para armar cada habitación del hospedaje (Fig. 23) son los siguientes: **1-** Paja o viruta seca sin tratar, proporciona refugio para las crisopas (Neuróptera). **2-** Cañas de bambú, proporciona refugio para abejorros y abejas solitarias (Himenópteras) que polinizan las primeras flores de árboles frutales. **3-** Macetas de barro rellenas de guano atrae tijeretas (Dermáptera). Del mismo modo cúmulos de piedra o ladrillos al ras del suelo atrae tijeretas y arañas. **4-** Tablas de maderas apiladas tras una rejilla es apta para insectos xilófagos (descomponen madera muerta). **5-** Los troncos agujereados son refugio para polinizadores solitarios (abejas, avispas, abejorros). **6-** Palitos finitos, pajas secas proporcionan refugio para los sirfidos (Díptera) y para pequeños himenópteros. **7-** Ladrillos ahuecados proporcionan refugio para abejas y abejorreo (Himenóptera). **8-** Pequeños troncos superpuestos uno arriba del otro atraen a vaquitas (Coleóptera) a pasar el invierno. **9-** Antipájaros para evitar la depredación por parte de las aves.

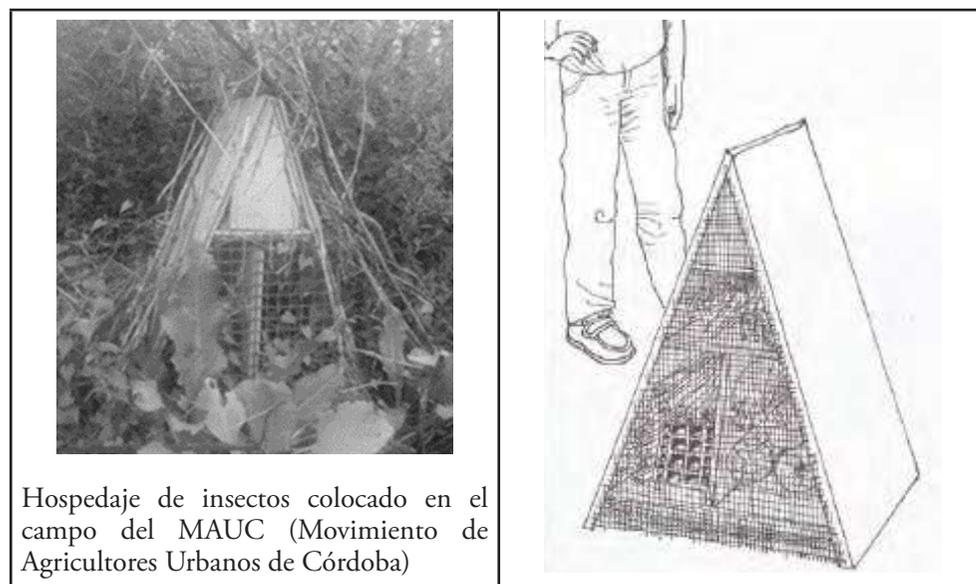


Fig. 23. Hospedaje de insectos y detalle de los materiales que se pueden utilizar para cada habitación (derecha) y alrededores (izquierda).

Se reconocen las siguientes ventajas de los hospedajes de insectos: **A-** Mantiene la biodiversidad de los insectos benéficos, para control biológico. **B-** Favorece la polinización de flores y hortalizas. **C-** Fabricación sin mucho esfuerzo y utilizando materiales reciclados. **D-** Didáctico para niños y adultos como actividad práctica al aire libre. **E-** Decorativo.

ESTRATEGIAS DE DIVERSIFICACIÓN: DISEÑO DE LAS FRANJAS DE FLORES

Relación mutualista planta - polinizador

La polinización es el proceso de transferencia del polen desde los estambres hasta el gineceo o parte receptiva de las flores, donde germina y fecunda los óvulos de la flor, haciendo posible la producción de semillas y frutos. En el agroecosistema, los vectores de polinización son importantes los insectos benéficos. El néctar segregado por las flores es el atractivo para que lleguen los insectos polinizadores para alimentarse, también entran en contacto con el polen presente en los estambres. Una vez posado el polen sobre el cuerpo de estos insectos, lo arrastran consigo, y esto permite que llegue hasta el pistilo de otras flores, favoreciendo el proceso de polinización cruzada de las plantas.

Las flores atraen a los insectos

Es importante sembrar una variedad de especies vegetales, contar con flores durante todo el año, elegir cuidadosamente el lugar de plantación y tratar de promover los hospedajes para insectos polinizadores. En la Tabla 6 proponemos una diversidad de flores con la descripción técnica necesaria para los diseños.

Es significativo conocer algunos conceptos de la morfología de la flor: 1- Cáliz: es una estructura similar a hojas verdes que protege y sostiene los pétalos de la flor (sépalos). 2- Corola: está formada por pétalos a menudo vistosos y coloridos para atraer a los insectos que ayudan con la polinización. 3- Estambre: parte masculina de la flor que produce el polen (filamento y antera). 4- Pistilo o gineceo: compuesto por los ovarios, estilo y estigma (Fig. 24), (ver Glosario).

La forma de la corola puede ser muy variada: tubulosa (con forma de cilindro, como en las flores centrales de los capítulos de la familia de las compuestas), con forma de embudo, como en el caso de la “batata”, *Ipomoea ba-*

tatas, (convolvuláceas); campanulada (como un tubo inflado, parecido a una campana), con forma de tubo largo y delgado, labiada (con el limbo formado por dos segmentos desiguales, como en el caso de *Salvia* sp., ligulada (forma de lengüeta), la cual se observa en las flores periféricas de los capítulos de muchas compuestas, y espolonada (Fig. 25) (ver Glosario).

En botánica, la inflorescencia es la disposición de las flores sobre las ramas o la extremidad del tallo. La inflorescencia consta de dos o más flores, son plurifloras. Pueden tener un solo eje principal o llevar varias ramas plurifloras laterales; estar formadas por inflorescencias elementales de igual naturaleza que la inflorescencia única (por ejemplo, racimo de racimos o espiga de espigas), o estar formadas de elementos de distinta naturaleza, sea del mismo tipo (por ejemplo, racimo de espigas) o de distinto tipo (por ejemplo, cima de capítulos) (Fig. 26), (ver Glosario).

¿Cuáles son los polinizadores?

De los animales polinizadores, el grupo más importantes a nivel global es el de las abejas (Hymenoptera: Apoidea). Este grupo, acompañado de otros insectos polinizadores como “moscas de las flores” (Diptera: Syrphidae), son componentes en la mayoría de los ecosistemas naturales y agrícolas del mundo, contribuyendo al desempeño de cultivos y plantas silvestres. Sin embargo, la disminución de las poblaciones de abejas melíferas y nativas en estos últimos años ha generado impactos ecológicos a nivel mundial que repercuten en el mantenimiento de la diversidad vegetal, afectando negativamente la producción de alimentos y la calidad de vida del hombre (López García *et al.*, 2019).

Las que contribuye a la agricultura, consumen néctar y son: 1- Lepidópteros o mariposas (diurnas) y polillas (nocturnas), y son importantes las familias Hesperiiidae y Papilionidae. 2- Los llamados Abejorros del género *Xylocopa*, hacen sus nidos en madera y son generalistas en cuanto a la fuente de polen y néctar. 3- Los Sífidos o “moscas de las flores” son dípteros cuyas larvas son depredadores de otros insectos. 4 - La mayoría de los coleópteros predadores pertenecen a las familias Carabidae y Coccinellidae, entre otros (Valladares *et al.*, 2019). Para mayor información revisar el libro “Manual de Buenas prácticas para la transición agroecológica, el capítulo 2, insectos y arácnidos (Barchuk *et al.*, 2018).

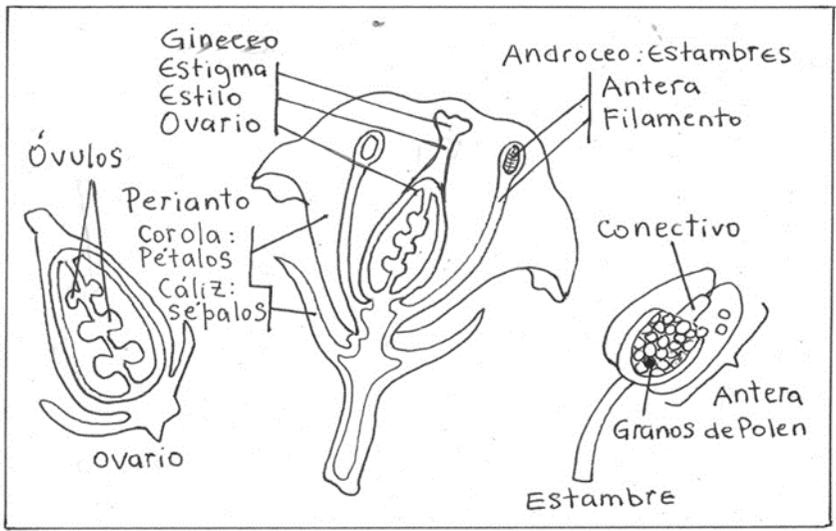


Fig. 24. Esquema de una flor simple.

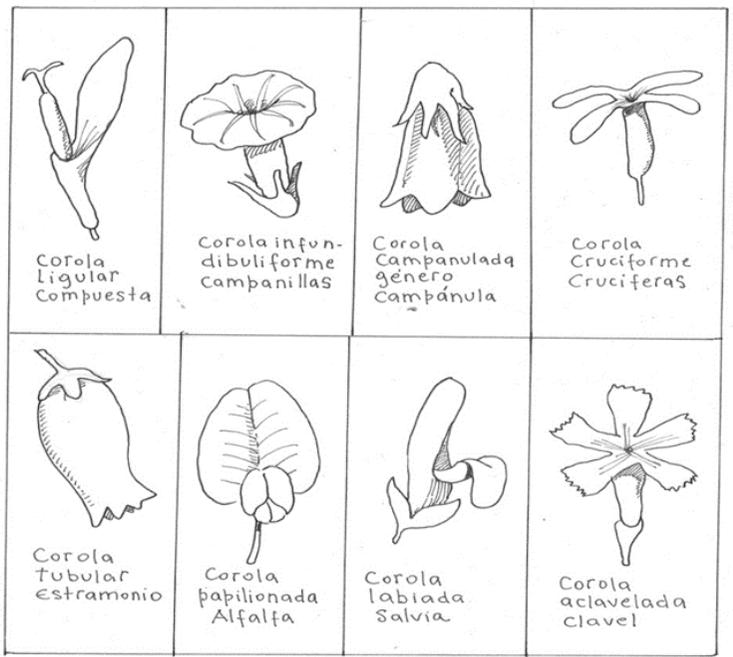


Fig. 25. Detalle de esquemas de tipos de corolas.

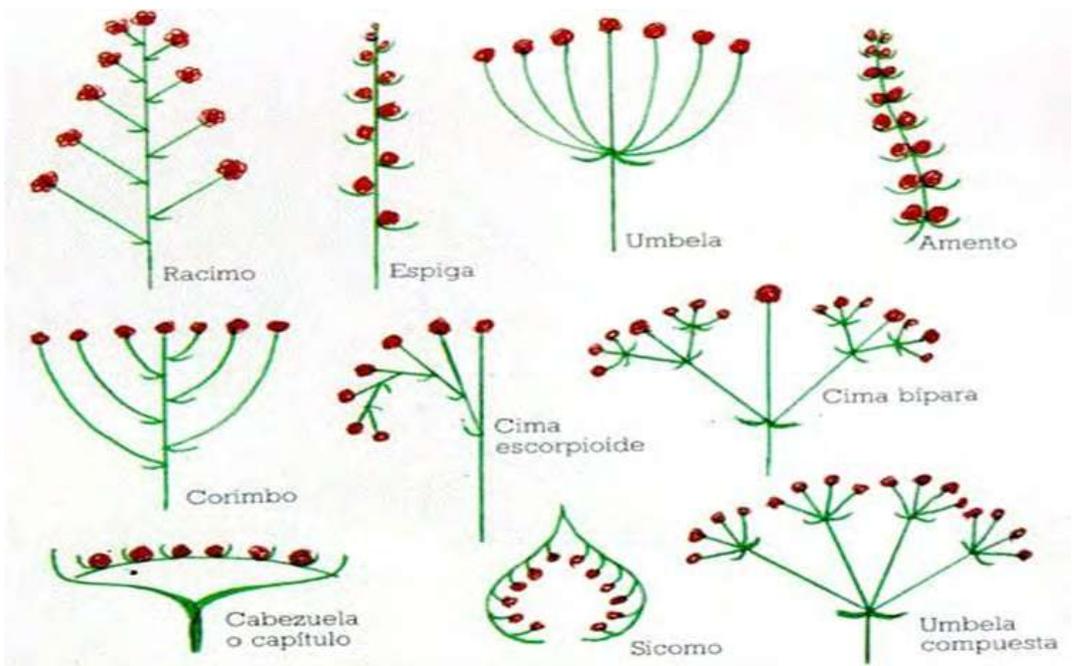


Fig. 26. Esquema de tipos de inflorescencias (flores compuestas).

Tabla 6. La tabla consta de una guía de cómo leer la tabla de reconocimiento de flores que atraen a insectos benéficos y 28 fichas descriptivas de especies vegetales herbáceas (Guzmán y Barchuk, 2018).

Observaciones: - Las especies vegetales que aparecen en la tabla n° 6, son resultado de los muestreos en campos con transición agroecológica, recopilación de bibliografía científica, y conocimientos populares y tradicionales compartidos por los agricultores y las agricultoras de los campos visitados. - Las imágenes fueron tomadas de distintos sitios de Internet con fines exclusivamente didácticos. - Este material aún continúa en estudio y en continua revisión.

Reconocimiento de flores que atraen a insectos benéficos

¿Cómo leer esta tabla?

Cada fila contiene:

<p>1 Clasificación por familia botánica.</p> <p>2 El nombre común o vulgar con el que se conoce la especie vegetal.</p> <p>3 El nombre científico o botánico (que es único para cada especie).</p> <p>4 Si es una especie anual o perenne.</p> <p>5 Si es una especie nativa o exótica.</p> <p>6 Una fotografía de la flor o inflorescencia para facilitar su identificación.</p> <p>7 Número que indica Inicio de la floración días después de la siembra (IFDDS)</p>	<p>8 Tamaño de la flor y tamaño de la inflorescencia.</p> <p>9 Época posible de siembra (varía según regiones) en calendario marcado los meses en color verde</p> <p>10 Época posible de floración (varía según regiones) en calendario marcado los meses en color rosa.</p> <p>11 Color de flor o inflorescencia</p> <p>12 Uso común de la planta (medicinal, hortaliza, aromática, arvense (maleza -bueneza), etc.</p> <p>13 Notas exponiendo datos por ej.: si es una planta tóxica.</p>
--	---

Esquema de uso

FAMILIA BOTÁNICA: AMARILIDÁCEA	IFDDS	TAMANO DE FLOR TAMANO DE INFLORESCENCIA	ÉPOCA DE SIEMBRA ÉPOCA DE FLORACIÓN COLOR
Nombre común: AJO BLANCO, AJO COMUN Nombre científico: <i>Allium sativum</i> Anual Exótica	150 - 180	5 mm 8 cm	E F M A M J J A S O N D E F M A M J J A S O N D Floración fines de primavera verano
Aromática Maleza - Bueneza Hortaliza Ornamental de Jardín Medicinal Forrajera		La semilla del ajo es el mismo diente de ajo.	

DESCRIPCION DE LAS ESPECIES					
FAMILIA BOTÁNICA: AMARANTÁCEA		IFDDS	<input type="checkbox"/> TAMAÑO DE FLOR <input checked="" type="checkbox"/> TAMAÑO DE INFLORESCENCIA	<input type="checkbox"/> ÉPOCA DE SIEMBRA <input type="checkbox"/> ÉPOCA DE FLORACIÓN	COLOR
Nombre común: SIEMPRE VIVA, YERBA DEL CIERVO Nombre científico: <i>Gomphrena pulchella</i> Perenne. Exótica			1-3 cm  	EF MAMJJASON D Floración estival De crecimiento espontaneo rara vez se la siembra.	
FAMILIA BOTÁNICA: AMARILIDÁCEA		IFDDS	<input checked="" type="checkbox"/> TAMAÑO DE FLOR <input checked="" type="checkbox"/> TAMAÑO DE INFLORESCENCIA	<input type="checkbox"/> ÉPOCA DE SIEMBRA <input type="checkbox"/> ÉPOCA DE FLORACIÓN	COLOR
Nombre común: AJO BLANCO, AJO COMUN Nombre científico: <i>Allium sativum</i> Anual Exótica		150 - 180	5 mm 8 cm	EF MAMJJASON D EF MAMJJASON D Floración fines de primavera verano La semilla del ajo es el mismo diente de ajo.	

<p>Nombre común: CEBOLLA</p> <p>Nombre científico: <i>Allium cepa</i></p> <p>Anual Exótica</p>		<p>150-180</p>	<p>5 mm 8 cm</p> 	<table border="1"> <tr> <td>E</td><td>F</td><td>M</td><td>A</td><td>M</td><td>J</td><td>J</td><td>A</td><td>S</td><td>O</td><td>N</td><td>D</td> </tr> <tr> <td>E</td><td>F</td><td>M</td><td>A</td><td>M</td><td>J</td><td>J</td><td>A</td><td>S</td><td>O</td><td>N</td><td>D</td> </tr> </table> <p>Floración verano</p>	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D																		
E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D																		
<p>Nombre común: AJO PATA DE ELEFANTE</p> <p>Nombre científico: <i>Allium giganteum</i></p> <p>Anual Exótica</p>		<p>150-180</p>	<p>5 mm 8-15 cm</p> 	<table border="1"> <tr> <td>E</td><td>F</td><td>M</td><td>A</td><td>M</td><td>J</td><td>J</td><td>A</td><td>S</td><td>O</td><td>N</td><td>D</td> </tr> <tr> <td>E</td><td>F</td><td>M</td><td>A</td><td>M</td><td>J</td><td>J</td><td>A</td><td>S</td><td>O</td><td>N</td><td>D</td> </tr> </table> <p>Floración fines de primavera</p>	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D																		
E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D																		
<p>FAMILIA BOTÁNICA: APIACEA O UMBELÍFERA</p>		<p>IFDDS</p>	<p>TAMAÑO DE FLOR TAMAÑO DE INFLORESCENCIA</p>	<p>ÉPOCA DE SIEMBRA ÉPOCA DE FLORACIÓN</p>	<p>COLOR</p>																								
<p>Nombre común: CILANTRO CORIANDRO</p> <p>Nombre científico: <i>Coriandrum sativum</i></p> <p>Anual Exótica</p>		<p>40-50</p>	<p>2 mm 2-5 cm</p> 	<table border="1"> <tr> <td>E</td><td>F</td><td>M</td><td>A</td><td>M</td><td>J</td><td>J</td><td>A</td><td>S</td><td>O</td><td>N</td><td>D</td> </tr> <tr> <td>E</td><td>F</td><td>M</td><td>A</td><td>M</td><td>J</td><td>J</td><td>A</td><td>S</td><td>O</td><td>N</td><td>D</td> </tr> </table> <p>Floración estival</p>	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D																		
E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D																		

<p>Nombre común: ENELDO Nombre científico: <i>Anethum graveolens</i> Anual Exótica</p>		<p>60-90</p>	<p>● 2 mm ⚙ 2-5 cm</p> 	<table border="1"> <tr><td>E</td><td>F</td><td>M</td><td>A</td><td>M</td><td>J</td><td>J</td><td>A</td><td>S</td><td>O</td><td>N</td><td>D</td></tr> <tr><td>E</td><td>F</td><td>M</td><td>A</td><td>M</td><td>J</td><td>J</td><td>A</td><td>S</td><td>O</td><td>N</td><td>D</td></tr> </table> <p>Floración primavero verano</p>	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D																	
E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D																	
<p>Nombre común: HINOJO SILVESTRE Nombre científico: <i>Foeniculum vulgare</i> Anual Exótica</p>		<p>100-120</p>	<p>● 2 mm ⚙ 2-8 cm</p> 	<table border="1"> <tr><td>E</td><td>F</td><td>M</td><td>A</td><td>M</td><td>J</td><td>J</td><td>A</td><td>S</td><td>O</td><td>N</td><td>D</td></tr> <tr><td>E</td><td>F</td><td>M</td><td>A</td><td>M</td><td>J</td><td>J</td><td>A</td><td>S</td><td>O</td><td>N</td><td>D</td></tr> </table> <p>Floración estival</p>	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D																	
E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D																	
<p>Nombre común: ZANAHORIA Nombre científico: <i>Daucus carota</i> Bianual Exótica</p>			<p>● 2 mm ⚙ 5-15 cm</p> 	<p>Se puede sembrar en cualquier mes del año. Y la floración de la zanahoria abarca un período entre 30 y 50 días. Al ser una planta bianual, desarrolla el tallo floral en el 2do año.</p>																								

<p>Nombre común: FALSA BIZNAGA, CICUTA NEGRA</p> <p>Nombre científico: <i>Ammi majus</i></p> <p>Anual</p> <p>Exótica</p>		<p>100-120</p>	<p>2 mm</p> <p>2-10 cm</p> 	<table border="1" data-bbox="852 282 1108 353"> <tr><td>E</td><td>F</td><td>M</td><td>A</td><td>M</td><td>J</td><td>J</td><td>A</td><td>S</td><td>O</td><td>N</td><td>D</td></tr> <tr><td>E</td><td>F</td><td>M</td><td>A</td><td>M</td><td>J</td><td>J</td><td>A</td><td>S</td><td>O</td><td>N</td><td>D</td></tr> </table> <p>Floración primavera verano</p>	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D																	
E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D																	
<p>Nombre común: CICUTA MAYOR</p> <p>Nombre científico: <i>Conium maculatum</i></p> <p>Bianual</p> <p>Exótica</p>		<p>100-120</p>	<p>2 mm</p> <p>2-10 cm</p> 	<table border="1" data-bbox="852 625 1108 697"> <tr><td>E</td><td>F</td><td>M</td><td>A</td><td>M</td><td>J</td><td>J</td><td>A</td><td>S</td><td>O</td><td>N</td><td>D</td></tr> <tr><td>E</td><td>F</td><td>M</td><td>A</td><td>M</td><td>J</td><td>J</td><td>A</td><td>S</td><td>O</td><td>N</td><td>D</td></tr> </table> <p>Floración primavera verano</p>	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D																	
E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D																	
<p>Nombre común: PEREJIL</p> <p>Nombre científico: <i>Petroselinum crispum</i></p> <p>Bianual</p> <p>Exótica</p>			<p>2 mm</p> <p>5-10 cm</p> 	<table border="1" data-bbox="852 954 1108 1025"> <tr><td>E</td><td>F</td><td>M</td><td>A</td><td>M</td><td>J</td><td>J</td><td>A</td><td>S</td><td>O</td><td>N</td><td>D</td></tr> <tr><td>E</td><td>F</td><td>M</td><td>A</td><td>M</td><td>J</td><td>J</td><td>A</td><td>S</td><td>O</td><td>N</td><td>D</td></tr> </table> <p>Floración primavera verano</p> <p>Al ser una planta bianual, desarrolla el tallo floral en el 2do año.</p>	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D																	
E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D																	

FAMILIA BOTÁNICA: ASTERÁCEA O COMPUESTA		IFDDS	 TAMAÑO DE FLOR  TAMAÑO DE INFLORESCENCIA	 ÉPOCA DE SIEMBRA  ÉPOCA DE FLORACIÓN	COLOR
				 E  F  M  A  M  J  J  A  S  O  N  D	
Nombre común: CALENDULA Nombre científico: <i>Calendula officinalis</i> Anual Exótica		120	 1 cm Ligular  1-2 mm Tubular  3-5 cm   	 E  F  M  A  M  J  J  A  S  O  N  D Floración primavera-estival Se usa como "planta trampa", sus flores son atractivas para pulgones.	 
Nombre común: COPETE SUICO Nombre científico: <i>Tagete minuta</i> Anual Nativa		120	 4-5 mm Ligular  1-2 mm Tubular  2-5 cm  	 E  F  M  A  M  J  J  A  S  O  N  D Floración primavera verano Planta nematicida natural.	
Nombre común: MILENRAMA Nombre científico: <i>Achillea millefolium</i> Perenne Exótica		130	 3-4 mm Ligular  1 mm Tubular  5-10 cm  	 E  F  M  A  M  J  J  A  S  C  N  D Floración estival hasta otoñal.	

<p>Nombre común: AMOR SECO</p> <p>Nombre científico: <i>Bidens pilosa</i></p> <p>Anual Nativa</p>		<p>3 mm Ligular</p> <p>1 mm tubular</p> <p>2-3 cm</p> 	<p>E F M A M J J A S O N D</p> <p>Floración estival hasta otoñal.</p> <p>De crecimiento espontaneo rara vez se la siembra.</p>
<p>Nombre común: RAMA NEGRA</p> <p>Nombre científico: <i>Conyza bonariensis</i></p> <p>Anual Nativa</p>		<p>1 mm</p> <p>1 cm</p> 	<p>E F M A M J J A S O N D</p> <p>Floración primaveral hasta otoñal.</p> <p>De crecimiento espontaneo rara vez se la siembra.</p>
<p>Nombre común: ALBAHACA DEL CAMPO o SILVESTRE</p> <p>Nombre científico: <i>Galinsoga parviflora</i></p> <p>Anual Nativa</p>		<p>2 mm</p> <p>6 mm</p> 	<p>E F M A M J J A S O N D E F M A M J J A S O N D</p> <p>Floración primaveral tardía hasta otoñal.</p> <p>De crecimiento espontaneo rara vez se la siembra.</p>

<p>Nombre común: DIENTE DE LEÓN Nombre científico: <i>Taraxacum officinale</i> Perenne Exótica</p>		<p>2 mm 2-5 cm</p> 	<table border="1" data-bbox="920 255 1181 330"> <tr><td>E</td><td>F</td><td>M</td><td>A</td><td>M</td><td>J</td><td>J</td><td>A</td><td>S</td><td>O</td><td>N</td><td>D</td></tr> <tr><td>E</td><td>F</td><td>M</td><td>A</td><td>M</td><td>J</td><td>J</td><td>A</td><td>S</td><td>O</td><td>N</td><td>D</td></tr> </table> <p>Floración primaveral</p>	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D																
E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D																
<p>Nombre común: CERRAJA Nombre científico: <i>Sonchus oleraceus</i> Anual Nativa</p>		<p>2-4 cm</p> 	<table border="1" data-bbox="920 620 1181 695"> <tr><td>E</td><td>F</td><td>M</td><td>A</td><td>M</td><td>J</td><td>J</td><td>A</td><td>S</td><td>O</td><td>N</td><td>D</td></tr> <tr><td>E</td><td>F</td><td>M</td><td>A</td><td>M</td><td>J</td><td>J</td><td>A</td><td>S</td><td>O</td><td>N</td><td>D</td></tr> </table> <p>Floración primavero verano De crecimiento espontaneo rara vez se la siembra.</p>	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D																
E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D																
<p>Nombre común: SUNCHILLO Nombre científico: <i>Wedelia o Pascalia glauca</i> Perenne Nativa</p>		<p>1 cm Ligular 1-2 mm Tubular 2-5 cm</p> 	<table border="1" data-bbox="920 919 1181 994"> <tr><td>E</td><td>F</td><td>M</td><td>A</td><td>M</td><td>J</td><td>J</td><td>A</td><td>S</td><td>O</td><td>N</td><td>D</td></tr> <tr><td>E</td><td>F</td><td>M</td><td>A</td><td>M</td><td>J</td><td>J</td><td>A</td><td>S</td><td>O</td><td>N</td><td>D</td></tr> </table> <p>Floración primavero otoñal. De crecimiento espontaneo rara vez se la siembra. En pasturas, especialmente de alfalfa, es peligrosa por su toxicidad aún en planta seca como forraje</p>	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D																
E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D																

Nombre común:
VARA DE ORO
Nombre científico:
Solidago chilensis
Perenne
Exótica



-  3-5 mm
Ligular
-  1-2 mm
Tubular
-  3-7 cm

E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D

Floración
primavero estival



Emerge en primavera. De crecimiento espontaneo rara vez se la siembra.

Nombre común:
CARDO COMESTIBLE, CARDO DE LA HUERTA
Nombre científico:
Cynara cardunculus
Perenne
Exótica



-  2 cm
Ligular
-  2-3 cm
Tubular
-  5-6 cm

E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D

Floración
primavero verano



Emerge en otoño. Se consumen sus tallos, para lo cual se los blanquea tapándolos con tierra durante su crecimiento, una vez cosechados y limpios de la piel espinosa que los cubre, se consumen cosidos y los capítulos florales se pueden preparar como alcauciles.

<p>Nombre común: CARDO AZUL, o VIOLETA, o DEL CABALLO Nombre Científico: <i>Carduus thoermeri</i> Anual Exótica</p>		<ul style="list-style-type: none"> • 2 cm Ligular • 2-3 cm Tubular • 5-6 cm 	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr><td>E</td><td>F</td><td>M</td><td>A</td><td>M</td><td>J</td><td>J</td><td>A</td><td>S</td><td>O</td><td>N</td><td>D</td></tr> <tr><td>E</td><td>F</td><td>M</td><td>A</td><td>M</td><td>J</td><td>J</td><td>A</td><td>S</td><td>O</td><td>N</td><td>D</td></tr> </table> <p style="text-align: center;">Floración primavero verano.</p> <p>De crecimiento espontaneo rara vez se la siembra.</p>	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D																
E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D																
<p>Nombre común: CARDO NEGRO, o SANTO Nombre Científico: <i>Cirsium vulgare</i> Perenne Exótica</p>		<ul style="list-style-type: none"> • 2 cm Ligular • 2-3 cm Tubular • 5-6 cm 	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr><td>E</td><td>F</td><td>M</td><td>A</td><td>M</td><td>J</td><td>J</td><td>A</td><td>S</td><td>O</td><td>N</td><td>D</td></tr> <tr><td>E</td><td>F</td><td>M</td><td>A</td><td>M</td><td>J</td><td>J</td><td>A</td><td>S</td><td>O</td><td>N</td><td>D</td></tr> </table> <p style="text-align: center;">Floración primaveral</p> <p>De crecimiento espontaneo rara vez se la siembra.</p>	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D																
E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D																
<p>Nombre común: CERRAJA BRAVA o ESPINOSA Nombre Científico: <i>Sonchus asper (L.) ill</i> Anual Exótica</p>		<ul style="list-style-type: none"> • 1 cm Ligular • 0,8 mm Tubular • 2-5 cm 	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr><td>E</td><td>F</td><td>M</td><td>A</td><td>M</td><td>J</td><td>J</td><td>A</td><td>S</td><td>O</td><td>N</td><td>D</td></tr> <tr><td>E</td><td>F</td><td>M</td><td>A</td><td>M</td><td>J</td><td>J</td><td>A</td><td>S</td><td>O</td><td>N</td><td>D</td></tr> </table> <p style="text-align: center;">Floración primaveral hasta otoñal</p>	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D																
E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D																

<p>Nombre común: NIM NIM, MATA DIENTE Nombre científico: <i>Acmella decumbens</i> Perenne Nativa</p>		<p>1,5-2 cm Ligular 2 mm Tubular 2-3 cm</p> 	<table border="1" data-bbox="834 220 1085 285"> <tr><td>E</td><td>F</td><td>M</td><td>A</td><td>M</td><td>J</td><td>J</td><td>A</td><td>S</td><td>O</td><td>N</td><td>D</td></tr> <tr><td>E</td><td>F</td><td>M</td><td>A</td><td>M</td><td>J</td><td>J</td><td>A</td><td>S</td><td>O</td><td>N</td><td>D</td></tr> </table> <p>Floración estivo otoñal De crecimiento espontaneo rara vez se la siembra. Esta especie posee el receptáculo elevado en forma de cono donde se ubican las flores tubulares.</p>	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D																
E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D																
<p>Nombre común: GIRASOL Nombre científico: <i>Helianthus annuus</i> Anual Nativa</p>		<p>5 cm Ligular 1 cm Tubular 10-30 cm</p> 	<table border="1" data-bbox="834 629 1085 695"> <tr><td>E</td><td>F</td><td>M</td><td>A</td><td>M</td><td>J</td><td>J</td><td>A</td><td>S</td><td>O</td><td>N</td><td>D</td></tr> <tr><td>E</td><td>F</td><td>M</td><td>A</td><td>M</td><td>J</td><td>J</td><td>A</td><td>S</td><td>O</td><td>N</td><td>D</td></tr> </table> <p>Floración estivo otoñal La inflorescencia gira a lo largo del día mirando hacia el sol. Tiene un follaje bastante áspero al tacto. Y puede llegar a medir hasta 3 m.</p>	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D																
E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D																
<p>Nombre común: BOTON DE ORO Nombre Científico <i>Gaillardia megapota mica</i> Perenne Nativa</p>		<p>1,5 cm Ligular 2 mm Tubular 3-4 cm</p> 	<table border="1" data-bbox="834 1045 1085 1110"> <tr><td>E</td><td>F</td><td>M</td><td>A</td><td>M</td><td>J</td><td>J</td><td>A</td><td>S</td><td>O</td><td>N</td><td>D</td></tr> <tr><td>E</td><td>F</td><td>M</td><td>A</td><td>M</td><td>J</td><td>J</td><td>A</td><td>S</td><td>O</td><td>N</td><td>D</td></tr> </table> <p>Floración primavero verano De crecimiento espontaneo rara vez se la siembra.</p>	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D																
E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D																

<p>Nombre común: GIRASOLLO, SANTA MARÍA Nombre científico: <i>Verbesina encelioides</i> Anual Nativa</p>		<p>1-2 cm Ligular 1cm Tubular 3-6 cm</p> 	<table border="1" data-bbox="921 235 1179 305"> <tr><td>E</td><td>F</td><td>M</td><td>A</td><td>M</td><td>J</td><td>J</td><td>A</td><td>S</td><td>O</td><td>N</td><td>D</td></tr> <tr><td>E</td><td>F</td><td>M</td><td>A</td><td>M</td><td>J</td><td>J</td><td>A</td><td>S</td><td>O</td><td>N</td><td>D</td></tr> </table> <p>Floración primaveral hasta otoñal</p> <p>De crecimiento espontaneo rara vez se la siembra.</p>	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D																
E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D																
<p>Nombre común: MANZANILLA COMUN Nombre científico: <i>Chamaemelum nobile</i> Perenne Nativa</p>		<p>1-2 cm Ligular 1 cm Tubular 2-4cm</p>   	<table border="1" data-bbox="921 627 1179 697"> <tr><td>E</td><td>F</td><td>M</td><td>A</td><td>M</td><td>J</td><td>J</td><td>A</td><td>S</td><td>O</td><td>N</td><td>D</td></tr> <tr><td>E</td><td>F</td><td>M</td><td>A</td><td>M</td><td>J</td><td>J</td><td>A</td><td>S</td><td>O</td><td>N</td><td>D</td></tr> </table> <p>Floración estival</p> <p>Con densidades de siembra de 10 plantas por m2 el rendimiento en flores secas es aproximadamente entre 400 - 800 kg por hectárea. La plantación puede durar 3 - 4 años, y se debe renovar.</p>	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D																
E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D																

Nombre común:
**FALSA
 MANZANILA,
 o DEL CAMPO
 o CIMARRON
 o BASTARDA**



Nombre científico: *Anthemis cotula L.*
 Anual
 Exótica

1-2 cm
 Ligular
 1 cm
 Tubular
 2-4cm

E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D

Floración estival

De crecimiento espontaneo rara vez se la siembra. Tiene olor feo, por lo que le llaman margarita hedionda.



Nombre común:
ACHICORIA
 Nombres científicos:
Cichorium intybus L.
 Perenne
 Exótica



4-6 cm

E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D

Floración primaveral tardía hasta otoñal.



Nombre común:
**TAGETE,
 CRISANTEMO,
 CLAVEL CHINO,
 FLOR DE MUERTOS**
 Nombre científico: *Tagetes erecta L.*
 Anual
 Exótica



2 mm
 2-5 cm

E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Floración primaveral hasta otoñal.



<p>Nombre común: COSMOS Nombre científico: <i>Cosmos spp.</i> Perenne Exótica</p>		<p>☼ 3-5 cm</p> 	<table border="1"> <tr><td>E</td><td>F</td><td>M</td><td>A</td><td>M</td><td>J</td><td>J</td><td>A</td><td>S</td><td>O</td><td>N</td><td>D</td></tr> <tr><td>E</td><td>F</td><td>M</td><td>A</td><td>M</td><td>J</td><td>J</td><td>A</td><td>S</td><td>O</td><td>N</td><td>D</td></tr> </table> <p>Floración primavero verano</p>	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D																	
E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D																	
<p>Nombre común: CHINITA DEL CAMPO, FLOR DE PAPEL Nombre científico: <i>Zinia peruviana</i> Anual Nativ</p>		<p>☼ 1-3 cm Ligular ☼ 5 mm Tubular 2-5cm</p> 	<table border="1"> <tr><td>E</td><td>F</td><td>M</td><td>A</td><td>M</td><td>J</td><td>J</td><td>A</td><td>S</td><td>O</td><td>N</td><td>D</td></tr> <tr><td>E</td><td>F</td><td>M</td><td>A</td><td>M</td><td>J</td><td>J</td><td>A</td><td>S</td><td>O</td><td>N</td><td>D</td></tr> </table> <p>Floración estival</p>	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D																	
E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D																	
<p>FAMILIA BOTÁNICA: BORAGINACEA</p>		<p>IFDDS</p> <p>☼ TAMAÑO DE FLOR ☼ TAMAÑO DE INFLORESCENCIA</p>	<p>☐ ÉPOCA DE SIEMBRA ☐ ÉPOCA DE FLORACIÓN</p>	<p>COLOR</p>																								
<p>Nombre común: BORRAJA Nombre científico: <i>Borago officinalis</i> Anual Exótica</p>		<p>☼ 2 cm</p> 	<table border="1"> <tr><td>E</td><td>F</td><td>M</td><td>A</td><td>M</td><td>J</td><td>J</td><td>A</td><td>S</td><td>O</td><td>N</td><td>D</td></tr> </table> <p>Floración primavero verano</p> <p>De crecimiento espontaneo rara vez se la siembra.</p>	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D													
E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D																	

FAMILIA BOTÁNICA: CRUCÍFERA O BRASSICACEA		IFDDS	<input type="checkbox"/> TAMAÑO DE FLOR <input type="checkbox"/> TAMAÑO DE INFLORESCENCIA	<input type="checkbox"/> ÉPOCA DE SIEMBRA <input type="checkbox"/> ÉPOCA DE FLORACIÓN	DE DE	COLOR
Nombre común: ALISO DE MAR, LOBULARIA Nombre científico: <i>Lobularia maritime</i> Anual Exótica		<input checked="" type="checkbox"/> 2 mm <input checked="" type="checkbox"/> 2-5 cm	 	<input checked="" type="checkbox"/> E F M A M J J A S O N D Floración primavera verano		
Nombre común: NABILLO, NABO SILVESTRE, NABO SALVAJE, MOSTACILLA Nombre científico: <i>Brassica rapa (Brassica campestris)</i> Anual Exótica		<input checked="" type="checkbox"/> 1,5-2 cm		<input checked="" type="checkbox"/> E F M A M J J A S O N D Floración primavera Verano		

<p>Nombre común: MOSTACILLA, NABILLO, NABO AMARILLO MOZTAZA</p> <p>Nombre científico: <i>Hirschfeldia incana</i> (L.) LagrèzeFossatt</p> <p>Anual o Bional</p> <p>Exótica</p>		<p>1,5-2 cm</p> 	<p>E F M A M J J A S O N D</p> <p>Floreciendo prácticamente todo el año.</p> <p>De crecimiento espontaneo rara vez se la siembra.</p>
<p>Nombre común: MOSTACILLA, MOSTACILLA BLANCA</p> <p>Nombre científico: <i>Rapistrum rugosum</i> (L.)All.</p> <p>Anual</p> <p>Exótica</p>		<p>1,5-2 cm</p> 	<p>E F M A M J J A S O N D</p> <p>Floración primavera verano.</p> <p>De crecimiento espontaneo rara vez se la siembra. Es una planta invernial.</p>
<p>Nombre común: RABANITO</p> <p>Nombre científico: <i>Raphanus sativus</i></p> <p>Anual</p> <p>Exótica</p>		<p>1-2 cm</p> 	<p>E F M A M J J A S O N D E F M A M J J A S O N D</p> <p>Floración primavera verano</p>

<p>Nombre común: RÚCULA Nombre científico: <i>Eruca sativa</i> Anual Exótica</p>		<p>2 mm 2-5 cm</p>		<table border="1"> <tr> <td>E</td><td>F</td><td>M</td><td>A</td><td>M</td><td>J</td><td>J</td><td>A</td><td>S</td><td>O</td><td>N</td><td>D</td> </tr> <tr> <td>E</td><td>F</td><td>M</td><td>A</td><td>M</td><td>J</td><td>J</td><td>A</td><td>S</td><td>O</td><td>N</td><td>D</td> </tr> </table> <p>Floración primavera verano</p>	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D																		
E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D																		
<p>Nombre común: MOSTAZA BLANCA Nombre científico: <i>Sinapis alba</i> Anual Exótica</p>		<p>1 cm</p>		<table border="1"> <tr> <td>E</td><td>F</td><td>M</td><td>A</td><td>M</td><td>J</td><td>J</td><td>A</td><td>S</td><td>O</td><td>N</td><td>D</td> </tr> <tr> <td>E</td><td>F</td><td>M</td><td>A</td><td>M</td><td>J</td><td>J</td><td>A</td><td>S</td><td>O</td><td>N</td><td>D</td> </tr> </table> <p>Floración estival</p> <p>Las semillas pueden tostarse y usarse de condimento. De las semillas se hace el aderezo.</p>	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D																		
E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D																		
<p>FAMILIA BOTÁNICA: FABACEA O LEGUMINOSA Son plantas capaces de fijar Nitrógeno (N) al suelo, el cual puede ser utilizado por el cultivo posterior en la rotación. Por medio de una simbiosis, en sus raíces, con bacterias del género Rhizobia.</p>		<p>IFDDS</p>	<p>TAMAÑO DE FLOR TAMAÑO DE INFLORESCENCIA</p>	<p>ÉPOCA DE SIEMBRA ÉPOCA DE FLORACIÓN</p>	<p>COLOR</p>																								
<p>Nombre común: HABA Nombre científico: <i>Vicia faba</i> Anual Exótica</p>		<p>60-80</p>	<p>2-4 cm</p> 	<table border="1"> <tr> <td>E</td><td>F</td><td>M</td><td>A</td><td>M</td><td>J</td><td>J</td><td>A</td><td>S</td><td>O</td><td>N</td><td>D</td> </tr> <tr> <td>E</td><td>F</td><td>M</td><td>A</td><td>M</td><td>J</td><td>J</td><td>A</td><td>S</td><td>O</td><td>N</td><td>D</td> </tr> </table> <p>Floración primaveral.</p>	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D																		
E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D																		

<p>Nombre común: ALFALFA Nombre científico: <i>Medicago sativa</i> Perenne Exótica</p>		<p>70  1,2 cm - 90</p>	<table border="1" data-bbox="932 231 1193 299"> <tr><td>E</td><td>F</td><td>M</td><td>A</td><td>M</td><td>J</td><td>J</td><td>A</td><td>S</td><td>O</td><td>N</td><td>D</td></tr> <tr><td>E</td><td>F</td><td>M</td><td>A</td><td>M</td><td>J</td><td>J</td><td>A</td><td>S</td><td>O</td><td>N</td><td>D</td></tr> </table> <p>Floración primaveral.</p> <p>Excelente forraje para animales.</p>	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D																
E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D																
<p>Nombre común: VICIA, ARVEJILLA Nombre científico: <i>Vicia villosa</i> Perenne Exótica</p>		<p>100  1,5-1,8 - 130  3-6 cm</p>	<table border="1" data-bbox="932 531 1193 598"> <tr><td>E</td><td>F</td><td>M</td><td>A</td><td>M</td><td>J</td><td>J</td><td>A</td><td>S</td><td>O</td><td>N</td><td>D</td></tr> <tr><td>E</td><td>F</td><td>M</td><td>A</td><td>M</td><td>J</td><td>J</td><td>A</td><td>S</td><td>O</td><td>N</td><td>D</td></tr> </table> <p>Floración primavero verano.</p> <p>Se usa como cultivo de cobertura. Logrando una cobertura a mediados de septiembre. Con una densidad de siembra de 40 plantas por m², la producción de Materia Seca es aproximadamente de 4200 kg por ha, lo que permitiría fijar una cantidad estimativa de 147 kg por hectárea de N para el cultivo posterior.</p>	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D																
E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D																

<p>Nombre común: ARVEJA, GUISANTE</p> <p>Nombre científico: <i>Pisum sativum</i></p> <p>Anual</p> <p>Exótica</p>		<p>80 - 120</p>	<p>1,5-1,8 cm</p> <p>3-6 cm</p> 	<table border="1"> <tr> <td>E</td><td>F</td><td>M</td><td>A</td><td>M</td><td>J</td><td>J</td><td>A</td><td>S</td><td>O</td><td>N</td><td>D</td> </tr> <tr> <td>E</td><td>F</td><td>M</td><td>A</td><td>M</td><td>J</td><td>J</td><td>A</td><td>S</td><td>O</td><td>N</td><td>D</td> </tr> </table> <p>Floración primavera verano. Se cosecha verde para consumo fresco (150 días de la siembra), o cuando las plantas han terminado su ciclo para grano seco.</p>	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D																	
E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D																	
<p>Nombre común: MELILOTO, TRÉBOL DE OLOR AMARILLO, TRÉBOL DULCE</p> <p>Nombre científico: <i>Melilotus officinalis</i>.</p> <p>Bianual</p> <p>Exótica</p>		<p>4-7 mm</p> <p>3-6 cm</p>	<table border="1"> <tr> <td>E</td><td>F</td><td>M</td><td>A</td><td>M</td><td>J</td><td>J</td><td>A</td><td>S</td><td>O</td><td>N</td><td>D</td> </tr> <tr> <td>E</td><td>F</td><td>M</td><td>A</td><td>M</td><td>J</td><td>J</td><td>A</td><td>S</td><td>O</td><td>N</td><td>D</td> </tr> </table> <p>Floración primavera estivo- otoñal.</p> <p>Útil como abono verde. Tiene aroma dulce debido a su alto contenido de cumarina, compuesto natural que puede transformarse en dicumarol (tóxico) solo en procesos de henificación o ensilado mal hechos por exceso de humedad logrando forrajes tóxicos hemorrágicos para bovinos. NO sucede en el pastoreo directo.</p>	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D																	
E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D																	

<p>Nombre común: TRÉBOL DE OLOR BLANCO, MELIOTO BLANCO</p> <p>Nombre científico: <i>Melilotus albus</i></p> <p>Bianual Exótica</p>		<p>4-6 mm 10-15 cm</p> 	<p>EFMAMJJASOND EFMAMJJASOND</p> <p>Floración primavera otoño Tiene aroma dulce por su contenido de cumarina capaz de convertirse en dicumarol (tóxico) proceso explicado pág. anterior.</p>
<p>Nombre común: TRÉBOL DE OLOR COMUN</p> <p>Nombre científico: <i>Melilotus indicus</i> (L)</p> <p>Anual Exótica</p>		<p>3-5 mm 3-5 cm</p>  	<p>EFMAMJJASOND</p> <p>Floración primaveral.</p> <p>De crecimiento espontaneo rara vez se la siembra.</p>
<p>Nombre común: FRIJOL, JUDIA, CHAUCHA, HABICHUELA</p> <p>Nombre científico: <i>Phaseolus vulgaris</i></p> <p>Anual Nativa</p>		<p>80 - 120 3-8 cm</p> 	<p>EFMAMJJASOND EFMAMJJASOND</p> <p>Floración primaveral.</p> <p>Son plantas trepadoras, se recomienda siembra con distancia entre plantas de 20 cm y entre hileras 70 cm aproximadamente.</p>

FAMILIA BOTÁNICA: LAMIACEA O LABIADA		IFDDS	TAMAÑO DE FLOR	ÉPOCA DE SIEMBRA	COLOR																							
			TAMAÑO DE INFLORESCENCIA	ÉPOCA DE FLORACIÓN																								
<p>Nombre común: OREGANO</p> <p>Nombre científico: <i>Origanum vulgare</i></p> <p>Perenne Exótica</p>		<p>5 mm 5 -7cm</p> <p>   </p> <p>  </p>	<table border="1"> <tr><td>E</td><td>F</td><td>M</td><td>A</td><td>M</td><td>J</td><td>J</td><td>A</td><td>S</td><td>O</td><td>N</td><td>D</td></tr> <tr><td>E</td><td>F</td><td>M</td><td>A</td><td>M</td><td>J</td><td>J</td><td>A</td><td>S</td><td>O</td><td>N</td><td>D</td></tr> </table> <p>Floración estival hasta otoñal</p> <p>Uso condimento, Propagación por semilla, esqueje o <u>división de matas</u> esta última en otoño, invierno o principio de primavera.</p>	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D																	
E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D																	
<p>Nombre común: ROMERO</p> <p>Nombre científico: <i>Rosmarinus officinalis</i></p> <p>Perenne Exótica</p>		<p>1 cm</p> <p>    </p>	<table border="1"> <tr><td>E</td><td>F</td><td>M</td><td>A</td><td>M</td><td>J</td><td>J</td><td>A</td><td>S</td><td>O</td><td>N</td><td>D</td></tr> <tr><td>E</td><td>F</td><td>M</td><td>A</td><td>M</td><td>J</td><td>J</td><td>A</td><td>S</td><td>O</td><td>N</td><td>D</td></tr> </table> <p>Floración primavera verano</p> <p>Uso condimento. Multiplicación por <u>semilla</u> en almácigo (invierno primavera) y su trasplante, en el otoño siguiente. Por <u>estacas</u>, desde otoño a primavera.</p>	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D																	
E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D																	

<p>Nombre común: SALVIA Nombre científico: <i>Salvia officinalis</i> Perenne Nativa</p>		<p>5 mm 9 cm</p> 	<p>E F M A M J J A S O N D E F M A M J J A S O N D</p> <p>Floración estival</p> <p>La multiplicación puede realizarse por semillas, sembradas en primavera. Esquejes. Acodo</p>
<p>Nombre común: TOMILLO Nombre científico: <i>Thymus vulgaris</i> Perenne Exótica</p>		<p>1 cm</p> 	<p>E F M A M J J A S O N D E F M A M J J A S O N D</p> <p>Floración primavero Verano</p> <p>Uso condimento. Se multiplica por <u>semilla</u> en almácigo (otoño primavera) trasplante a los 10 cm de altura. <u>División de matas</u>, se separan en otoño primavera con trasplante inmediato. <u>Estacas</u>, en vivero (otoño invierno) y trasplante en primavera.</p>

Nombre común: MELISA,
TORONJIL

Nombre científico:

Melissa officinalis

Bianual

Exótica



1 cm

E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D

Floración
primaveral



Uso condimento. Se multiplica por semilla en primavera. La melisa muere en invierno y rebrota cada primavera. En climas de inviernos suaves se puede reproducir por división de matas.

Nombre común: SALVIA

Nombre científico: *Salvia*

officinalis

Perenne

Exótica



3 cm

E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D

Floración
primavero
Verano



Uso condimento. Se multiplica por semilla en almácigo (invierno primavera) y su trasplante a los 10 cm de altura o en el otoño siguiente. Por división de matas, en invierno primavera.

<p>Nombre común: PEPERINA Nombre científico: <i>Minthostachys verticillata</i> Perenne Nativa</p>		<p>5 mm 9 cm</p>  	<p>E F M A M J J A S O N D</p> <p>Floración estival</p> <p>Se multiplica por <u>división de matas</u>, en otoño, en vivero, trasplante en primavera. Por <u>semilla</u>, las ramas fructificadas recogidas al final del ciclo, son sacudidas sobre el terreno.</p>
<p>Nombre común: LAVANDA Nombre científico: <i>Lavandula officinalis</i> Perenne Exótica</p>		<p>5 mm 9 cm</p>   	<p>E F M A M J J A S O N D E F M A M J J A S O N D</p> <p>Floración estival</p> <p>Se multiplica por <u>estaca leñosa</u> de ramas de un año, en vivero (otoño invierno) y su trasplante en primavera. Por <u>semilla</u> (rara vez) en almácigo, (otoño primavera) pero se deben estratificar y trasplante en otoño siguiente.</p>

Nombre
común: MENTA
Nombre científico:
Menta piperita
Perenne
Exótica



8 mm
6 cm

E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D

Floración
primavera
Verano



Se multiplica por estolón / brote (en invierno primavera) se separan de plantas madres de 1 - 2 años de edad, e inmediatamente trasplante en terreno definitivo. Por plantin de trozos de rizomas de plantas madres trasplante en invierno al brotar, los rizomas originan muchas plántulas y a los 10 cm de altura se trasplantan en terreno definitivo (ideal en primavera)

FAMILIA BOTÁNICA: MALVÁCEA	IFDDS	 TAMAÑO DE FLOR  TAMAÑO DE INFLORESCENCIA	<input checked="" type="checkbox"/> ÉPOCA DE SIEMBRA <input type="checkbox"/> ÉPOCA DE FLORACIÓN	COLOR
<p>Nombre común: AFATA, ESCOBA DURA, FALSO MALVABISCO</p>  <p>Nombre científico: <i>Sida rhombifolia</i> L.</p> <p>Perenne Exótica</p>		<p> 2 cm</p>  	<p>E F M A M J J A S O N D</p> <p>Floración otoño Invernal</p> <p>De crecimiento espontáneo, rara vez se la siembra. Llega a 1 metro de altura.</p>	
<p>Nombre común: MALVABISCO, MALBA BLANCA, MALBA DEL ZORRO</p> <p>Nombre científico: <i>Sphaeralcea bonariensis</i></p> <p>Perenne Nativa</p> 		<p> 6-10 cm</p>  	<p>E F M A M J J A S O N D</p> <p>Floración otoñal</p> <p>Arbustiva, puede llegar al metro y medio de altura.</p>	

<p>Nombre común: MALVA, SAU CAÁ</p> <p>Nombre científico: <i>Modiolastrum malvifolium</i></p> <p>Perenne Nativa</p>		<p>7-9 cm</p> 	<p>E F M A M J J A S O N D</p> <p>Floración Primavera verano</p> <p>Cubre grandes extensiones a modo de césped. Crece espontáneamente y rara vez se la siembra.</p>	
<p>FAMILIA BOTÁNICA: TROPAEOLACEA</p>		<p>IFDDS</p> <p>TAMAÑO DE FLOR TAMAÑO DE INFLORESCENCIA</p>	<p><input type="checkbox"/> ÉPOCA DE SIEMBRA <input type="checkbox"/> ÉPOCA DE FLORACIÓN</p>	<p>COLOR</p>
<p>Nombre común: CAPUCHINA, TACO DE REINA.</p> <p>Nombre científico: <i>Tropaeolum majus</i></p> <p>Anual Nativa</p>		<p>2 mm 2-5 cm</p> 	<p>E F M A M J J A S O N D</p> <p>Floración primavera verano</p> <p>Actúa como planta repelente de pulgones, chinches y gusanos, cuando se siembra junto a plantas de cucurbitáceas (pepino, calabacín, melón, etc.)</p>	

FAMILIA BOTÁNICA: VERBENÁCEA	IFDDS	 TAMAÑO DE FLOR  TAMAÑO DE INFLORESCENCIA	 ÉPOCA DE SIEMBRA  ÉPOCA DE FLORACIÓN	COLOR
<p>Nombre común: VERBENA</p> <p>Nombre Científico: <i>Verbena bonariensis</i> L.</p> <p>Anual Nativa</p> 		<p> 2-3 cm</p> 	<p>E F M A M J J A S O N D</p> <p>Floración estival</p> <p>Tiene tallos cuadrangulares, ásperos y puede medir 80 a 120 cm de altura. De crecimiento espontáneo rara vez se la siembra.</p>	
<p>Nombre común: VERBENA VIOLETA</p> <p>Nombre Científico: <i>Glandularia dissecta</i> (Will. ex Spreng.) Schnack & Covas</p> <p>Perenne Nativa</p> 		<p> 1 cm</p>  	<p>E F M A M J J A S O N D</p> <p>Floración primavero verano</p> <p>Hierba rastrera máximo 50 cm de altura. Crece espontáneamente y rara vez se la siembra.</p>	

<p>Nombre común: VERBENA ROJA, MARGARITA ROJA, MARGARITA PUNZÓ</p> <p>Nombre Científico: <i>Glandularia peruviana (L.) Small.</i> = <i>Verbena chamaedrifolia Juss.</i> = <i>Verbena peruviana (L.) Britt.</i></p> <p>Anual Nativa</p>		<p>1cm</p>   	<p>E F M A M J J A S O N D</p> <p>Floración primavera verano</p> <p>De crecimiento espontaneo, rara vez se la siembra. Su porte es bajo y rastrero, alcanza hasta 20 cm de altura.</p>
<p>Nombre común: POLEO</p> <p>Nombre científico: <i>Lippia turbinata Gris</i></p> <p>Perenne Nativa</p>		<p>4mm</p>   	<p>E F M A M J J A S O N D E F M A M J J A S O N D</p> <p>Floración estival</p> <p>Se multiplica por <u>Esqueje</u> de tallos leñosos obtenidos de plantas adultas, se trasplanta en macetas o en terreno definitivo distanciando a 1 metro o más entre planta y planta.</p>

DIAGNÓSTICO DE LA DIVERSIDAD DE INSECTOS, EN SISTEMAS HORTÍCOLAS DEL CINTURÓN VERDE DE CÓRDOBA

Los cinturones verdes junto con los parques y la vegetación nativa, proveen funciones tales como servicios ecosistémicos y soberanía alimentaria a las ciudades. El avance urbano y la agricultura extensiva afectan fundamentalmente a los cinturones fruti-hortícolas en los que tradicionalmente se producían gran parte de los alimentos perecederos necesarios para alimentar a la población de las ciudades.

El cinturón verde de la ciudad de Córdoba está restringida en el uso de agroquímicos según la Ley Provincial, Ley de Productos Químicos o Biológicos de uso agropecuario n° 9.164 artículo 58° y la Ley Provincial N° 9841 de Regulación de los Usos del Suelo en la Región Metropolitana de Córdoba. Esta última destina un área a la producción orgánica dentro del territorio agrícola periurbano llamado Cinturón Verde y define otras donde se prohíbe la agricultura contaminante. Por lo que el modelo de diseño agroecológico responde a la demanda creciente de conocimientos por parte de los agricultores vecinos para la producción de alimentos sin contaminación de agrotóxicos.

El área periurbana de la ciudad de Córdoba, constituye un paisaje heterogéneo producto de la actividad humana, debido al avance de la agricultura industrial y el crecimiento urbano compacto como ya fue explicado en el capítulo 1. El cinturón verde de Córdoba podría recuperar las funciones antes mencionadas y para ello es necesario aportar tecnologías agroecológicas apropiadas.

Teniendo en cuenta las reseñas anteriores se generó el proyecto “Tecnologías agroecológicas de manejo y ordenamiento espacio – temporal para los cultivos hortícolas del cinturón verde de Córdoba” (Guzman y Barchuk, 2017), para identificar las tecnologías agroecológicas de manejo y ordenamiento espacio – temporal de los cultivos hortícolas. Se realizaron en predios en transición agroecológica y en función de las condiciones de diversificación de los cultivos y del manejo de la vegetación espontánea y natural de aquellos. Se acentuó en lo siguiente: a- el manejo del hábitat arriba y abajo del suelo

(*Bottom-Up* y *Top-Down*): como ya fue explicado consisten en el incremento de mayor diversidad de plantas que a su vez determinan mayor diversidad de depredadores y parasitoides, creándose tramas tróficas complejas y equilibradas, y b- la trofobiosis: donde la fertilidad orgánica del suelo logra plantas sanas y tolerantes a la acción de potenciales insectos “plagas” y enfermedades. Con respecto a la teoría de la trofobiosis, es importante recordar que esta explica porque el uso de agrotóxicos y fertilizantes de alta solubilidad (de síntesis química) promueven el ataque de plagas. Mientras que los abonos - enmiendas orgánicos generen sustancias complejas en las plantas cultivadas y esto les confiere resistencia a la agresión de las mismas plagas.

El proceso de generación de la tecnología tiene las siguientes etapas: 1- Recopilación de tecnologías culturales, manejo de hábitats y manipulación de la vegetación espontánea. 2- Elaboración de claves de reconocimiento y fichas técnicas de observación de hábitats diversificados que favorezcan la presencia de depredadores y parasitoides adultos. 3- Diseño experimental a campo de combinaciones de cultivos que incidan en el mecanismo de abajo - arriba y arriba - abajo. 4- Diseño experimental de aplicación de abonos orgánicos para evaluar la vulnerabilidad de los cultivos al posible ataque de insectos fitófagos. 5- Realización de talleres técnicos con los productores del Movimiento de Agricultoras y Agricultores Urbanos de Córdoba (MAUC) donde se aplicó la innovación tecnológica.

En el trabajo de investigación primero se realizó un diagnóstico para analizar de donde partimos, para así poder enfocar el rediseño a sistemas agroecológicos equilibrados, sinérgicos que remedien la trama trófica.-

La etapa diagnóstico se realizó en tres sistemas de producción hortícolas del cinturón verde de Córdoba que como ya dijimos se hallan en transición agroecológica. Mediante un muestreo a campo se censaron los insectos fitófagos o herbívoros, insectos depredadores y parasitoides, con el propósito, de estimar valorativamente la relación predador/ presa como indicador biológico de la biodiversidad y de la calidad de la trama trófica.

Aquí se presentan algunos datos del estudio diagnóstico:

- **Trabajo a campo:** donde identificamos los tres campos de muestreo en el *Google Earth*. 1- *Familia Rossi*. 2- *Cooperativa San Carlos*. 3- *Campo del MAUC*. Ubicamos las transectas hipotéticas (100 m de longitud) en la imagen satelital, realizando una aproximación visual de la diversidad de situaciones a escala de paisaje (abarcando distintos parches ecológicos del cinturón verde: lotes fruti-hortícolas, islas de bosques y vegetación espontánea, campos de cultivos extensivos y zonas rurales-urbanas). Planificamos la ubicación de las trampas bajo un muestreo sistemático, donde los

métodos de captura de insectos se anidaron al recorrido de las transectas, de esa forma se logró describir para cada intervalo de las transectas la relación predador-presa. Este diseño de muestreo se llevó a cabo utilizando como métodos de captura de insectos: 1-Trampas cromáticas de agua. 2- Red de Tul. 3- Colecta directa. 4- Trampas de caída. Realizamos tres muestreos a lo largo de un año en cada campo y se colectó e identificaron aproximadamente mil insectos y arácnidos.

- **Trabajo en laboratorio:** después de cada muestreo, analizamos los insectos en el laboratorio de la Cátedra de Zoología Agrícola de la Facultad Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba con el asesoramiento de la Dra. Susana Ávalos, donde identificamos y clasificamos los insectos en orden taxonómico, determinamos su hábito alimenticio a fin de discriminar predadores, parasitoides y fitófagos y poder cuantificar así, la relación predador/presa.
- **Análisis regional:** finalmente realizamos el análisis e interpretación de los datos del muestreo, a través de gráficos de tortas (Fig. 27), resultando:
 - 1- Campo de familia Rossi, superficie 5 hectáreas, un 71% de insectos fitófagos, 23% de predadores y un 6% de insectos parasitoides, en transición agroecológica, sin vegetación perenne.
 - 2- Campo Cooperativa San Carlos, superficie 6 hectáreas, un 63% de insectos fitófagos, 36% de predadores y 1% de insectos parasitoides, en transición agroecológica.
 - 3- Campo MAUC, superficie 1,8 hectáreas, el gráfico de torta arroja, un 63% de insectos fitófagos, 37% de predadores y 3% de parasitoides, en transición agroecológica, con vegetación semi-natural al lado del canal de riego.
- **Análisis local:** En los lotes de producción del MAUC especificamos las relaciones predador- presa presentes en la variedad de comunidades vegetales, es decir, en función de la combinación dinámica de las diferentes plantas cultivadas y espontaneas presente al momento del muestreo (Fig. 33), información que utilizamos para la planificación del diseño predial del campo del MAUC, que se verá más adelante en este capítulo.

A- Comunidad con dominancia de Quínoa silvestre (Chenopodiaceae) al lado de la represa: 59% fitófagos y 41% predadores (Fig. 28).

De los predadores: un 25 % corresponde a Odonatos (helicópteros, libélulas) son depredadores voraces, su presencia es posible por la represa y canal, ya que estos insectos colocan sus huevos cerca o en el agua y sus forma juveniles permanecen en el agua. Otro 25% corresponde a los arácnidos y un 17% a los coleópteros (juanitas, vaquitas). Esto es posible por la presencia de

la vegetación espontánea que le ofrece mayor diversidad de hábitat para refugios para insectos caminadores. De los fitófagos: predominan, las chinches con un 47%.

B- Comunidad Lechuga, con quínoa silvestre (Chenopodiaceae) y yuyo colorado (Amaranthaceae): 52% fitófagos, 32% predadores y 10% de parasitoides (Fig. 29).

De los parasitoides y predadores: a mayor diversidad de plantas silvestres asociadas al cultivo principal, se favorece la presencia de parasitoides (12% son avispas) parasitoides que regulan a los insectos herbívoros; un 50% corresponde a Odonatos.

De los fitófagos: predominan la Himenópteras, en un 47% que son polinizadores (abejas, abejorros).

C- Comunidad Corredor de árboles con canal de agua, árboles siempre verdes en flor, arce, álamos, sorgo de Alepo y malváceas: 77% fitófagos, 19% predadores y 4% de parasitoides (Fig. 30).

La diversidad de árboles, plantas silvestres, y el canal de agua atravesando al medio, logran mayor variedad de alimentos (néctar y polen) para parasitoides y polinizadores adultos (30% abejas, abejorros y avispas parasitoides), además, de abundancia y variada disponibilidad de presas para los depredadores (5% lepidóptera, 40 % hemíptera entre otras). Pues los corredores incrementan la circulación de enemigos naturales y por otra parte, sirve como barrera a la dispersión de insectos fitófagos.

D- Comunidad Gramínea, quínoa silvestre (Chenopodiaceae) y yuyo colorado (Amaranthaceae): 75% fitófagos, 25% predadores (Fig. 31).

Se mantiene la relación 25% de Odonatas (helicópteros, libélulas), 25% de arañas y 17% de coleópteros (juanitas, vaquitas) y los fitófagos se encuentran distribuidos en partes iguales entre hemíptera, lepidóptera y díptera.

E- Comunidad Cultivo de calabacín junto con dominancia absoluta de quínoa silvestre (Chenopodiaceae) “monocultivo de quinoa”: 75% fitófagos, 25% predadores (Fig. 32).

Hubo una explosión poblacional de dípteros fitófagos (100%) en una situación con alta concentración y homogenización del recurso vegetal (“monocultivo de quinoa”) le resulta fácil al insecto encontrar el alimento. Los depredadores están relacionados principalmente con arañas 33% y hemípteros 67% .

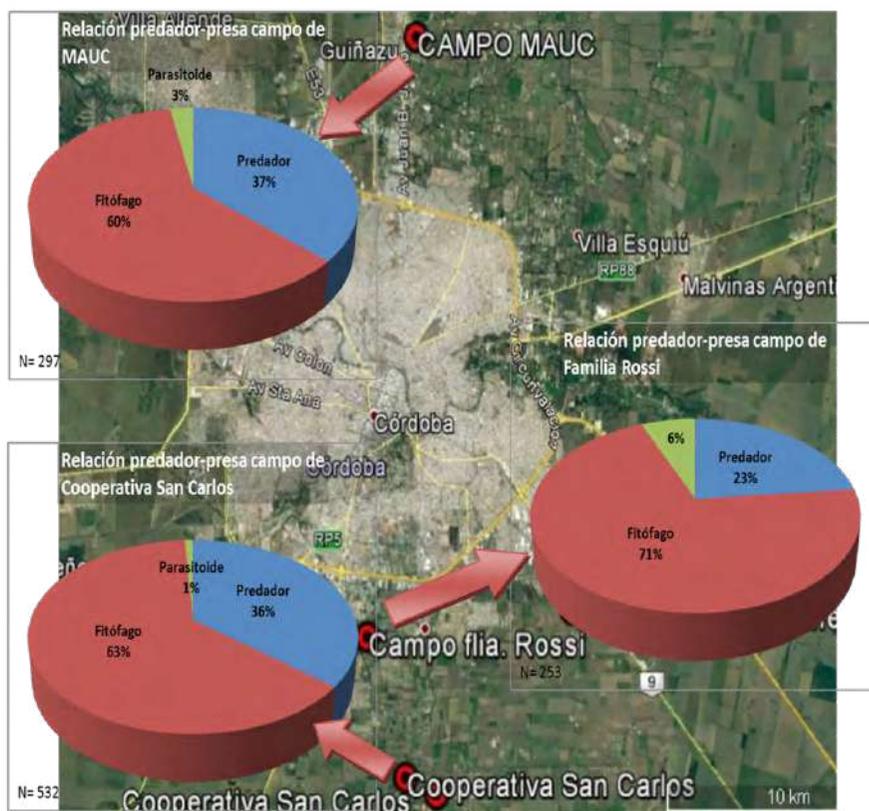


Fig. 27. Mapa de ubicación de los predios agroecológicos muestreados, con gráficos de torta presentando la relación predador-presa en proporciones de abundancia total (N) (Guzmán y Barchuk, 2017)

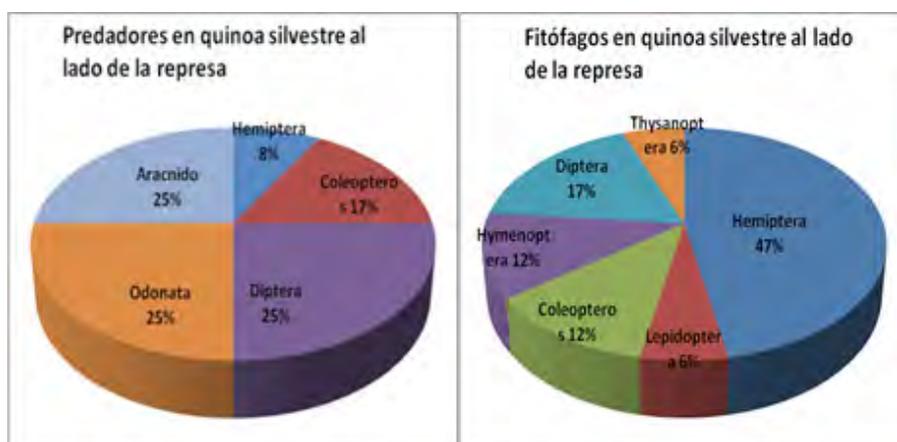


Fig. 28. Gráficos de torta presentando la relación predador-presa en Quínoa silvestre (Chenopodiaceae) y al lado de la represa (Izquierda: predadores; Derecha: fitófagos) (Guzmán y Barchuk, 2017).

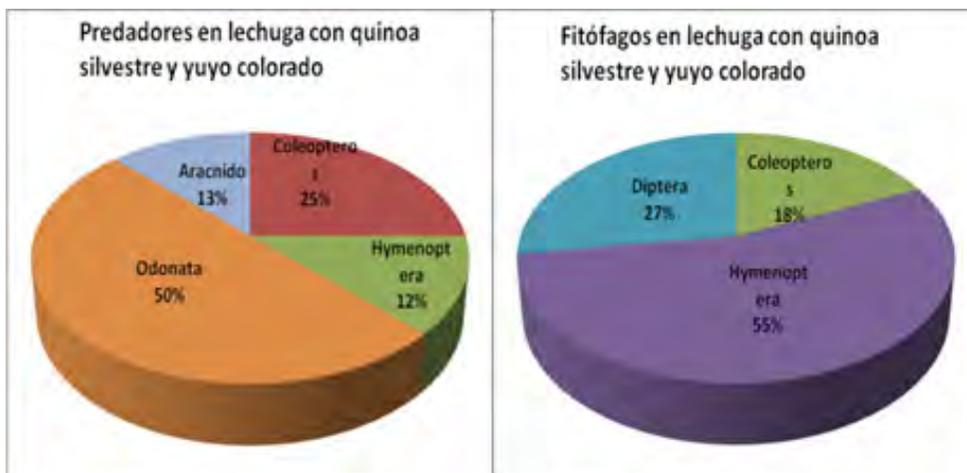


Fig. 29. Gráficos de torta presentando la relación predador-presa en Lechuga, con quínoa silvestre (*Chenopodiaceae*) y yuyo colorado (*Amaranthaceae*) (Guzmán y Barchuk, 2017).

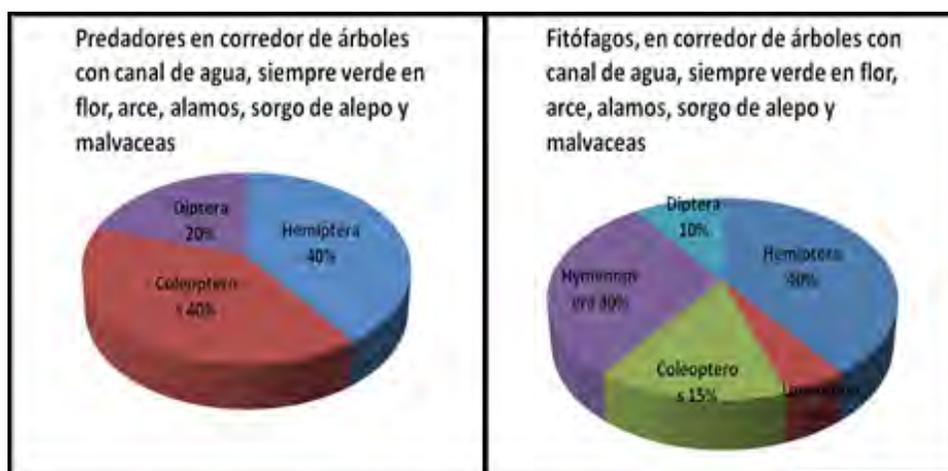


Fig. 30. Gráfico de torta presentando la relación predador-presa en corredor de árboles con canal de agua (Guzmán, 2017).

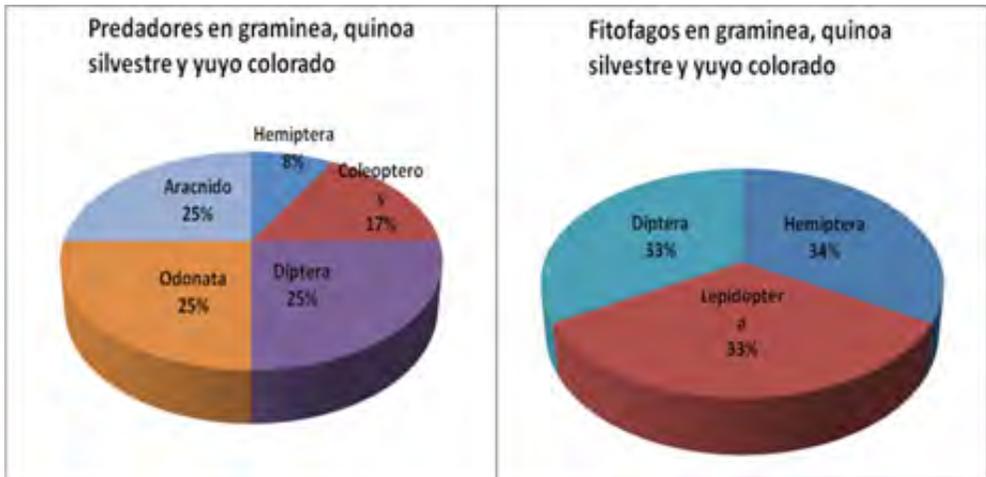


Fig. 31. Gráfico de torta presentando la relación predador-presa en Gramínea, quinoa silvestre (*Chenopodiaceae*) y yuyo colorado (*Amaranthaceae*) (Guzmán y Barchuk, 2017).



Fig. 32. Gráficos de torta presentando la relación predador-presa en Cultivo calabacín junto con la dominancia absoluta de quinoa silvestre (*Chenopodiaceae*) (Guzmán y Barchuk, 2017).

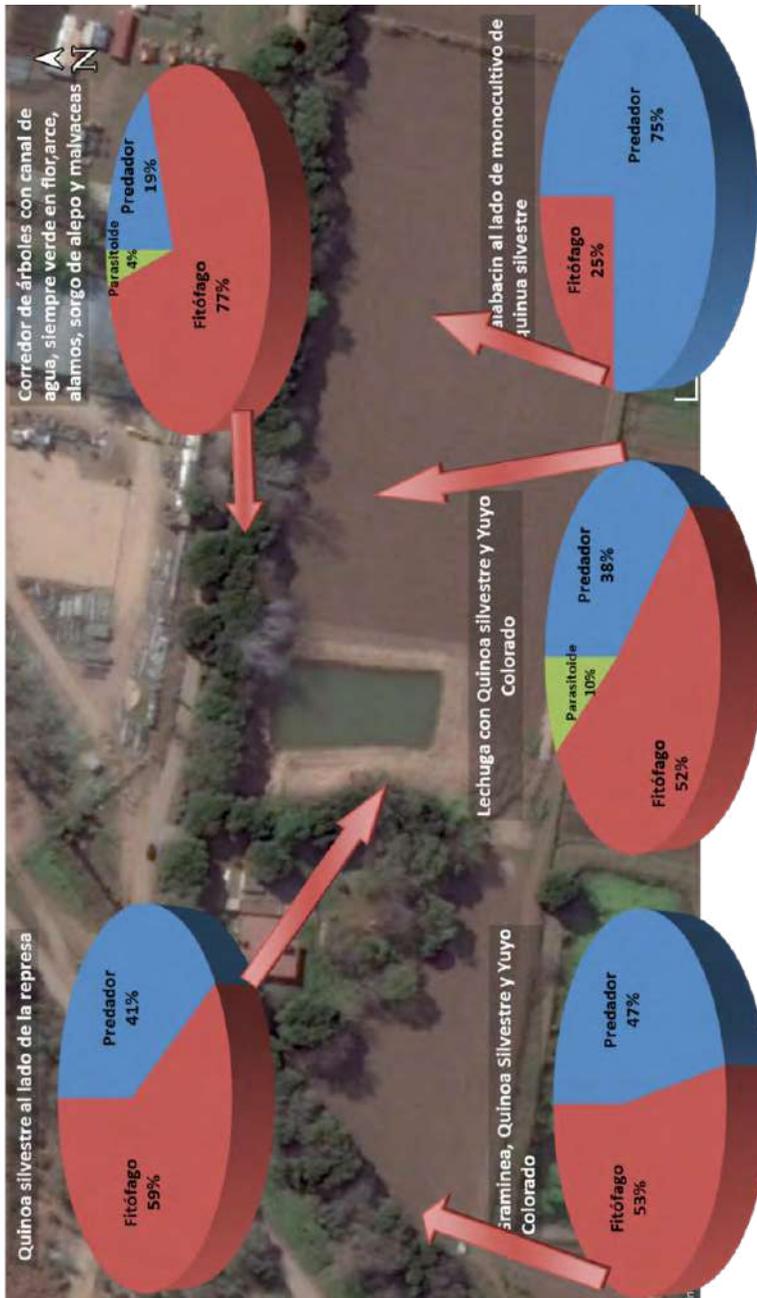


Fig. 33. Imagen del campo del MAUC de Google Earth. Se superponen gráficos de tortas exhibiendo las proporciones de especies depredadores (azul), especies presa o fitófagos (rojo) y parasitoides (verde) en los distintos puntos de muestreo: 1-Gramíneas, quínoas silvestres y yuyo colorado; 2- Lechuga, quínoas silvestres y yuyo colorado y 3-Calabaçín al lado de comunidad mono-específica de quínoa silvestre (Guzmán y Barchuk, 2017).

DISEÑO AGROECOLÓGICO EN EL CAMPO DEL MAUC

Realizamos el diseño espacial y temporal de cultivos hortícolas y manejo de vegetación adyacente, en el campo del Movimiento de Agricultoras y Agricultores Urbanos de Córdoba (MAUC), ubicado en la localidad de Guiñazu, Cinturón Verde (CV) Norte de Córdoba. El MAUC, es una organización social que realiza emprendimientos productivos fruti-hortícolas con experimentación agroecológica. Al mismo tiempo esta organización ayuda a la difusión y capacitación de otros agricultores interesados en iniciarse en este modelo de producción. Busca ampliar la superficie de producción agroecológica en el cinturón verde de Córdoba, como así también modificar la dinámica actual de achicamiento de la superficie productiva de alimentos de este territorio.

Se desarrolló un paquete de prácticas tecnológicas adaptables con estrategias interdependientes. El proceso innovador radicó en profundizar el rediseño identificando cuáles son las técnicas agroecológicas apropiadas de manejo y ordenamiento espacio-temporal de cultivos que incrementen la biodiversidad funcional, y que ésta, a su vez, tenga la capacidad de subsidiar la sostenibilidad del agroecosistema, aportando servicios ecosistémicos como el control biológico, la polinización y el reciclamiento reciclado de nutrientes.

El ordenamiento espacio-temporal de los cultivos consistió en alcanzar agroecosistemas policulturales (por ejemplo, secuencias de Leguminosas, Crucíferas, Compuestas, Quenopodiáceas, Cucurbitáceas, Liliáceas y Umbelíferas), que incrementen la abundancia de depredadores y parasitoides, fuentes de néctar y microhábitats para los insectos benéficos. Una mayor diversidad de plantas en las parcelas de cultivos implica una mayor diversidad de herbívoros, a su vez mayor diversidad de depredadores y parasitoides, creándose tramas tróficas complejas.

El nivel de biodiversidad de insectos en los agroecosistemas depende de la diversidad de vegetación en y alrededor del agroecosistema, la estructura espacio temporal de los cultivos, la intensidad del manejo y el grado de aislamiento del agroecosistema con respecto a la vegetación natural.

La rehabilitación de la biodiversidad del agroecosistema se realiza por medio del manejo de cercos vivos, linderos, vegetación espontánea y manejo espacio-temporal de los cultivos, es decir, el manejo *Bottom-up* y *Top-Down*. Estos, son mecanismos que actúan conjuntamente, es decir, que las poblaciones de insectos herbívoros están reguladas en su crecimiento por la disponibilidad de lo que comen y por quién las come.

El control biológico depende del desarrollo del nivel trófico superior o sea de los consumidores secundarios (o insectos benéficos) e intervienen en el mecanismo de “arriba hacia abajo” (*Top-Down*). Mientras que el manejo de la vegetación cultivada y espontánea, depende del desarrollo del nivel trófico productores (vegetación) y afecta a los insectos fitófagos e intervienen en el mecanismo de “abajo hacia arriba” (*Bottom-up*). Así, dentro de la parcela de cultivo diversificada se logra diferentes olores, colores, estratos, hormonas, etc. que enmascaran el recurso alimenticio, dificultan la localización del alimento por parte de una potencial plaga y así evita un aumento en la densidad de la misma. Como estrategia complementaria, modificar la calidad del recurso alimenticio (cultivo) para que no sea apetecible o fácilmente localizable por los insectos fitófagos.

El diseño tuvo en cuenta que el movimiento de enemigos naturales es desde márgenes hacia adentro de los cultivos, que un mayor nivel de control biológico ocurre en hileras de cultivo adyacentes a márgenes de vegetación natural, y que las franjas de flores inciden más hacia el centro del cultivo. También que movimiento de insectos está afectado por las prácticas de cultivos de cobertura, cultivos intercalados, residuos de vegetación y el periodo del cultivo.

Durante el diseño empleamos los mecanismos Arriba - Abajo (*Top Down*) y Abajo - Arriba (*Bottom Up*) para incrementar la biodiversidad funcional, y que ésta, a su vez, tenga la capacidad de subsidiar la sostenibilidad del agroecosistema aportando a los servicios ecológicos como el control biológico de plagas y la polinización. Al mismo tiempo reducir la necesidad de aplicaciones de insumos orgánicos externos (bioinsumos) y obtener hortalizas sanas, demanda creciente de la población de ciudad de Córdoba.

El manejo de cultivos consistió principalmente en la perturbación mínima del suelo, el mantenimiento de una cobertura permanente del suelo (mediante cubierta de plantas espontáneas viva o residuos de cosecha), la rotación /asociación de los cultivos, alternando entre especies, entre familias y entre tipo vegetativo (esto último quiere decir que alternamos cultivos de fruto como por ejemplo el tomate con cultivos de hoja, por ejemplo la col, y

estas con cultivos de raíz, por ejemplo la zanahoria) , utilización de bocashi al momento de los trasplantes. Haciendo empeño en el incremento continuo de la biodiversidad dentro y alrededor de las parcelas productivas mediante el trasplante, siembra y crecimiento espontáneo de plantas con flores y aromáticas con colores, tamaños de corolas, fuentes de néctar y polen, morfología, olores y hormonas atractivas para parasitoides adultos, predadores y agentes polinizadores, para promover el equilibrio de las tramas tróficas en el agroecosistema.

La diversidad tiene relación directa con la estabilidad de las comunidades. Existen numerosos estudios que demuestran que tienen una productividad mayor aquellos agroecosistemas de alta diversidad y son más estables ante perturbaciones ambientales y económicas.

A continuación se presenta el diseño realizado en cada bloque en el campo agroecológico del MAUC (Tabla nº 7).

Tabla nº 7. Descripción de los diseños agroecológicos en el campo del Movimiento de Agricultoras y Agricultores Urbanos de Córdoba (MAUC), ubicado en la localidad de Guiñazu, Cinturón Verde (CV) Norte de Córdoba.

Diseño agroecológico en bloques		
BLOQUE 1 (Fig. 35)	BLOQUE 2 (Fig. 36)	BLOQUE 3 (Fig. 37)
<p>1 Bordo de repollo y bordo de brócoli.</p> <p>Las coles son susceptibles al ataque de pulgones durante todo su ciclo, sembradas al lado de cultivos de ajos por su fuerte aroma aleja insectos herbívoros, a su vez el ajo produce micro flores capaces de alimentar a micro avistas parasitoides de pulgones.</p>	<p>12 Un bordo de repollo al lado de franjas de flores. El repollo es susceptible al ataque de pulgones durante todo su ciclo, por lo que la presencia de flores permite el desarrollo de parasitoides capaces de regular a las poblaciones de pulgones.</p>	<p>21 Un bordo de Zanahoria y un bordo de cebolla. La primera buscará la profundidad (50 cm aproximadamente) y el máximo potasio posible, y la cebolla solo se enraizará hasta los 20cm para buscar nitrógeno. A su vez la cebolla ahuyenta la mosca de las zanahorias y otros insectos herbívoros por su fuerte aroma.</p>

<p>2 Ocho bordos de cultivo de ajo blanco, los últimos dos son de Ajo pata de Elefante. Pertenece a la familia de las Amarilidáceas que poseen una inflorescencia de 8 a 15 cm de diámetro compuestas de microflores proporcionadas para alimentar a micro-parasitoides benéficos</p>	<p>13 Bordo de lechugas y cebollas de verdeos intercaladas. Las lechugas crecen rápido y las cebollas alejan por su fuerte aroma a ciertos insectos herbívoros.</p>	<p>22 Un bordo de lechuga y un bordo de repollo.</p> <p>Esta franja está protegida por la franja de flores y aromáticas que está a una distancia de menos de 25m.</p>
<p>3 Dos bordos de cebolla de verdeo</p> <p>Pertenece a la familia de las Amarilidáceas ídem que anterior.</p>	<p>14 Un bordo de rabanito, un bordo de cebolla y un bordo de haba. Es bueno asociar plantas tipo hoja con plantas tipo raíz, y además el bordo de habas fija Nitrógeno atmosférico por ser leguminosa.</p>	<p>23 Quince bordos de papa</p> <p>Se sembró papa semilla biodinámica, con aplicación de microorganismos y abono bocashi. Esta franja está protegida por la franja de flores y aromáticas que está a una distancia de menos de 25m.</p>
<p>4 Un bordo de Perejil</p> <p>Pertenece a la familia de las Apiaceas o Umbelíferas. Tienen fuerte aroma que repele a ciertos insectos herbívoros, a su vez poseen una inflorescencia compuestas de microflores de 2 mm aproximadamente capaces de proporcionarles polen y néctar a microparasitoides benéficos</p>	<p>15 Cultivo de cobertura. Asociación de centeno y vicia, esta última por ser leguminosa aportará nitrógeno que será usado por el cultivo posterior, que serán plantas de frutos: tomate berenjena picantes (solanáceas muy exigentes en fertilidad). Y las flores de vicia son fuente de alimentación para parasitoides adultos y polinizadores. La cubierta general creará un microclima fresco ideal para depredadores de hábitos caminador.</p>	<p>24 Cañaveral para dividir el predio con el vecino,</p> <p>Las cañas generan un microclima idóneo para el desarrollo de depredadores caminadores porque genera un microclima fresco, alto volumen de hojas de cobertura aquí también se propone colocar cajones de abejas para fomentar la polinización de los cultivos y diversificar la producción del MAUC.</p>
<p>5 Un bordo Repollo</p> <p>El repollo es susceptible al ataque de pulgones durante todo su ciclo, por lo que la presencia de flores permite el desarrollo de parasitoides capaces de regular a las poblaciones de pulgones.</p>	<p>16 Dos bordos de repollo al lado de cebolla de verdeo. El repollo es susceptible al ataque de pulgones durante todo su ciclo, por lo que la presencia de alta variedad de flores permite el desarrollo de parasitoides capaces de regular a las poblaciones de pulgones. A su vez la cebolla por ser fuerte aromática ahuyenta insectos herbívoros.</p>	

<p>6 Un bordo Perejil.</p> <p>Pertenece a la familia de las Apiaceas o Umbelíferas. Tienen fuerte aroma que repele a ciertos insectos herbívoros, a su vez poseen una inflorescencia compuestas de micro flores 2mm aproximadamente capaces de proporcionarles polen y néctar a micro parasitoides benéficos</p>	<p>17 Dos bordos de franjas de flores (copete, caléndula, zinnias, copete, aliso), aromáticas (romero, tomillo, orégano, salvia, lavanda, menta, melisa, entre otras) y vegetación silvestre (quinua, ortiga, lengua de vaca, navillo etc.) que poseen alta capacidad de atracción de insectos benéficos, reducen la incidencia de plagas funcionan como centro de refugio y dispersión de EN. Están estratégicamente ubicadas cada 50 metros entre una y otra a lo largo del campo, para que puedan ser aprovechadas por los EN. Y a su vez están conectadas al ambiente semi-natural (corredor). Aquí colocamos los hoteles de insectos como refugio artificial para EN, que proporciona un sitio donde esta fauna pueda protegerse del invierno e incluso si se dan las condiciones óptimas reproducirse, poner sus huevos</p>	
--	--	--

<p>7 Dos bordos de franjas de flores (copete, caléndula, zinnias, copete, aliso), aromáticas (romero, tomillo, orégano, salvia, lavanda, menta, melisa, entre otras) y vegetación silvestre (quinua, ortiga, lengua de vaca, navillo etc.) que poseen alta capacidad de atracción de insectos benéficos, reducen la incidencia de plagas funcionan como centro de refugio y dispersión de EN. Están estratégicamente ubicadas cada 50 metros entre una y otra a lo largo del campo, para que puedan ser aprovechadas por los EN. Y a su vez están conectadas al ambiente semi-natural (corredor). Aquí colocamos los hoteles de insectos como refugio artificial para EN, que proporciona un sitio donde esta fauna pueda protegerse del invierno e incluso si se dan las condiciones óptimas reproducirse, poner sus huevos</p>	<p>18 Un bordo de repollo y lado derecho franja de flores e izq. cultivo de cobertura con asociación de centeno y vicia esta última por ser leguminosa aportara nitrógeno que será usado por el cultivo posterior, que serán plantas de frutos tomate berenjena picantes (solanáceas muy exigentes en fertilidad). Y las flores de vicia son fuente de alimentación para parasitoides adultos y polinizadores. Y la cubierta creará un microclima fresco ideal para depredadores de hábitos caminador. Las franjas de flores atraen insectos benéficos, reducen la incidencia de plagas funcionan como centro de refugio y dispersión de EN.</p>	
<p>8 Cola de caballo cultivo que exige humedad permanente por lo que se siembra alrededor de la represa para ser utilizada en la elaboración de bio-fungicidas agroecológicos.</p>	<p>19 Siete bordos de cultivo de cobertura de por medio un bordo de perejil, asociación de centeno y vicia esta última por ser leguminosa aportara nitrógeno que será usado por el cultivo posterior, que serán plantas de frutos tomate berenjena picantes (solanáceas muy exigentes en fertilidad). Y las flores de vicia son fuente de alimentación para parasitoides adultos y polinizadores. Y la cubierta creara un microclima fresco ideal para depredadores de hábitos caminador.</p>	

<p>9 Fábrica de Bioinsumos, utilizados en la nutrición y protección de las plantas. Elaborados mediante procesos de síntesis, de la extracción de cultivo de fuentes naturales y que son biodegradables, tales como abonos orgánicos, abonos foliares, biorepelentes.</p>	<p>20 Un bordo de rúcula y un bordo de achicoria.</p> <p>Cuando se cosecha la rúcula se deben dejar algunas plantas del bordo para permitir su floración y reproducción. En general es conveniente dejar que florezcan y tener semillas propias.</p>	
<p>10 Represa con plantas acuáticas. La fuente de agua es fundamental para el riego pero también permite el desarrollo de una alta diversidad de depredadores de potenciales plagas herbívoras (Odonatos, sapos, aves, arácnidos, etc.)</p>		
<p>11 Bomba de agua permite el riego por goteo más eficiente que el de gravedad.</p>		



Fig. 34. Vista panorámica del diseño agroecológico en 3D del campo del Movimiento de agricultores urbanos de Córdoba (Guzmán y Barchuk, 2017).



Fig. 35. Bloque 1 del Diseño predial agroecológico del campo del MAUC.

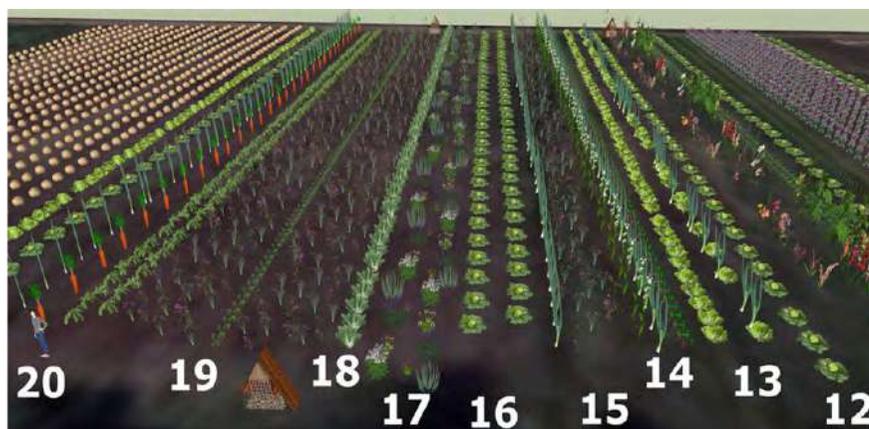


Fig. 36. Bloque 2 del diseño predial agroecológico del campo del MAUC.

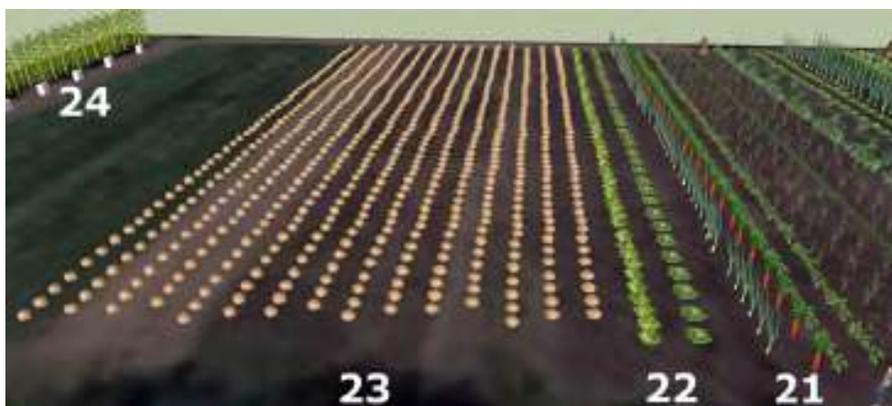


Fig. 37. Bloque 3 del diseño predial agroecológico del campo del MAUC.

Referencias bibliográficas

- Altieri M. y Nicholls C., 2010. Diseños agroecológicos para incrementar la biodiversidad de entomofauna benéfica en agroecosistemas. Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología (SOCLA).
- Atlas de Malezas virtual. Versión Beta 1.0. INTA Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, RIAN Red de Información Agropecuaria Nacional <http://rian.inta.gov.ar/atlasmalezas/atlasmalezasportal/DetalleMaleza.aspx?pagante=CXF&idmaleza=22158>
- Barchuk A. H., Suez L. S., Locati L., Guzman M. L., Silvert V. 2018. Manual para la transición agroecológica: guía para agricultoras y agricultores agroecológicos. Ed. Brujas. Córdoba, Argentina.
- Baigorria T., Gómez D., Cazorla C., Lardone A., Bojanich M., Aimetta B., Bertolla A., Cagliero M., Vilches D., Rinaudo D., Canale A. 2018. Bases para el manejo de vicia como antecesor del cultivo de maíz. Estación experimental Marcos Juárez, 12 pag.
- Bauer E. C., Golick D., Weissling T. J. 2015. Creating solitary bee hotel. University of Nebraska Lincoln extension, Institute of agriculture and natural resources. <http://extensionpublications.unl.edu/assets/pdf/g2256.pdf>
- Cabrera A. y Zardini E., 1978. Manual de la Flora de la Provincia de Buenos Aires - Buenos Aires, Ed. Acme, 2da. ed., 525 - 755 pp.
- Cárdenas Tello C. 2014. Las plantas alelopáticas. Ciencias de la Vida. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Ecuador. 1ª ed. Electrónica.
- Especies vegetales autóctonas plantas nativas de América. <http://www.herbotecnia.com.ar/index.html>
- INTA pro Huerta. 2012. Frutales en la huerta orgánica familiar. Material didáctico de capacitación.
- Gómez Álvarez E. y Agudelo Mesa S. 2006. Cartilla para la educación Agroecológica (alelopatía). http://lapluma.net/es/index.php?option=com_content&view=article&id=7342:2016-01-19-19-46-19&catid=89:economia-de-la-naturaleza&Itemid=420.
- Guzmán M. L. y Barchuk A. B. 2017. Tecnologías agroecológicas de manejo y ordenamiento espacio – temporal para los cultivos hortícolas del cinturón verde de Córdoba. Primer encuentro nacional sobre periurbanos e interfaces crítica. Periurbanos hacia el consenso. Córdoba 12, 13 y 14 de septiembre.
- Guzmán M. L. y Barchuk A. H. 2017. Tecnologías agroecológicas de manejo y ordenamiento espacio – temporal para los cultivos hortícolas del cinturón verde de Córdoba. Beca BITS, SECYT-UNC. Informe Inédito.
- Guzmán L. y Barchuk A. 2018. Cartilla de plantas que atraen a los insectos

- benéficos. Informe Beca BITS, SECYT-UNC. Inédito, 70 pag.
- Herbario virtual del Departamento de Biología, Bioquímica y Farmacia Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, 2012 Laboratorio de plantas vasculares <http://www.plantasvasculares.uns.edu.ar/herbario/galeria/pehuen/t.htm>
- López García G. P., Mazzitelli M. E., Fruitos A., González M., Marcucci B., Giusti R., Alemanno V., del Barrio L., Portela J., Debandi G. 2019. Biodiversidad de insectos polinizadores y depredadores en agroecosistemas vitícolas de Mendoza, Argentina. Consideraciones para el manejo del hábitat. *Rev. FCA UNCUIYO*. 2019. 51(1): 309-322.
- Nadreau J. Cómo hacer un Hotel de Insectos. Hortelano de “Jardins des Aures” y miembro de RJSM durante el proyecto EU’GO. Hotel de insectos en huertos urbanos. https://www.eugolearning.org/sites/default/files/files/documents/insect_house_es.pdf
- Nicholls, C. 2006. Bases agroecológicas para diseñar e implementar una estrategia de manejo de hábitat para control biológico de plagas. *Agroecología*. 1: 37-48.
- Nicholls, C. 2008. Control Biológico de insectos: un enfoque agroecológico. Medellín: Editorial Universidad de Antioquia. 294 pag.
- Nicholls C., 2010. Contribuciones agroecológicas para renovar las fundaciones del manejo de plagas. University of California, Berkeley, 217 Mulford Hall -3114 Berkeley, California 94720. USA.
- Paleólogos y Flores 2014. Principios para el manejo ecológico de plagas. En *Agroecología: Bases Teóricas Para El Diseño y Manejo de Agroecosistemas Sustentables*. 1a ed. Editorial La Plata. 466 p.
- Paleólogos M. F., Flores C. C., Sarandon S. J., Stupino S., Bonicatto M. M. 2008. Abundancia y diversidad de la entomofauna asociada a ambientes seminaturales en fincas hortícolas de La Plata, Buenos Aires, Argentina. *Revista Brasileira de Agroecología*. *Rev. Brasileira de Agroecología*. 3(1): 28-40.
- Riquelme A. H., Granval N, Pastor V., López V., López G. G. P., García Sáez J. G., Gutiérrez M. 2013. Biocontroladores en la Huerta y sus Interrelaciones. Editorial INTA. 84 p.
- Rodas A. 2012. Refugios para EN de plagas insectiles: Selección inicial de plantas para condiciones de El Zamorano Honduras.
- Sarandon S. y Flores C. 2014. *Agroecología: Bases Teóricas Para El Diseño Y Manejo De Agroecosistemas Sustentables*. 1a ed. Editorial La Plata. 466 p.
- Schielle de Clough, 1989. Flores Silvestres de las Sierras de Córdoba - Buenos Aires, Ed. Legasa S.A., 2da. ed. 1993, p. 12:13 - 88 pp.
- Sersic A., Cocucci A., Acosta M., Baranzelli B., Benitez B., Boero L., Córdoba S., Cosacov A., Díaz L. et al. 2015. Flores del centro de Argentina II. Nueva guía ilustrada para conocer 229 especies. Tomo I 132 p y tomo II 332 p. academia nacional de ciencias, córdoba-argentina.
- Teh-Weisenburger Jo-Lynn. 2017. Insect Hotels: A Refuge or a Fad?

- The Entomologist Lounge. <https://entomologistlounge.wordpress.com/2017/09/18/insect-hotels-a-refuge-or-a-fad/>, consultado en febrero de 2019.
- Toursarkissian M., 1980. Plantas medicinales de la Argentina - Bs. As., Ed. H. Sur, 133 - 178 p-
- Valladares G., Salvo A. y Defagó M. T. 2019. Insectos. Guía completa para explorar su mundo. Edición: Primera. – Editorial de la UNC, 524 pp.
- Vázquez L. L., Matienzo Y., Veitía M., Alfonso J. 2008. Conservación y manejo de EN de insectos fitófagos en los sistemas agrícolas de Cuba. Editorial Centro de educación y documentación de sanidad vegetal (CIDISAV), Ciudad de la Habana.
- Velandia M.; Restrepo S.; Cubillos P; Aponte A.; Silva L., 2012. Catálogo fotográfico de especies de flora apícola en los departamentos de Cauca, Huila y Bolívar. Bogotá, Instituto Humboldt. 84 p.

Glosario

Acodo: es un método artificial de propagación vegetal asexual por lo que sólo se necesita un progenitor. Consiste en tomar una rama de la planta y anclarla al suelo para que entre en contacto con la tierra. Una vez desarrolladas raíces, se puede separar de la planta madre. Se reproducen por acodo la lavanda, la salvia y el tomillo.

Agricultura industrial: Tiene el foco en la producción de commodities para la exportación, como ocurre en nuestro país. Son sistemas altamente dependientes de insumos externos, crían una sola especie, que generan enorme contaminación ambiental y destrucción de las economías regionales.

Agroecología: es la ciencia que aplica los conceptos y principios ecológicos en el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables. “Ningún sistema agrícola puede seguir siendo visto como una actividad estrictamente productiva manejada primordialmente por presiones económicas. Necesita restablecer la conciencia sobre el fundamento ecológico en el que la agricultura se desarrolló originalmente y del que depende en última instancia. Requiere una base interdisciplinaria sobre la cual evaluar estos impactos, integrar entonces a los múltiples aspectos de los sistemas políticos, económicos y sociales dentro de los cuales los agro ecosistemas funcionan, tornándose en sistemas aún más complejos”.

Agroecosistema: ecosistemas modificados por el hombre, formados por comunidades de plantas, animales y microorganismos, interactuando con su ambiente físico y químico, para producir alimentos, fibra, combustible y otros productos para el consumo y procesamiento humano. El hombre interviene con el manejo y aportando subsidios de materia, energía e información.

Apicultura: es la actividad dedicada a la crianza de las abejas y a prestarles los cuidados necesarios con el objetivo de obtener y consumir los productos que son capaces de elaborar y recolectar. El principal producto que se obtiene de esta actividad es la miel. La miel es un factor de beneficio para los humanos. Un beneficio indirecto producto de la actividad de pecoreo que realizan las abejas corresponde a la polinización que realizan estos insectos.

Arácnido: animal artrópodo que componen la clase Arachnida. Se trata de especies que cuentan con cefalotórax (la cabeza unida al tórax), cuatro apéndices bucales y ocho patas. Estos seres vivos, por otra parte, carecen de ojos compuestos y de antenas.

Antófilo: es una hoja o pieza floral. Los antófilos se dividen en dos tipos: de protección y fértiles. Los antófilos protectores corresponden a los sépalos y

pétalos (conjunto perianto). Cuando los sépalos y pétalos no son diferenciables se habla de tépalos (conjunto perigonio).

Bioinsumo: Se llaman así los insumos utilizados en la nutrición y protección de las plantas y animales, que son originados mediante procesos de síntesis, extracción o cultivo a partir de fuentes naturales y que son biodegradables, tales como biorepelente, biofertilizantes, biofungicidas.

Bocashi: la palabra bocashi es del idioma japonés y para el caso de la elaboración de los abonos orgánicos fermentados, significa cocinar al vapor los materiales del abono, aprovechando el calor que se genera con la fermentación aeróbica de los mismos.

Compost: es un producto obtenido a partir de diferentes materiales de origen orgánico (lodos de depuración, estiércol, fracción orgánica de residuos sólidos, residuos agropecuarios y otros), los cuales son sometidos a un proceso biológico controlado de fermentación denominado compostaje. Posee un aspecto terroso, libre de olores y de patógenos, es empleado como abono de fondo y como sustituto parcial o total de fertilizantes químicos.

Compuesta: Plantas que botánicamente pertenecen a la familia de las compuestas también llamadas Asteráceas. Esta familia incluye vegetales como la lechuga, el girasol, la endivia, la achicoria, el alcaucil, el cardo, la caléndula, la manzanilla entre otras.

Control biológico: el uso de organismos benéficos (enemigos naturales) contra aquellos que causan daño (plagas).

Crucífera: Plantas que botánicamente pertenecen a la familia de las Brassicaceas. Esta familia incluye vegetales como la mostaza, rúcula, repollos, coliflor o rábanos.

División de matas: Consiste en dividir la planta en 2 o más trozos cada uno con una buena porción de raíces y luego plantar cada uno en macetas individuales. Tiene que ser una planta que haya ramificado bien por abajo, que tenga muchos brotes desde la base del suelo. El mejor momento para realizarlo es al final del período de reposo vegetativo (finales de invierno).

Enfoque sistémico: Durante el presente siglo, el cambio desde el paradigma de pensamiento mecanicista al ecológico se ha producido en distintas formas, a distintas velocidades, en los diversos campos científicos. Cuando se analiza un sistema haciendo énfasis sobre las partes que lo componen, hablamos de un análisis mecanicista, reduccionista o atomista, mientras que el énfasis sobre el todo recibe los nombres de holístico, organicista o ecológico. En la ciencia del siglo xx la perspectiva holística ha sido conocida como «sistémica» y el modo de pensar que comporta como «pensamiento sistémico».

Ensilado: es un proceso de conservación del forraje basado en una fermentación láctica del pasto que produce ácido láctico y una disminución del pH por debajo de 5. Permite retener las cualidades nutritivas del pasto original mucho mejor que el henificado, pero precisa de mayores inversiones y conocimientos para conseguir un producto de calidad. También se denomina así al forraje obtenido mediante este proceso.

Esqueje: Se conoce también como “estaca”, son fragmentos de las plantas separados con una finalidad reproductiva. La reproducción por medio de esquejes es asexual por lo que sólo se necesita un progenitor. Pasos: Cortar un pedazo tierno y vivo de la planta progenitora. Meter en un recipiente con agua hasta que desarrolle raíces (este paso puede ser omitido), enterrar el esqueje y regar regularmente. Las plantas enraizadas de esta manera serán genéticamente idénticas a sus progenitoras, es decir, formarán con ellas un clon.

Fitófago: Que se alimenta de materia vegetal. Herbívoro.

Flor simple: Es una sola flor al final de cada rama, por ejemplo: rosa, amapola, magnolia, alegría etc. La flor es el sistema reproductivo de una planta cuya función es producir las semillas que garantizan las nuevas generaciones de plantas y mediante estas se da la continuidad de una especie y la propagación. Las partes de una flor son:

- **Los pétalos**, son las hojas vistosas de colores y forma variada, llamativas para atraer insectos y pájaros que lleven a cabo la polinización entomófila. El conjunto de todos los pétalos forma la **corola**.
- **Los estambres o androceo**, son la parte masculina de la flor. Tienen forma de hilos que acaban en saquitos. Dentro de esos saquitos se encuentra el polen.
- **Los sépalos son**, unas pequeñas hojas de color verde. El conjunto de los sépalos forma el cáliz.
- **El gineceo o pistilo**, es la parte femenina de la flor, tiene forma de jarrón y en su interior se encuentra los óvulos.
- **Los nectarios**, son glándulas que segregan una solución azucarada llamada néctar. El néctar tiene como función la de atraer insectos, pájaros y otros animales para estimular la polinización.

Flor compuesta: Grupos de flores en una misma rama. Se ramifican de diferentes formas y recibe el nombre de Inflorescencia. Por ejemplo las margaritas, los girasoles, las flores de ajo, zanahoria, perejil, el romero, el tomillo, etc.

Forraje: hierba verde o seca que se da al ganado para alimentarlo.

Hábitats: ambiente o espacio que se encuentra ocupado por una determinada población biológica, la cual, reside, se reproduce y perpetúa su existencia allí porque el mismo le ofrece todas las condiciones necesarias para hacerlo, lo que supone la posibilidad de perpetuar su presencia.

Henificación: es el proceso de conservación del forraje una vez segado con una segadora, secado con una secadora o con una deshidratadora y empaclado usando una empacadora. El proceso de henificación dura al menos tres días: uno para segar, otro para secar y otro para empaclar.

Inflorescencia: Conjunto de flores que nacen agrupadas de un mismo tallo. Por ejemplo “el racimo o la espiga son algunas de las formas que pueden adoptar las inflorescencias”.

Insecto: es un artrópodo que tiene el cuerpo dividido en cabeza, tórax y abdomen. Los insectos, que experimentan una metamorfosis durante su desarrollo, disponen de un par de antenas, uno o dos pares de alas y tres pares de patas. Cuando el término insecto aparece escrito con mayúscula inicial (Insecto), refiere al taxón de estos animales.

Insecticida: es un compuesto químico utilizado para matar insectos. Es un tipo de biocida. Un agroquímico.

Microclima: es un clima local de características distintas a las de la zona en que se ubica, es un conjunto de patrones y procesos atmosféricos que caracterizan un entorno o ámbito reducido. Los factores que lo componen son la topografía, temperatura, humedad, altitud-latitud, luz, la cobertura vegetal y las obras humanas (arquitectura urbana, industria, procesos económicos, etc) que pueden incidir en las variables atmosféricas (meteorológicas más que climáticas) y que sirven para suavizar los valores extremos (aire acondicionado en época de calor, calefacción en épocas de frío) de un lugar generalmente urbano y que terminan por modificar a escala muy local el clima normal de un lugar.

Microflora: pertenece al grupo de los organismos más pequeños (<0,1 mm de diámetro); es necesario un microscopio para poderlos observar. Incluye algas, bacterias, arqueas, cianobacterias, hongos, levaduras, mixomicetos y actinomicetos que son capaces de descomponer casi cualquier material natural existente.

Microfauna: se refiere a las formas de vida animal de ancho menor a 0.1 mm. El principal papel de la microfauna en el suelo es la disgregación de la materia orgánica y la diseminación de la microflora.

Leguminosa o Fabáceas: Plantas que botánicamente pertenecen a la familia de las fabáceas, y se las caracteriza porque su fruto tiene forma de chau-

cha. Entre ellas podemos encontrar a las habas, arvejas, porotos, etc.

Lombricultura: es una biotecnología que se basa en la cría y producción de lombrices detritívoras., como herramienta de trabajo encargada de reciclar material de origen orgánico. De esta actividad se obtienen una serie de productos (generalmente al final del proceso) como el humus o lombricompost y una fuente proteica que es la carne de lombriz, que puede ser transformada en harina con un contenido de proteínas de hasta 73%.

Monocultivo: son plantaciones de gran extensión con el cultivo de una sola especie, con los mismos patrones, resultando en una similitud genética, utilizando los mismos métodos de cultivo para toda la plantación (control de pestes, fertilización y alta estandarización de la producción). Casos frecuentes de monocultivo se dan con el eucalipto, pino, cereal, soja, caña de azúcar, algodón, maíz lo cual produce la degradación del suelo debido a que estos solo absorben los nutrientes que consideran necesarios para su crecimiento, haciendo así, que el suelo pierda la fertilidad al acabarse con uno (o más) de sus nutrientes.

Ortodoxa: Que sigue fielmente los principios de una doctrina o que cumple unas normas o prácticas tradicionales, generalizadas y aceptadas por la mayoría como las más adecuadas en un determinado ámbito. Normalmente, ortodoxo también es algo antiguo, tradicional, rudimentario, poco evolucionado o conservador.

Parasitoide: insecto que durante su estado larvario se alimentan y desarrollan dentro o sobre otro animal invertebrado (llamado hospedero), al cual eventualmente matan. Durante su estado adulto son de vida libre, y solamente se alimentan de agua, polen o néctar. Forman parte de los enemigos naturales de las plagas.

Perenne: En botánica es una planta que vive durante más de dos años o, en general, florece y produce semillas más de una vez en su vida.

Polinizador: es un vector animal (agente biótico) que traslada polen de la antera (órgano masculino de la flor) al estigma (órgano femenino de la flor) permitiendo que se efectúe la unión del gameto masculino en el grano de polen con el gameto femenino del óvulo, proceso conocido como fertilización o singamia. La mayoría de los polinizadores pertenece a uno de los cuatro grupos mayores de insectos. Éstos son: Hymenoptera (abejas, avispas y hormigas), Diptera (moscas y mosquitos), Lepidoptera (mariposas y polillas) y Coleoptera (escarabajos). Algunos insectos pertenecientes a otros grupos también son polinizadores. Finalmente hay varios pájaros y mamíferos que actúan como polinizadores.

Predador: animal que se dedica a la caza de otras especies para obtener su alimento. De este modo, se desarrolla una interacción biológica conocida como depredación. Forman parte de los enemigos naturales de las plagas.

Revolución verde: es la denominación usada internacionalmente para describir el importante incremento del área de producción agrícola entre 1960 y 1980 en Estados Unidos y extendida después por numerosos países. Bajo esta política internacional se desarrolló una agricultura moderna de gran impacto ambiental en vastas áreas, reemplazando la biodiversidad natural por un pequeño número de plantas cultivadas. La tendencia al monocultivo crea ecosistemas simplificados, muy inestables que están sujetos especialmente a las enfermedades y a las plagas.

Trama trófica: trama (red compleja de relaciones poblacionales) trófica (alimento en los distintos niveles (planta, fitófago, depredador y parasitoide) donde existe autorregulación; equilibrio natural que impide el aumento excesivo de alguna de sus poblaciones.

Sépalo: En Botánica se denomina sépalo a la pieza floral que forma el cáliz de una flor de una planta angiosperma. Los sépalos son los que envuelven a las otras piezas florales en las primeras fases de desarrollo, cuando la flor es sólo un capullo o pimpollo. Son de color verde generalmente.

Sustentable Sustentabilidad y sostenibilidad aplicadas al desarrollo: Aplicados al campo de la economía, la ecología o el desarrollo y responsabilidad social, el desarrollo sostenible y el desarrollo sustentable pueden considerarse palabras sinónimas, y ambos términos pueden emplearse de forma indiferente, si bien es cierto que algunos organismos prefieren usar sustentable y otros sostenible. Cuando los organismos hablan de los conceptos de sustentabilidad y sostenibilidad están aludiendo a cualquier proceso que puede mantenerse sin afectar a la generación actual o futura, intentando que el mismo sea perdurable en el tiempo sin mermar los recursos existentes en la actualidad. Es decir, el desarrollo tanto sustentable como sostenible pretende cubrir las necesidades actuales, pero teniendo en mente que las generaciones futuras puedan cubrir las suyas.

Receptáculo: En Botánica recibe el nombre de receptáculo el extremo dilatado, generalmente discoideo, del pedicelo floral en el que se insertan las diversas partes florales (cáliz, corola, androceo y gineceo). El término tálamo es un sinónimo.

Capítulo 4.

Manejo Ecológico del suelo

Luciana Sol Suez

LA VIDA EN EL SUELO

Diversidad en el suelo

En este capítulo, nos referiremos al diseño y manejo ecológico del suelo como base de la fertilidad, salud y estabilidad del agroecosistema. La mayoría de los suelos que podemos encontrar en la actualidad, ya sea a nivel urbano o rural, tienen una historia de uso que generalmente los coloca en una situación de degradación. Ésta, puede ser desde leve hasta muy grave, involucrando procesos como contaminación, erosión, compactación, agotamiento, pérdida de materia orgánica, pérdida de fertilidad, carencia de organismos vivos, pérdida de cobertura, entre otras.

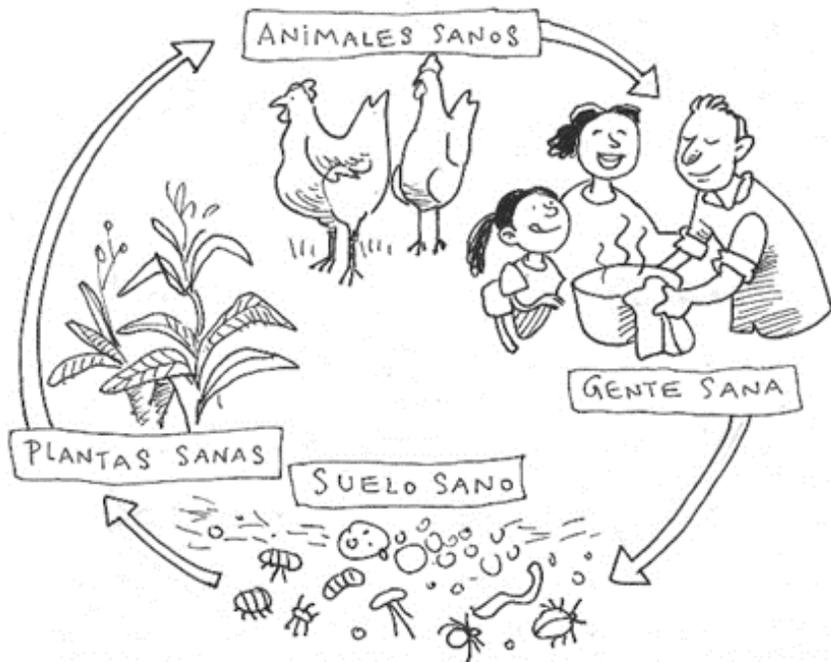


Fig. 1. Círculo armonioso para la salud humana.

Resulta fundamental conocer la historia de uso del suelo en el que pretendemos producir nuestros alimentos y el estado actual del mismo. Esto nos permitirá planificar estrategias adecuadas para su regeneración y salud, que luego se verá reflejada en nuestras plantas y vidas (Fig. 1). En el “Manual para la transición agroecológica. Guía para agricultoras y agricultores agroecológicos” (Barchuk *et al.*, 2018), se puede encontrar información acerca de la composición del suelo, algunas técnicas y observaciones posibles que aportan herramientas para un diagnóstico inicial y varias prácticas para su mejoramiento.

Las acciones de buenas prácticas sobre el suelo requieren conocer la topografía, el tipo de suelo, el clima, la profundidad de capas de aguas subterráneas, la dirección predominante de los vientos, la cercanía a ecosistemas naturales, la proximidad a ciudades, industrias, rutas y otros, las fuentes de aguas superficiales, la cercanía a otros espacios productivos y sus manejos espaciales y temporales, entre otros (Vázquez-Moreno *et al.*, 2012).

A nivel urbano, es importante advertir que no todos los suelos son aptos para la producción de alimentos. Algunos usos históricos como los espacios de quema de basura, con acumulación de metales pesados o residuos peligrosos, vuelven a los suelos inadecuados, ya que los elementos tóxicos se pueden acumular en los tejidos vegetales y ser luego ingeridos. En estos suelos se recomienda proponer acciones de remediación que involucren el uso de plantas ornamentales no comestibles, sumado a otras técnicas de regeneración basados en la microbiología del suelo.

Para comprender la importancia de contar con suelos sanos, y entenderlo como uno de los principales pilares para la producción y el diseño agroecológico, Francis Chaboussou, en el año 1972, publicó la teoría de la **Trofobiosis**. Se basa en comprender que, cuando una planta tiene una cantidad excesiva de nutrientes solubles, está desequilibrada en su metabolismo. Este desequilibrio es causado frecuentemente por labores excesivas en el suelo, por mantenerlo desnudo y por el uso de insecticidas, herbicidas, fungicidas, y fertilizantes de síntesis química. Esto, lleva a una inhibición del proceso de síntesis proteica (paso de aminoácidos a proteína) y un aumento de aminoácidos libres y azúcares solubles, haciendo por tanto a las plantas, muy palatables para los insectos y susceptibles a enfermedades (Fig. 2).



Fig. 2. Esquema artificial de las consecuencias de los procesos de lisis (Barchuk *et al.*, 2018). Lisis: ruptura de moléculas complejas.

Hay numerosos estudios realizados, que comprueban que la fertilización nitrogenada genera un aumento en el ataque de pulgones y ácaros, porque aumenta el nitrógeno soluble en las hojas (Nicholls y Altieri, 2006). Los insectos son muy eficaces para utilizar los aminoácidos y formar sus propias pro-

teínas. Se nutren básicamente de los aminoácidos libres, nutrientes y azúcares que encuentran en vegetales, por lo que aquellos cultivos con fertilizantes inorgánicos se vuelven más sensibles. En este marco, la trofobiosis, explica cómo, un debilitamiento en este delicado equilibrio del suelo, se traduce en desequilibrios dentro de los vegetales que dejan disponibles en su sabia, una gran cantidad de sustancias simples, fácilmente digeridas por insectos, hongos y bacterias, traduciéndose en una alta susceptibilidad al desarrollo de plagas y enfermedades (fig. 2).

Los vegetales son organismos productores de alimento para los demás niveles dentro de la trama alimentaria. También, aportan restos vegetales como exudados y materia orgánica muerta que sostiene la vida en el suelo. Para que los seres vivos del suelo puedan alimentarse, las sustancias contenidas en la materia orgánica, deben pasar por un proceso de descomposición. Este proceso es realizado por millones de bacterias, hongos, amebas, protozoarios, nemátodos, entre otros (Tabla n°1 y n°2, Fig. 3), que son los microorganismos encargados de excretar al medio una gran variedad de enzimas que se ocupan de digerir el material orgánico proveniente de los residuos y cuerpos muertos de todos los seres. Es en este proceso de digestión externa, que muchos y variados organismos logran alimentarse siendo esenciales para la circulación de los nutrientes. Por otra parte, la meso y macro fauna como colémbolos, ácaros, lombrices, termitas, hormigas, escarabajos, tijeretas, alacranes, entre otros, integran esta trama de alimentación, retroalimentando con sus desechos y cuerpos a este complejo y constituyendo una parte fundamental del agroecosistema.

Tabla n° 1. Número de especies de microorganismos edáficos (Labrador, 2014).

Microorganismo	N° de especies en el suelo
Bacterias	Más de 30.000
Hongos	1.500.000
Algas	6.000
Protozoos	10.000
Nemátodos	500.000

Tabla n° 2. Esquema simplificado de los organismos vivos del suelo según su tamaño (Labrador, 2014). El tamaño está representado en las unidades de medida micrones (um) y milímetros (mm).

Categorías	Subgrupo	Tamaño (*)	Ejemplos
Microorganismos	Microflora	<5 um	Bacterias
			Hongos
	Microfauna	<100 um	Protozoarios
			Nemátodos
Macroorganismos	Mesofauna	100 um – 2 mm	Colémbolos
			Ácaros
	Macrofauna	2 mm -20 mm	Lombrices
			Termitas
Plantas	Algas	10 um	Algas verdes

(*) Hay que tener en cuenta que 1 um (micra o micrón) equivale a una milésima parte de un milímetro, entonces 1000 um son 1 mm. Por lo tanto, gran cantidad de organismos del suelo, son microscópicos.

Todos los seres vivos que habitan el suelo, se desarrollan en una gran diversidad de interacciones como parasitismo, simbiosis, alelopatías, depredación, entre otras, conformando un delicado equilibrio que puede fácilmente romperse ante situaciones ambientales particulares o disturbios por parte de los seres humanos. Algunos de estos pueden ser las labranzas, las fertilizaciones, el riego, los monocultivos, entre otros, perdiéndose servicios ecosistémicos vitales como el mantenimiento de la fertilidad del suelo y del ciclo hidrológico, la polinización de los cultivos, el control de plagas y enfermedades o la regulación del clima (Labrador, 2014).

Por ende, si logramos un manejo ecológico del suelo que permita la reactivación y la persistencia de los procesos de autorregulación en el mismo, tendremos plantas sanas y equilibradas, menos disponibles para insectos fitófagos y microorganismos parásitos, volviéndose más resistentes, tolerantes y resilientes (Nicholls y Altieri, 2006).

Además, es importante recalcar que la edad de la planta o el estado de crecimiento, influye directamente en la resistencia de las mismas (Nicholls y Altieri, 2006). Por ejemplo, los brotes tiernos y las hojas más viejas serán siempre más sensibles a ser consumidos por los insectos herbívoros, ya que tienen una mayor concentración de compuestos simples en su sabia. Los brotes,

a menudo son comidos por los animales, debido a que las fibras en el nuevo crecimiento todavía no han completado el desarrollo de la pared celular secundaria, esto los hace más suaves y fáciles de masticar y digerir. En el caso de las hojas más viejas, por estar movilizando sus nutrientes hacia otras partes de la planta, se vuelven más fáciles de triturar.

La vida en la rizósfera

El volumen de suelo afectado por las raíces, la rizósfera (Fig. 3), junto con los microorganismos asociados, determinan importantes procesos como la dinámica y los ciclos del carbono, los nutrientes y el agua. Bajo una mirada más reduccionista, se trata la biodiversidad arriba y abajo del suelo como componentes aislados. Sin embargo, hoy se sabe que existe un íntimo vínculo entre ambas, una conexión ecológica (Nicholls y Altieri, 2006).

A nivel del suelo, como las enzimas que producen los microorganismos son muy específicas, parte fundamental del equilibrio es garantizado por la diversidad y la redundancia en sus funciones, es decir la repetición en el cumplimiento de una misma función por parte de diferentes tipos de organismos (Labrador, 2014). Dicha diversidad, se asocia a una diversidad de vegetales presentes que secretan numerosas sustancias (exudados) en la zona más próxima a sus raíces (rizósfera) (Fig. 3), brindando alimento para la multiplicación de numerosos microorganismos, a la vez que se benefician de ellos por la solubilización de nutrientes, entre otras funciones. También se vuelve fundamental complementar esta diversidad de seres vivos y de exudados, con una abundante y variada materia orgánica muerta disponible en el suelo, como alimento básico de esta red de relaciones de degradación, alimentación y equilibrio que garantiza la fertilidad edáfica (Sánchez de Prager, 2007).

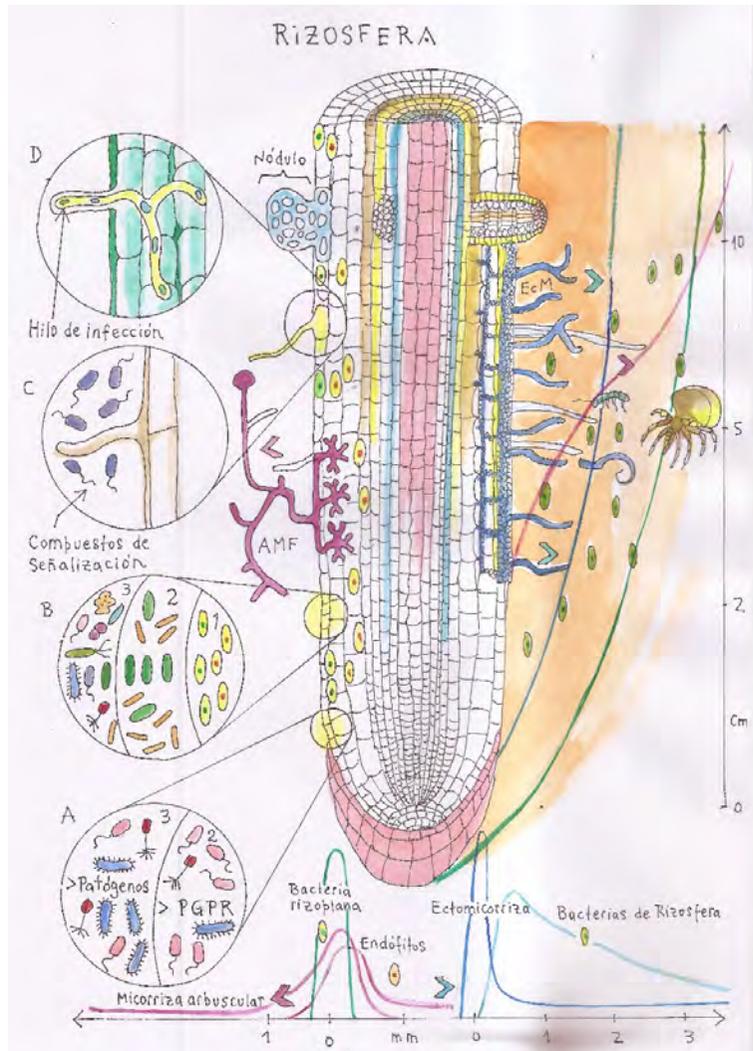


Fig. 3. Distribución de la vida en la rizósfera de una raíz joven. Se presenta mediante curvas de color continuas. La abundancia de varios grupos microbianos (eje X, en mm, en la parte inferior) y a lo largo (eje Y a la derecha, en cm, no proporcionado). Los grupos microbianos incluyen: micorrizas arbusculares (en sigla AMF, violeta) y ectomicorrizas (EcM, azul); Bacterias endofíticas, sobre plano de raíz (rizoplano) y en la rizósfera (verde). Los gradientes de densidad microbiana, actividad y diversidad, se representan en la derecha (gradiente anaranjado y líneas). Las lupas aumentan la visión de varios procesos y distribución microbiana: A, mayor densidad de rizobacterias promotoras del crecimiento de las plantas (PGPR) en comparación con los patógenos en la rizósfera (2) y en la reserva del suelo (3); B: abundancia de varios grupos microbianos en el rizoplano (1), en la rizósfera (2) y en el suelo (3); C: infección de pelos radiculares por rizobios y formación de nódulos; D: liberación de compuestos de señalización para la atracción de rizobios y otros PGPR. Se representa esquemáticamente de forma diferente la izquierda con respecto a la derecha de la raíz, para evitar la superposición de las curvas dibujadas debajo de la raíz (Kuzzyakova y Razavi, 2019). El tamaño de los (micro) organismos no es proporcional a su tamaño real.

Entonces, si consideramos como punto de partida para nuestro diseño, suelos que se encuentran muy degradados por la contaminación, malas prácticas y extracción excesiva de nutrientes, lo primero que hay que pensar es en recuperarlo con diversidad, de organismos benéficos, de vegetales y de materia orgánica, que les garantice el alimento para que se puedan recomponer las funciones y salud del suelo.

Materia orgánica muerta

Se considera **materia orgánica**, a todos los residuos de origen biológico, provenientes de animales, vegetales y microorganismos, y también a compuestos producidos por vegetales y microorganismos. Podemos encontrar materia orgánica en el interior del suelo (en la fracción sólida y líquida), y también en la superficie (Labrador, 2014). La misma constituye una de las principales fuentes de nutrientes para los cultivos, es el alimento fundamental de toda la vida del suelo, determina la bioestructura, es decir la estructura del suelo determinada por la interacción con seres vivos, y también su productividad.

La podemos encontrar en diferentes estados de transformación, lo cual es parte de un proceso biológico que ocurre naturalmente. Pero la velocidad con que ocurre, depende de varios factores: la composición de los organismos del suelo y el origen de la materia orgánica (relación carbono/nitrógeno: C/N)), los factores ambientales (temperatura, humedad, ph, oxígeno, entre otros), el tipo de suelo y las prácticas de manejo (Begon *et al.*, 1995).

La descomposición de la materia orgánica, se puede dar de dos maneras. Una rápida que involucra a los materiales más fácilmente degradables llamada “mineralización”, que da como resultado la liberación rápida de nutrientes minerales disponibles para las plantas. Y una lenta, que involucra a los materiales de origen orgánico de más difícil degradación llamada “humificación”, que da como resultado la formación del humus, al que le ocurre un proceso de mineralización muy lento, liberando nutrientes minerales de forma paulatina y generando numerosos beneficios al suelo (Fig. 4).

Hay varias familias de plantas muy importantes para el manejo ecológico del suelo. Dos de ellas son las gramíneas y las leguminosas. Las primeras son ricas en celulosa y lignina, de más difícil descomposición. Las segundas son ricas en almidón y proteínas, siendo más fácilmente degradables por lo que por ejemplo, suelen utilizarse como abonos verdes.

El **humus**, es un estado intermedio de descomposición de la materia orgánica y es quien da el color oscuro a la tierra. El proceso de humificación es

realizado principalmente por hongos y actinomicetes, a partir de sustancias de difícil descomposición como las ligninas. Los actinomicetos son un grupo heterogéneo de bacterias filamentosas parecidas superficialmente a los hongos. El crecimiento característico es un micelio ramificado que tiende a fragmentarse en elementos como bacterias aisladas.

El humus tiene diferentes fracciones, algunas de las cuales tardan mucho tiempo en terminar su proceso de degradación otorgando múltiples efectos benéficos sobre el suelo (Fig. 4). Además, en el proceso de formación del mismo, se generan sustancias agregantes (ácidos poliurónicos), que unen partículas del suelo mejorando la porosidad a través de la generación de bioestructura.



Fig. 4. Algunos efectos benéficos del humus en el suelo.

El humus tiene efectos importantes sobre las propiedades físicas del suelo, formando agregados y dando estabilidad estructural, uniéndose a las arcillas y formando el complejo de intercambio, favorece la penetración del agua y su retención, disminuye la erosión y beneficia el intercambio gaseoso (Labrador, 2014).

Trama trófica del suelo

Los organismos y las interacciones entre ellos, estructuran la red alimenticia del suelo a la cual le llamamos **trama trófica del suelo** (Fig. 5). La abundancia, actividad e interacción de los diversos grupos funcionales que componen esta red determina la estabilidad de los agroecosistemas.

TRAMA TRÓFICA DEL SUELO

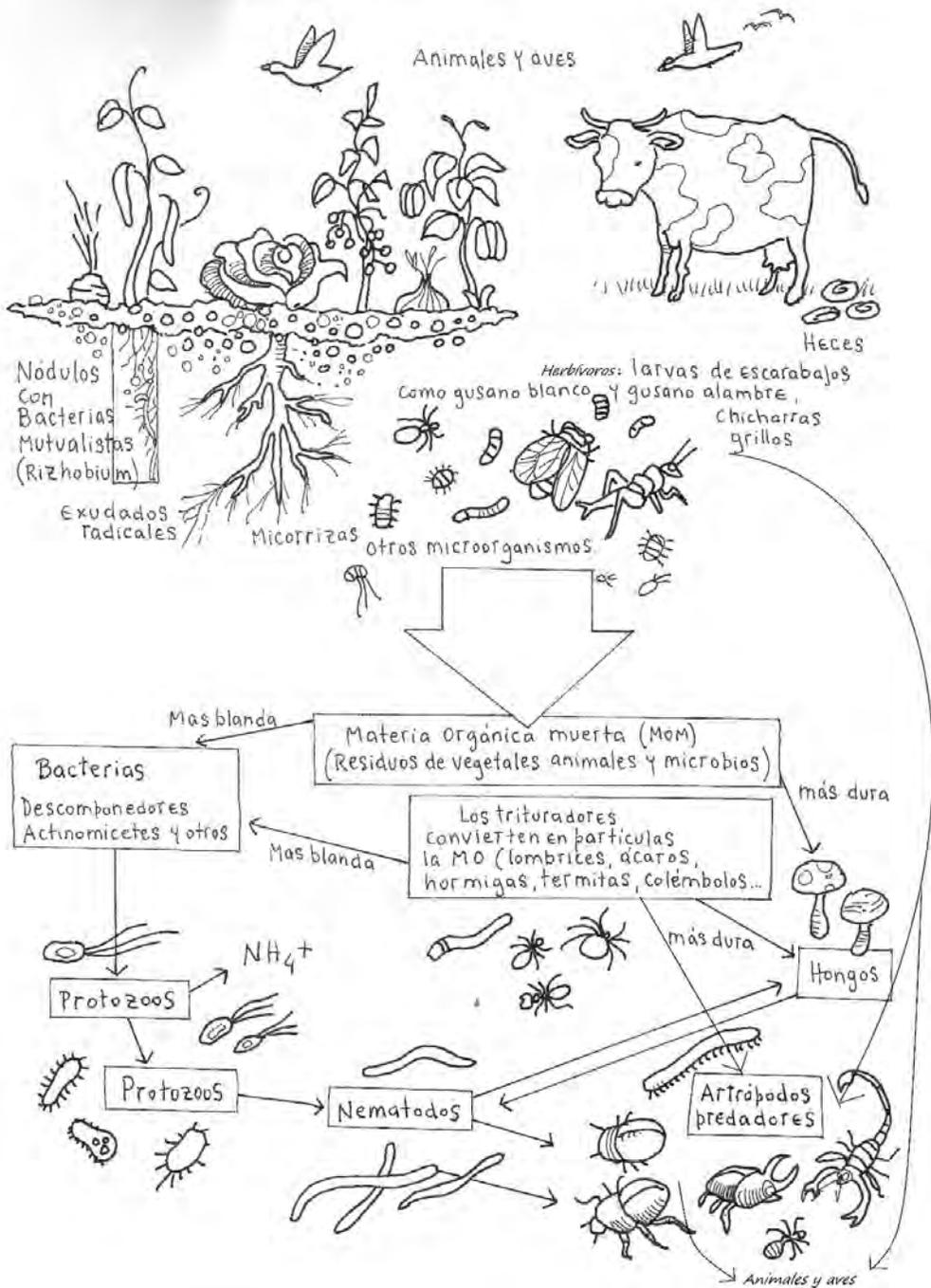


Fig. 5. Trama trófica del suelo.

Para que dimensionemos la importancia de la vida que encontramos en el suelo presentamos algunos números (Pfeiffer, 2012). Un suelo arable sano puede contener por hectárea hasta 800 kg de lombrices (7 a 15 millones de lombrices que elaboran 45 a 60 toneladas de lombricomposteo por año); 700 kg de hongos actinomicetes; 500 kg de hongos diversos y algas; 550 kg de bacterias y 2.850 kg de protozoarios. Así, el contenido orgánico vivo máximo observado es de 6 toneladas por hectárea.

Cuando hablamos de cada nivel de la trama trófica (bacterias, hongos, nematodos, protozoos, etc.), se ven involucradas miles de especies en cada uno de ellos, muchas de las cuales, como ya se dijo, cumplen funciones muy específicas.

Todos estos organismos vivos, además de las raíces de las plantas, se pueden agrupar según las funciones (Tabla nº3) que cumplen en el suelo de la siguiente manera (Labrador, 2014): microrreguladores, transformadores de la hojarasca, ingenieros del ecosistema, microsimbiontes, descomponedores, parásitos ligados a enfermedades y transformadores elementales (Figuras 6, 7 y 8).

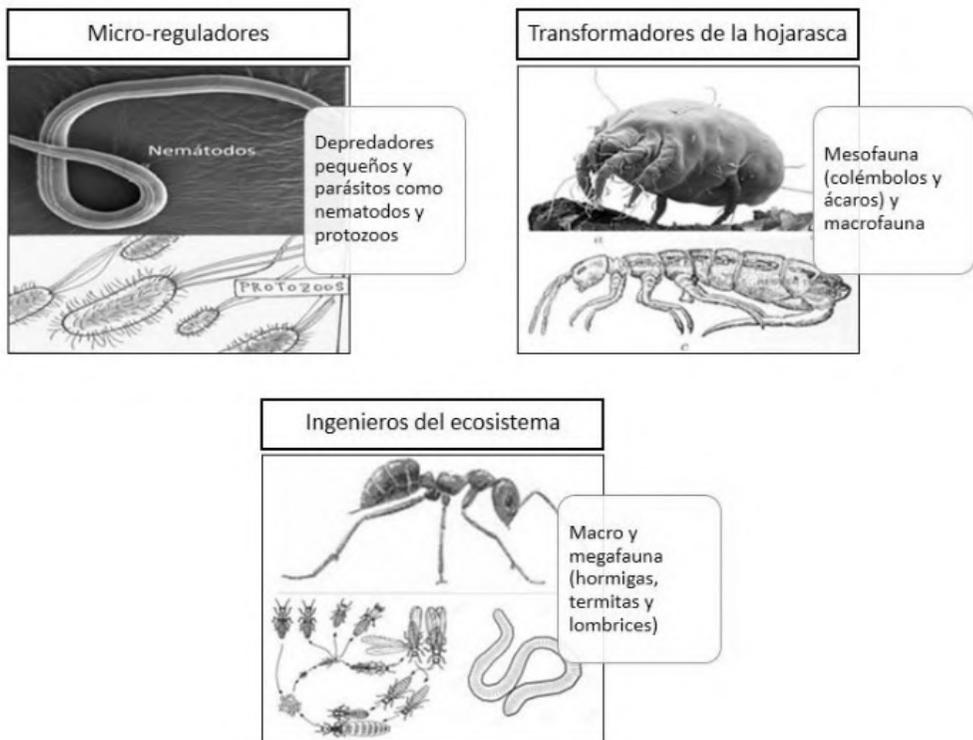


Fig. 6. Micro-reguladores, transformadores de la hojarasca e ingenieros del ecosistema.

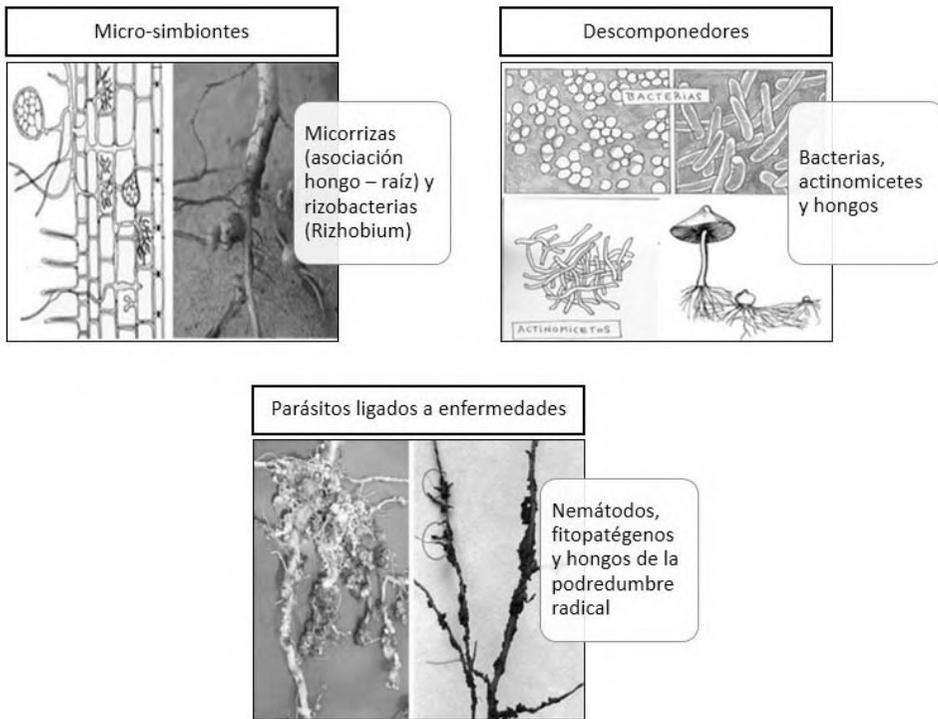


Fig. 7. Micro-simbiontes, descomponedores y parásitos ligados a enfermedades.

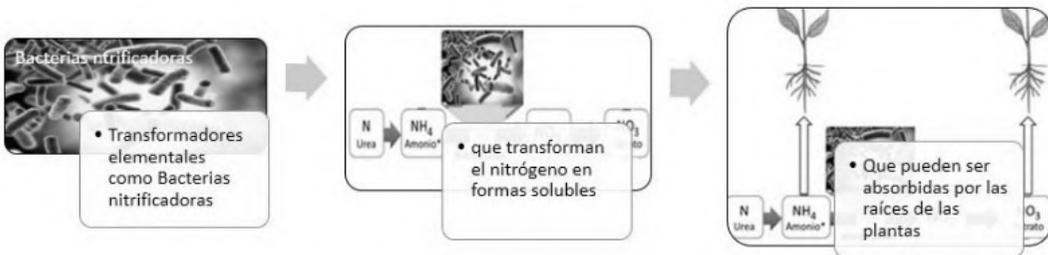


Fig. 8. Transformadores elementales, por ejemplo, bacterias nitrificadoras.

En síntesis, para garantizar el alimento que sustente esta compleja red alimentaria del suelo, encargada de brindarnos la fertilidad y salud del sistema, hay que incorporar continuamente materia orgánica de diferentes maneras y principalmente a través de la diversificación de la vegetación.

Tabla n° 3. Grupos funcionales del suelo y sus funciones.

Grupos Funcionales	Descripción
Micro-reguladores	Estimulan la mineralización a través de la interacción predador-presa de protozoarios con bacterias y nematodos y con bacterias y hongos.
Transformadores de la hojarasca	Reducen el tamaño de la materia orgánica aumentando la velocidad de descomposición; liberan nitrógeno. Sus deyecciones favorecen la agregación y sirven de incubadora de los microorganismos.
Ingenieros del ecosistema	Generan agregados, canales, y deyecciones modificando la disponibilidad y accesibilidad de un recurso para otros organismos.
Microsimbiontes	Los rizobios se encargan de fijar nitrógeno atmosférico y dejarlo disponible para la planta. Las micorrizas solubilizan nutrientes como el fósforo y expanden el sistema radical.
Descomponedores	Descomponen, mineralizan y alteran la materia orgánica que entra en el suelo liberando nutrientes y ayudando a la formación de humus.
Parásitos ligados a las enfermedades	Ante determinadas condiciones ambientales y de debilidad de las plantas, generan enfermedades en las plantas.
Transformadores elementales	Las bacterias nitrificantes (Nitrosomonas, Nitrosococcus, Nitrobacter y Nitrococcus) consiguen su energía por la oxidación de los compuestos inorgánicos del nitrógeno. Tienen enzimas clave en la nitrificación: amoníaco monooxigenasa que oxida amoníaco a hidroxilamina, y nitrito oxidoreductasa, que oxida nitrito a nitrato.

Hay variadas formas de incorporar materia orgánica y microorganismos al suelo. Algunas de ellas son la aplicación de enmiendas sólidas, el uso de bioinsumos líquidos o las siembras. La diversidad de la vegetación debe ser diseñada pensando en sus efectos en el suelo. También, es importante incluir diferentes estrategias para la prevención de la erosión y el escurrimiento superficial que lo afectan directamente.

A continuación se presentan algunas **prácticas** y **elementos** importantes a la hora de diseñar, poniendo el foco en el manejo ecológico del suelo y por ende, en el incremento de su fertilidad.

PRÁCTICAS Y ELEMENTOS PARA EL DISEÑO

Cobertura vegetal.

Es la protección del suelo por parte de la vegetación. Esta protección puede ser realizada por plantas vivas (mulch vivo) como por ejemplo, leguminosas intersebradas con cultivos anuales como cereales o especies hortícolas, o por la distribución uniforme de residuos vegetales en la superficie del suelo (Fig. 9 y 10). Algunos ejemplos de residuos que se pueden utilizar son: rastrojos, restos de poda chipeados, aserrín, hojas secas, cascarilla de arroz, maní, entre otras. Lo ideal es planificar rotaciones de cultivo que involucren especies de gran producción de biomasa, como es el caso del maíz, que dejen grandes cantidades de residuos o rastrojos luego de la cosecha. A la vez, cuando se incluyen otras especies como árboles y arbustos en el diseño, también se favorece el aumento de la cobertura vegetal, por la protección de la copa y por el material que van eliminando como hojas y ramas.



Fig. 9. Lote con rastrojo. Pueblo Mampa, Villa María. 2018.



Fig. 10: Cobertura vegetal en base a residuos del desmalezado, entre plantas de repollo. Campo MAUC, Guiñazú, Córdoba, 2018.

Las principales ventajas del uso de cobertura son (Robaina *et al.*, 2010): **A-** Brinda refugio y alimentos, favoreciendo la presencia y diversidad de invertebrados del suelo. **B-** Favorece la rápida y eficiente descomposición vegetal por parte de la mesofauna y microfauna del suelo, el reciclaje de nutrientes y la síntesis y la mineralización de la materia orgánica. **C-** Constituye la principal fuente de materia orgánica muerta, que es energía y nutrientes para los descomponedores y por lo tanto, para las plantas. **D-** Actúa como mejoradora de todas las propiedades del suelo. **E-** Regula las fluctuaciones diarias de temperatura y humedad en la superficie del suelo. **F-** Desempeña un importante papel hidrológico y antierosivo.

Bajo condiciones de suelo desnudo o descubierto, la exposición directa de la superficie a los rayos solares produce un aumento de la temperatura y una disminución de la humedad. Además, esta situación favorece la erosión eólica y el escurrimiento superficial del agua generando erosión hídrica, lo que provoca la pérdida de materia orgánica, afectando la presencia y desarrollo funcional de los integrantes de la red trófica del suelo (Robayna *et al.*, 2010).

La cobertura del suelo se puede planificar, en lo que se denominan **Cultivos de cobertura**, entendidos como una cobertura vegetal viva que cubre el suelo en forma temporal o permanente, y que se cultiva puro o en mezclas, en relevo o en rotación con otras especies (Figuras 11 y 12).



Fig. 11. Mezcla de Centeno con Vicia para cultivo de cobertura temporal. Campo agroecológico del MAUC, Guíñazú, Córdoba, 2018.



Fig. 12. Mezcla Centeno con Vicia para cultivo de cobertura bajo árboles frutales. Parque Agroecológico de la Cátedra Libre de Agroecología y Soberanía Alimentaria (CLAySA) de la Universidad Nacional de Córdoba (2019).

En diseño de los cultivos de cobertura, se planifica con el objetivo de proteger y mejorar el suelo, para prevenir los procesos de erosión hídrica, incrementar la materia orgánica y estabilidad estructural de los suelos, aportar nitrógeno por fijación biológica (cuando se trabaja con especies leguminosas como por ejemplo la vicia), mejorar la eficiencia de uso del agua del suelo, regular algunas arvenses o malezas de difícil control y regular insectos fitófagos potenciales plagas, y enfermedades (Capurro, 2018; Altieri, 1999). También brindan refugio y alimento a polinizadores e insectos benéficos.

En la región central de Argentina, los cultivos de cobertura se realizan mayormente en otoño- invierno, siendo relevados o rotados con cultivos de verano. Normalmente se siembran en Abril- Mayo y se los deja crecer hasta Octubre, en que la mayoría de las especies utilizadas se encuentran en plena floración (Tabla n° 4). En ese momento se corta el ciclo de las plantas utilizando preferentemente una herramienta denominada “rolo faca” (Fig. 13). Esta herramienta aplasta y quiebra los tallos, cortando el ciclo de crecimiento y dejando las plantas volcadas sobre el suelo. También se pueden utilizar otro tipo de herramientas que corten las plantas como hélice (segadora) o moto- guadañadoras, según la superficie implicada. Luego se deja una breve etapa de barbecho de aproximadamente quince días a un mes, y se siembra luego el cultivo estival.

En el caso de cultivos de cobertura de verano, la Moha (*Setaria itálica*), resulta una buena antecesora para la posterior implantación de pasturas en otoño.

Cuando el cultivo de cobertura se seca, mantiene una baja insolación directa en la superficie, reduciendo la temperatura, a la vez que aumenta la infiltración y la humedad del suelo, lo cual mejora las condiciones para el siguiente cultivo (Capurro, 2018). La mayoría de las especies que se utilizan como cultivos de cobertura, pertenecen a la familia de las leguminosas, pero también suelen utilizarse combinadas con gramíneas (como verdes de invierno) y otras familias como las crucíferas (Tabla n° 4).



Fig. 13. Rolo triturador utilizado en el campo escuela de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Córdoba (Fotografiado por Ing. Agr. Juan Sánchez). El mismo requiere algunas modificaciones para aplastar tallos sin triturar.

Tabla n° 4. Especies y mezclas más utilizadas como cultivo de cobertura en la región central de Argentina.

Especies	Observaciones
Leguminosas como Vicia (<i>Vicia sp</i>), Trebol de olor blanco (<i>Melilotus albus</i>), Trebol rojo (<i>Trifolium pratense</i>) y otros tréboles.	Exploran el suelo a mayor profundidad que las gramíneas y por su raíz pivotante ablandan el mismo. Tienen la capacidad de asociarse simbióticamente con una bacteria (<i>Rizhobium</i>) que fija nitrógeno atmosférico dejándolo disponible para la planta.
Cereales de invierno como avena (<i>Avena sativa</i>), centeno (<i>Secale cereale</i>), triticale (<i>Triticosecale</i>), trigo (<i>Triticum spp</i>) y cebada (<i>Hordeum vulgare</i>)	Aportan gran cantidad de materia orgánica, cubren el suelo, inhiben el desarrollo de la vegetación espontánea, más aún en el caso particular del centeno, que genera alelopatía con otras especies, produciendo un mayor efecto inhibitorio. Su sistema radical en cabellera mejora mucho la bioestructura del suelo.
Leguminosas en mezcla con cereales de invierno	Entre líneas de frutales o como cultivo antecesor de especies estivales. Ejemplos: Vicia y Avena como antecesor de soja de primera; Vicia como antecesor de maíz y de tomate; Vicia y centeno como antecesor de solanáceas de verano.

A manera de ejemplo, al final de este capítulo se anexan **fichas** de algunas de las especies más utilizadas como cultivos de cobertura y/o abonos verdes y sus particularidades.

Abono verde

Los Abonos verdes son plantas que se siembran en rotación y/o asociación con un cultivo y que son incorporadas al suelo para mantener, mejorar o restaurar las propiedades físicas, químicas y biológicas del mismo. Además, en algunos casos estas plantas se pueden utilizar antes de su incorporación, como alimento de animales y para el propio consumo humano (Prager Mósquera *et al.*, 2012).

La incorporación del material vegetal en activo crecimiento (fase fenológica de prefloración o 10 % de floración) al suelo, hace que el mismo rápidamente sufra un proceso de mineralización por acción de la red alimentaria. Al inicio actúa principalmente la macro y mesofauna que trituran y consumen los materiales verdes. Acompañando esta actividad, y durante todo el proceso, los microorganismos degradan y transforman los materiales orgánicos en nutrientes minerales solubles, que las plantas pueden absorber con facilidad, lo cual asegura disponibilidad temprana de nutrientes al cultivo establecido en asociación o rotación, además de aportar al suelo promotores de crecimiento (Prager Mósquera *et al.*, 2012).

Se utilizan plantas herbáceas de rápido crecimiento y abundante follaje de la familia de las leguminosas, y/o de otras familias como gramíneas y brasicáceas, principalmente (Fig., 15). También se utiliza como abono verde, la vegetación espontánea que nace a partir del banco de semillas del suelo. Lo más recomendable es utilizar mezclas ya que dan mejores resultados, mayor resistencia a plagas y enfermedades, mejor cobertura del suelo y mejor enraizamiento en diferentes capas del suelo, sumado al sinergismo que ocurre en relación a los efectos benéficos sobre el suelo de las diferentes especies.

El rol de las leguminosas en los diseños

Las leguminosas son una familia botánica cuya raíz se asocia al grupo de bacterias microsimbiontes llamadas rizobios (Fig. 3), que permiten que el sistema se enriquezca en nitrógeno mediante la fijación biológica de este nutriente (Tabla n° 5 y Fig. 15), y con hongos que forman micorrizas arbusculares (ver en la Fig. 3), ampliando el sistema radical de la planta y permitiendo una mayor y más eficiente absorción del fósforo disponible en el suelo, además de otros nutrientes y beneficios que también genera. Otra característica favorable que aporta esta familia es su raíz pivotante fuerte, que penetra

en profundidad, pudiendo romper capas duras y buscar agua y nutrientes en áreas del suelo donde otras no exploran. Se recomienda incorporar estas plantas como abono verde en estado de prefloración que es el momento de mayor acumulación y fijación de nitrógeno (Prager Mósquera *et al.*, 2012).

Las leguminosas que más se utilizan son: Trébol de olor blanco (*Melilotus albus*) y amarillo (*Melilotus officinalis*), Trébol rojo (*Trifolium pratense*), Vicia (*Vicia sp.*), Habas (*Vicia faba*), entre otras. Por ejemplo, la Vicia y los tréboles, pueden utilizarse como alimento para animales por su alto valor nutritivo, solos o en mezcla.

Tabla n° 5. Cantidad de nitrógeno potencialmente fijado por diferentes leguminosas en Kg/ha/año (CET, 2018).

Especie	Nitrógeno fijado (Kg/ Ha/año)
Arveja	65
Habas	210
Lenteja	101
Poroto	55
Trébol subterráneo	107
Soja	103

Para que la fijación biológica de nitrógeno se realice, debe estar presente en el suelo la cepa de la bacteria correspondiente, ya que las mismas tienen un cierto grado de especificidad. Si no está, se puede inocular recolectando nódulos activos (Fig. 14) de plantas sanas de la misma especie.

Para elaborar un inoculo casero se pueden seguir los pasos recomendados por Simón- Zamora (2016) que se describen a continuación: A- Juntar 200 gr de raíces con nódulos. B- cortar las raíces en pedacitos finos. C- Macerar o machacar con un poco de agua destilada, limpia o hervida. El líquido obtenido es el inoculante (también se puede licuar con mixer o licuadora). E- Mezclar el inoculante en 100 litros de agua limpia y agregar 1 a 2 litros de melaza y 3 a 4 litros de suero de leche o 2 litros de leche cruda. F- Airear la solución por 12 a 16 horas con aireador para pecera o revolviendo la mayor cantidad de veces posibles. G- Aplicar al suelo mediante riego o asperjar al pie de las plantas. Se puede aplicar también a semillas (este mismo procedimiento se puede utilizar para la multiplicación de micorrizas u otros microorganismos fijadores o movilizadores de nutrientes).

También existen inoculantes comerciales para algunas especies como soja y garbanzo. En este punto, es importante poder reconocer la actividad de los nódulos para saber si el proceso deseado está ocurriendo o para recolectarlos.

Para ello, se buscan nódulos radicales y se cortan por la mitad para observar su color. Si en su interior tienen un color rojizo, son nódulos activos. Si por el contrario, son verdes, marrones o negros, los nódulos no están activos y esto quiere decir que no está ocurriendo la fijación biológica.

El color rojizo está dado por la leghemoglobina, una proteína con alto contenido de hierro, que se encarga de regular los niveles de concentración de oxígeno dentro del nódulo. Esto es importante, ya que la bacteria necesita oxígeno en pequeñas cantidades, pero la enzima encargada de iniciar la reacción de fijación se inactiva en presencia del mismo (Calvo-García, 2011).



Fig. 14. Nódulos activos en raíz de Vicia (lugar: Parque Agroecológico de la CLAySA-UNC 2019).

Además, es importante conocer algunos factores ambientales que limitan o favorecen la fijación de nitrógeno para tratar de regularlos. Algunos de ellos son el exceso o carencia de ciertos minerales como el molibdeno y hierro, cuya falta limita la fijación del nitrógeno. Otro regulador importante es el Nitrógeno. Cuando hay altos niveles de nitrógeno mineral, la fijación se limita o inhibe. Como factores negativos también se pueden nombrar la presencia de hongos y virus (Calvo-García, 2011).

En cuanto a la influencia de la temperatura, debajo de los 7°C no ocurre nodulación, al igual que cuando éstas son muy altas, por lo que en estaciones intermedias como primavera y otoño, es cuando ocurre una mejor y mayor nodulación y fijación de nitrógeno. También una adecuada humedad y disponibilidad de luz para la fotosíntesis son necesarias (Calvo-García, 2011).

El rol de las gramíneas en los diseños.

Las gramíneas tienen un sistema de raíces en cabellera que favorece la estructura del suelo y la infiltración del agua, se asocian con micorrizas arbusculares (Fig. 3), a la vez que producen una gran cantidad de materia orgánica

con capacidad de formar, según su etapa de crecimiento, humus más estable. También son fuente de alimento animal y en algunos casos humano.

Las Gramíneas que más se utilizan son: centeno (*Secale cereale*) con gran efecto alelopático sobre otras especies vegetales, cebada (*Hordeum vulgare*), avena (*Avena sativa*), trigo (*Triticum spp*), triticale (*Triticosecale*), sorgo forrajero (*Sorghum vulgare*), Moha (*Setaria itálica*), entre otras (Fig. 15).

Trébol de olor blanco	Trébol de olor amarillo	Trébol rojo	Vicia	Habas
				

Cebada	Avena	Trigo	Centeno	Triticale	Sorgo forrajero
					

Nabo forrajero	Mostaza blanca	Rábano forrajero
		

Fig. 15. En la parte superior de la figura: especies leguminosas; en la parte central, especies de gramíneas, y en la parte inferior, especies de crucíferas.

El rol de las brassicáceas en los diseños

Las brassicáceas o crucíferas son una familia de muy rápido crecimiento, ciclos de vida cortos y con raíces fuertes que pueden perforar el suelo en profundidad. En suelos muy degradados con altos niveles de patógenos, algunas brassicáceas como la mostaza blanca (*Sinapis alba*), pueden usarse con efectos biofumigantes al incorporarlas en plena fructificación al suelo, donde por ejemplo, mostraron efecto supresor del desarrollo de *Fusarium* (Perniola *et al.*, 2012), en una práctica que se denomina “biofumigación”. La misma, debe usarse seguida de la aplicación de bokashi u otras fuentes de microorganismos benéficos, que permitan la regeneración de la vida del suelo.

Las especies de Brassicaceas más utilizadas son: nabo forrajero (*Brassica napus* var. *oleífera*), mostaza blanca (*Sinapis alba*) y rábano forrajero (*Raphanus sativus* L.), que poseen un sistema radical que alcanza los 30 cm de profundidad, con efectos alelopáticos y de disminución de la incidencia de *Rhizoctonia solani* (hongo que produce pudrición de raíz) (Prager Mósquera *et al.*, 2012).

Cuando el abono verde se hace incorporando la vegetación que nace espontáneamente del banco de semillas del suelo que crece durante la etapa de descanso, la diversidad de especies suele ser mayor. Esto puede asegurar condiciones de disponibilidad de nutrientes y ventajas como estímulos al crecimiento, regulación de insectos y de vegetación espontánea.

Los abonos verdes se pueden cortar e incorporar al suelo en forma manual, mediante el uso de herramientas como azada o pala, o mediante el uso de implementos como rolos, rastras, o similares, luego se debe esperar dos a cuatro semanas, antes de sembrar un cultivo. Algunos aconsejan dejarlo sobre el suelo por dos o tres semanas, luego de cortado. Se recomienda realizarlos antes de cultivos exigentes en nutrientes como son el maíz, las hortalizas y la papa.

El uso de abonos verdes genera numerosas ventajas (Prager Mósquera *et al.*, 2012): **A-** Produce materia orgánica que se convierte en alimento humano, animal y/o biomasa muerta sujeta a la acción de la biota del suelo, que cicla los nutrientes que contiene y los hace disponibles. **B-** Controla vegetación espontánea por interferencia por la cobertura del suelo o por los efectos alelopáticos. **C-** Previene enfermedades ocasionadas por hongos y nemátodos. **D-** Aumenta el contenido y disponibilidad de macro y micronutrientes. **E-** Mejora las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. **F-** Protege de la erosión. **G-** Reduce costos de producción por disminución del uso de insumos. **H-** Favorece la infiltración y retención de humedad en el suelo. **I-** Ayuda

a regular la temperatura del suelo. **J**- Aumentan la complejidad de las tramas tróficas en el suelo.

Enmiendas orgánicas

Es el agregado de materia orgánica al suelo, con el objetivo de mejorar la fertilidad del mismo en todos sus aspectos. Sus principales efectos son: **A**- Aumentan el rendimiento por agregado de nutrientes y control de nematodos fitoparásitos (González y Canto-Sáenz, 1993). **B**- Acrecientan la microbiología del suelo. **C**- Mejoran las propiedades físicas del suelo como la infiltración y retención de humedad, porosidad, estructura y resistencia mecánica (Céspedes León e Infante Lira, 2001). **D**- Adicionan materia orgánica al suelo.

Algunas de las enmiendas más utilizadas son:

- 1. Compost:** Es el abono que resulta de la descomposición de una mezcla de residuos de origen vegetal y/o animal en presencia de oxígeno. El mismo, se puede elaborar a partir de una gran diversidad de materiales disponibles, por lo que su calidad puede variar. Para hacer compost de buena calidad y equilibrado, se puede consultar el “Manual de buenas prácticas para producir compost hogareño” (Silbert Voldman, 2018).

El modo en que se recomienda realizar las aboneras o composteras es formando pilas de 2 m de ancho y de, como máximo, 1,5 m de altura (Céspedes León e Infante Lira, 2001), para evitar pudriciones no deseadas en el interior y facilitar su manejo (Fig, 16).

Para armarlo, se colocan capas de diferentes materiales como residuos vegetales secos y frescos lo más pequeños posibles, estiércoles (vaca, oveja, aves, caballo, cabra, conejo, etc.) y suelo (puede no utilizarse). Las capas deben humedecerse según el método del puño (Barchuk *et al.*, 2018). Durante todo el proceso debe mantenerse la humedad de la pila y airearse volteándola cada vez que la temperatura en su interior descienda a temperatura ambiente (Céspedes León e Infante Lira, 2001).



Fig. 16. Pila de compost elaborada a partir de residuos hortícolas, cama de gallina y restos vegetales secos en la Cooperativa Hortícola San Carlos, Camino a San Carlos, Córdoba, 2012.

El proceso de compostaje puede durar de tres a seis meses, según la época del año y los materiales utilizados. Para algunos materiales duros como la madera picada (*chip*) de poda, el proceso puede tardar hasta un año. Es importante, que en el interior de la pila la temperatura aumente. Esto permitirá eliminar microorganismos mesófilos (crecen entre los 20 °C y 45°C), dentro de los cuales se encuentra la mayoría de los patógenos (Céspedes León e Infante Lira, 2001).

El compost terminado es homogéneo, es decir, no se nota el material original a partir del cual fue hecho, debe tener olor a tierra de bosque y estar a temperatura ambiente (CET, 2018).

La aplicación se realiza sobre el suelo o incorporándolo a no más de 15 cm de profundidad. Según el cultivo, se puede realizar al voleo, o en forma localizada alrededor de las plantas o al momento del trasplante. En términos generales se recomiendan dosis de 5 a 10 kg/m² (Tabla n° 6). Un dato que ayuda a dimensionar el tamaño necesario es que, una compostera de 1,5 x 1,5 x 1,5 m, produce cerca de un metro cúbico de compost, y pesa aproximadamente 850 kg (Céspedes León e Infante Lira, 2001).

El compost puede ser enriquecido según las características y necesidades del suelo. Por ejemplo, se puede incorporar roca fosfórica a la preparación para incrementar la disponibilidad de fósforo.

Tabla n° 6. Cantidades de compost recomendada según el cultivo (Céspedes León e Infante Lira, 2001)

Cultivo	Cantidad recomendada (aproximada)
Habas, arvejas, poroto y garbanzo	Menos de 3 tn/ha
Zanahoria, cebolla, ajo, remolacha y en frutales	6 tn/ha
Maíz, trigo y hortalizas como acelga, repollo y zapallos	9 tn/ha
Cultivos extensivos	6 a 10 tn/ha/año y hasta 20 en cultivos más exigentes

2. Lombricompuesto: son los desechos de la digestión de la lombriz de tierra que transforman residuos orgánicos en un excelente abono que aporta nutrientes a las plantas, mejora la estructura del suelo, aumenta la aireación, la actividad microbiana, y disminuye la compactación (Céspedes León e Infante Lira, 2001). A nivel productivo, la más utilizada es la Lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) (Fig.17).

Para iniciar la cama o cuna de lombrices se requiere agua, estiércol y rastrojos. También se realiza a partir de residuos domésticos como restos de frutas y verduras, cáscaras de huevo, yerba, café, té, granos, harinas y otros. Luego de dos semanas de preparar el material, se agregan las lombrices que deben ser mantenidas con buena humedad. Se recomienda colocar la cama de lombrices en un lugar alto, bien drenado y a la sombra (CET, 2018).



Fig. 17. Lombrices rojas californianas en sustrato a base de guano de gallina, conejo y residuos vegetales. IPEA y M N°243 “Eduardo Olivera”, Pilar- Córdoba. 2018.

- 3. Guano o estiércol de animales de granja:** son excrementos de los animales, que resultan del proceso de digestión de los alimentos que estos consumen (Céspedes León e Infante Lira, 2001) y que por lo general, están mezclados con orina y restos de cama animal (CET, 2018).

Este material, está en proceso de descomposición o semidescompuesto, ya que al provenir del sistema digestivo de los animales, trae abundantes enzimas y microorganismos, por lo que al aplicarlo mejora el suelo (CET, 2018).

Es importante conocer la procedencia del estiércol, y sobre todo, qué alimentos recibieron los animales proveedores de guano. Así, en los sistemas de producción animal intensivos actuales, como engordes a corral de vacas y cerdos, criaderos de pollos parrilleros y ponedoras, entre otros, de gran concentración de animales, los mismos se manejan con el uso de altas dosis de antibióticos para la prevención de enfermedades causadas por el hacinamiento. Es importante en lo posible, evitar el estercolado con residuos de este tipo en sistemas de producción agroecológicos, ya que los mismos traen consigo los antibióticos que pueden afectar la vida del suelo. Lo ideal, es el estiércol proveniente de animales alimentados con mucha fibra como heno u otros residuos vegetales secos y por pastoreo directo, mejor aún si el mismo se encuentra mezclado con cama de paja (Pfeiffer, 2012).

Además es muy importante regular las cantidades aplicadas, ya que el exceso puede causar problemas al cultivo y a la actividad biológica del suelo, pudiendo también contaminar el agua por la producción de nitratos. Estos problemas se pueden evitar mezclándolos con residuos vegetales con alto contenido de carbono, como la paja o el aserrín, mejorando también el aporte de materia orgánica (Céspedes León e Infante Lira, 2001).

En general, la cantidad recomendada de estiércol a aplicar en zonas templadas, es de 40 toneladas por hectárea (tn/ha) para una rotación de cultivos de 4 años. Si el estiércol tiene 65% de humedad o más, 25 tn/ha para una rotación de 3 a 4 años es suficiente; 10 tn/ha/año para el caso de estiércoles secos, de aproximadamente 20% de humedad. Con menor humedad, se los considera concentrados y se aplican 5 tn/ha/año (Pfeiffer, 2012).

Lo ideal, es incorporar en los diseños la producción animal, acorde a la superficie de tierra disponible, incluyendo áreas con pasturas en la rotación. Para ello resulta útil, considerar la información que se muestra en la Tabla n° 7 donde se muestra la cantidad de estiércol que producen en un año diferentes animales. Pfeiffer (2012), considera que para abastecer de estiércol a un sistema agrícola, es necesario mantener una vaca de aproximadamente 500 kg por hectárea.

Tabla n° 7. Cantidad de estiércol en kg/año, producido por diferentes animales domésticos (CET, 2018).

Tipo de animal	Cantidad de estiércol kg/año
Vaca lechera (600 kg Peso Vivo)	18.300
Vacuno de carne (350 kg PV)	10.950
Cerdo engorde	1.900
Ovino	1.260
Caballo	7.200
100 gallinas reproductoras	7.300

Además, hay que tener en cuenta, que el estiércol y la orina de los animales contiene una importante cantidad de nitrógeno, fósforo y potasio, entre otros nutrientes, lo cual es variable según el animal y su dieta. La siguiente tabla muestra valores promedio, en porcentaje de nutrientes en el material seco, que aporta cada especie animal (Tabla n° 8). Esto puede ser tenido en cuenta a la hora de decidir cuál estiércol utilizar según la necesidad, o cuales animales incorporar al sistema.

Tabla n° 8. Contenido promedio de algunos nutrientes en diferentes guanos de animales, expresado en porcentaje del material seco (CET, 2018).

Guano/ estiércol	Nitrógeno (%)	Fósforo (%)	Potasio (%)
Vacuno	0.94	0.42	1.89
Oveja	2.82	0.41	2.62
Cerdo	1.77	2.11	0.57
Conejo	1.91	1.38	1.3
Cabra	2.38	0.57	2.5
Caballo	1.98	1.29	2.41
Ave piso	2.89	1.43	2.14
Ave jaula	2.92	2.14	1.62

Una vez esparcido el estiércol, ya sea con pala o con máquinas esparcidoras, debe ser rápidamente incorporado al suelo para evitar pérdidas excesivas de nutrientes, principalmente nitrógeno, sobre todo en épocas de altas temperaturas. Además, es recomendable aplicarlo en momentos donde se den precipitaciones que garanticen humedad adecuada para que se active la vida del suelo y se desarrolle el proceso de descomposición. Dicho estiércol, se puede incorporar con arado o rastra de discos a poca profundidad, no más de 20 cm, ya que a mayor profundidad la actividad biológica disminuye (Pfeiffer, 2012).

Hay que considerar que el estiércol fresco no debe ser usado en aplicación directa sobre los cultivos, por afectar negativamente a los mismos y a la salud. Además, apenas aplicado no cumple su función, ya que necesita actividad biológica y energía para descomponerse, por lo que durante cierto tiempo debilita el suelo (Pfeiffer, 2012).

- 4. Bokashi.** Es un abono sólido, fermentado en presencia de oxígeno (Fig. 18). Aporta principalmente materia orgánica, y diversidad y cantidad de microorganismos para la regeneración de suelos (Restrepo-Rivera y Jensel, 2013). Las indicaciones respecto a ingredientes, sus funciones, y a cómo elaborarlo, se pueden consultar en el “Manual para la transición agroecológica. Guía para agricultoras y agricultores agroecológicos” (Barchuk *et al.*, 2018) y en el manual práctico, “El ABC de la agricultura orgánica, fosfitos y panes de piedra” (Restrepo-Rivera y Jensel, 2013).

Los principales beneficios que trae el uso de bokashi al suelo son (Restrepo-Rivera y Jensel, 2013): **A-** Se autorregulan agentes patógenos, por la inoculación biológica natural, principalmente de bacterias, actinomicetes, hongos y levaduras, entre otros. **B-** La inoculación y reproducción de microorganismos nativos presentes en los suelos locales y levaduras, transforman gradualmente los materiales en nutrientes de excelente calidad disponibles para la tierra, las plantas y la propia retroalimentación de la actividad biológica. **C-** Se estimula el crecimiento de las plantas por el contenido de fitohormonas y fitorreguladores naturales. **D-** Se activan una serie de rizobacterias promotoras de crecimiento de las plantas y de bioprotección.



Fig. 18. Elaboración de Bokashi en el Taller para la transición agroecológica realizado por el Movimiento de agricultoras y agricultores urbanos de Córdoba (MAUC) en el año 2016. Lugar: campo de la Familia Rossi, camino a San Antonio, Córdoba.

5. **Residuos vegetales.** Los residuos vegetales pueden ser agregados al suelo en superficie como **cobertura**, o ser incorporados al suelo con el uso de herramientas como rastras de discos o de rejas, ya sea a partir de plantas vivas como “**abonos verdes**”, o **materia orgánica muerta** como rastrojos u otros residuos vegetales agregados al suelo.

Algunos ejemplos de residuos que se pueden agregar son: aserrín, paja, corteza molida, algas y plantas acuáticas, restos de podas chipeadas, hojas secas, residuos de cocina, residuos de la industria aceitera y algodonera, entre otros.

Cuando los residuos vegetales se incorporan al suelo, la microbiología se activa para realizar la descomposición. En este proceso, los microorganismos, al encontrar grandes cantidades de alimento (material orgánico), se multiplican, lo cual implica una inmovilización temporal del nitrógeno, nutriente indispensable para la formación de aminoácidos y proteínas que conforman las estructuras corporales de los microorganismos.

Es por esta razón que se puede producir lo que se denomina “hambre de nitrógeno”, que detiene temporalmente el proceso, hasta tanto y en cuanto algunos microorganismos mueran, liberando nitrógeno nuevamente al sistema por su descomposición. Esta situación, se da en materiales cuya relación C/N (carbono/nitrógeno) no está equilibrada. También se suele dar en los procesos de compostaje cuando los materiales combinados no están equilibrados en su relación C/N, lo cual retarda el proceso.

Los microorganismos tienen una relación C/N cercana a 8/1, es decir que cada 8 carbonos tienen 1 nitrógeno en su cuerpo. Para mantenerse vivos, ellos necesitan una dieta con una relación C/N cercana a 24/1, ya que 16 carbonos los utilizan para obtener energía y 8 para mantener su cuerpo (USDA, 2011). Por lo tanto, según la calidad (relación C/N) del material orgánico disponible (Tabla n° 9) será la velocidad de descomposición del mismo; cuanto esta sea más cercana a 24/1, más rápida será su descomposición.

Tabla n° 9. Relación carbono/nitrógeno de diferentes materiales (USDA. 2011)

Material	Relación C/N
Rastrojo de centeno	82/1
Rastrojo de trigo	80/1
Rastrojo de avena	70/1
Maíz	57/1
Rastrojo de leguminosas	29/1

Centeno (en estado vegetativo)	26/1
Fardo de alfalfa maduro	25/1
Fardo de leguminosas	17/1
Estiércol	17/1
Fardo de alfalfa joven	13/1
Vicia Villosa (estado vegetativo)	11/1
Microorganismos	8/1

Por ejemplo, si se agregan al suelo fardos de alfalfa (relación C/N de 25/1), la descomposición será rápida, en cambio si lo que se agrega es rastrojo de trigo que tiene una relación C/N de 80/1, los microorganismos tendrán que obtener nitrógeno adicional para poder consumir el rastrojo (USDA. 2011). Este nitrógeno puede provenir de residuos de origen animal, de residuos vegetales tiernos (verdes), u otros. Si no hay nitrógeno adicional, el proceso será más lento.

Incorporación de microorganismos benéficos de bosque nativo

La gran diversidad y adaptación que tienen los microorganismos que habitan los bosques constituyen una “memoria biológica”, que representa un recurso indispensable para la regeneración de suelos degradados y para el restablecimiento de la salud del agroecosistema (Restrepo-Rivera y Jensel, 2013). Las cientos de especies que habitan los suelos de los bosques nativos, han coevolucionado en adaptación al tipo de suelo y el clima del lugar.

El agregado de Microorganismos se vuelve significativo en la recuperación de suelos degradados, contaminados y también en suelos con uso intensivo. Pero para que el resultado sea bueno, es fundamental aportar una adecuada cantidad de materia orgánica que les brinde el alimento necesario para que puedan vivir y reproducirse.

Los diseños agroecológicos y la planificación del manejo ecológico del suelo deben, por lo tanto, incluir prácticas que garanticen diversidad y cantidad de microorganismos y alimento. Las principales ventajas de su incorporación son (Jaizme-Vega y Rodríguez-Romero, 2008; Restrepo-Rivera y Jensel, 2013): **A-** Tienen elevada capacidad de colonización radical. **B-** Facilitan la captación y solubilización de nutrientes. **C-** Producen fitohormonas favorecedoras del enraizamiento. **D-** Fortalecen la salud de la planta protegiéndola de organismos patógenos. **E-** Descomponen sustancias tóxicas en el ecosistema. **F-** Mejoran la estructura del suelo. **G-** Activan y recuperan la vida en el suelo. **H-** Aceleran la descomposición de la materia orgánica

Las principales prácticas para el agregado de microorganismos son: **A-** Uso de Microorganismos de bosque nativo (EM) activados. **B-** Uso de carbón activado o biocarbón. **C-** Supermagro. Este biofertilizante puede ser enriquecido con minerales, supliendo carencias del suelo o necesidades particulares de los cultivos. **D-** Tes de lombricompuesto, compost, bokashi, etc. **E-** Leche cruda o suero de leche con EM. **F-** Bokashi.

Estos biopreparados y otros más, se pueden consultar en el libro “el ABC de la agricultura orgánica, fosfitos y panes de piedras” de Restrepo-Rivera y Jensel (2013).

USO DE LABRANZA REDUCIDA O MÍNIMA

Los sistemas convencionales, principalmente los hortícolas, realizan un laboreo intensivo del suelo en forma sistemática. Luego de cada ciclo de cultivo se realizan aradas o rastreadas para remover el suelo e incorporar abonos, en algunos casos se utiliza cincel para romper capas duras a más profundidad, y luego se pasa el surqueador para el armado de bordos, el carpidor para el mantenimiento de los cultivos, y otros implementos según la necesidad.

Al tener los cultivos hortícolas, ciclos de siembra a cosecha cortos, aproximadamente tres a cuatro meses o menos, estas labranzas que perturban el suelo de una manera muy abrupta, se realizan en forma reiterada, desequilibrando la vida, rompiendo la estructura y dejando el suelo descubierto.

La mayoría de los habitantes del suelo son antifototrópicos, es decir, los perjudica la presencia de luz. Si el suelo está compactado y desnudo, no tienen refugio y por ello mueren ya que no soportan la insolación directa, sólo unos pocos sobreviven por algún tiempo. A su vez, con las labranzas, los microorganismos son eliminados por la acción del sol directo y por la modificación de las condiciones de aireación del suelo (Primavesi, 1984).

Es por esto que el diseño debe contemplar métodos más permanentes para la conservación del suelo, evitando las labranzas o reduciéndolas al mínimo.

El uso de siembra directa combinada con cultivos de cobertura, es una opción utilizada para sistemas extensivos. Un ejemplo de ello, podría ser sembrar en otoño una mezcla de avena, centeno u otra gramínea, con vicia. Luego, en primavera pasar un “rolo faca” (Fig. 13) que aplaste las plantas y quiebre los tallos, cortando el ciclo y dejándolo en superficie, para luego sembrar un maíz con sembradora de siembra directa.

En terrenos con sistemas de riego por surco, donde el agua es un factor que genera alta compactación, se podrían diseñar camellones más anchos, con incorporación de abundante material orgánico, que puedan ser mantenidos por más de un ciclo de cultivo, diseñando siembras combinadas con trasplantes posteriores, o resiembras con especies cuyas semillas sean de mayor tamaño y de baja densidad. Un ejemplo de esto sería una secuencia de cultivos de rúcula- tomate- habas- zapallos. De esta manera, se aprovecha la cobertura de

la rúcula por su rápido crecimiento y luego de cosechada se trasplanta tomate a mediados de primavera. Terminado el ciclo del mismo, se siembran habas (leguminosa) y al verano siguiente se hace la siembra de zapallo, abriendo solo los lugares donde se colocará la semilla.

En sistemas extensivos de agricultura industrial, son también numerosas las pasadas de maquinaria pesada por ciclo de cultivo, ya sea para la siembra, fertilización, pulverización y cosecha. Esto, sumado a la escasa acumulación de materia orgánica en el suelo y eliminación de la vida en el mismo, genera altos niveles de compactación, viéndose muy perjudicada la fertilidad y productividad. En este sentido, en los sistemas agroecológicos o en transición, cada pasada de maquinaria debe ser debidamente planificada y complementada con medidas biológicas que garanticen conservar la capacidad productiva del suelo (Primavesi, 1984).

Es fundamental definir la profundidad de trabajo de las herramientas según el cultivo, la frecuencia de uso, la humedad del suelo y la velocidad del tractor al momento de la pasada, los implementos utilizados y el manejo de los residuos en superficie (Primavesi, 1984). Para el caso del cincel, que tiene la ventaja de no dar vuelta el suelo, se recomienda pasarlo a finales del verano u otoño, pero no en primavera, siendo muy eficaz en suelos mal drenados o no aireados (Pfeiffer, 2012).

Las maquinarias disponibles actualmente en el mercado, no son suficientes para cubrir las necesidades de los sistemas agroecológicos familiares. Sin embargo, existen algunas fábricas que se encuentran desarrollando innovaciones mejor adaptadas a los requerimientos, y pensadas para sistemas agroecológicos de pequeña y mediana escala, que sería importante tener en cuenta a la hora de invertir.

Rotación de cultivos

La rotación de cultivos corresponde al diseño temporal de los cultivos y manejos. Pero ésta, no se refiere simplemente a poner un cultivo diferente tras otro. Es importante que la rotación sea planificada con un sustento ecológico que permita restablecer el equilibrio biológico del suelo (Primavesi, 1984). Las diferentes especies exploran el suelo de manera diferente, tienen requerimientos diferentes de nutrientes y enriquecen con sus exudados promoviendo rizósferas diversificadas.

Un cultivo, genera un microambiente particular con su micro y meso vida propios, y por lo tanto la vegetación espontánea o arvenses que aparezcan, también estarán vinculadas a las condiciones particulares generadas por

el cultivo. Los monocultivos, son por tanto ecosistemas poco diversos y muy limitados en su equilibrio biológico.

Si bien las particularidades y recomendaciones en cuanto a rotaciones se desarrollan en el capítulo cinco, se recalcan sus ventajas en relación a sus efectos en el suelo (Primavesi, 1984): **A-** Mejora la bioestructura del suelo. **B-** Mejora la salud de las plantas y del suelo. **C-** Aumenta la aireación y retención de humedad. **D-** Reduce la erosión y el escurrimiento superficial. **E-** Facilita la actividad de reguladores naturales. **F-** Incrementa el contenido de materia orgánica. **G-** Aumenta las defensas naturales del cultivo. **H-** Reduce infecciones por fitoparásitos y fitopatógenos. **I-** Limita el crecimiento de arvenses. **J-** Tiene efectos alelopáticos sobre algunas especies. **K-** Reduce la concentración de hospedantes y poblaciones de insectos fitófagos potenciales plagas. **L-** Aumenta la productividad primaria neta. **LL-** Menor dependencia de las adversidades climáticas. **M-** Menor dependencia de las oscilaciones del mercado.

A la hora de planificar una rotación de cultivos, Primavesi (1984) nos brinda algunos principios básicos a tener en cuenta según los efectos en el suelo y en el cultivo siguiente (Tabla n° 10).

Tabla n° 10. Principios a tener en cuenta a la hora de diseñar rotaciones de cultivos y recomendaciones (Primavesi, 1984).

Principio	Recomendaciones
Efecto sobre la bioestructura del suelo	Son más eficaces en la mejora las gramíneas de bajo porte, como el centeno. También las pasturas que son segadas o utilizadas para heno, más que las de pastoreo directo. El caso de las leguminosas, cumplen otras funciones en relación a la exploración profunda, la cobertura del suelo y el aporte de nitrógeno.
Exigencias en nutrientes	Es importante conocer las exigencias de cada cultivo que se pretende realizar para poder planificar una rotación adecuada. Éstas, deben ser diferentes para evitar el agotamiento, y para permitir la reposición natural. En términos generales, los cereales, el maíz, el sorgo, la batata, el maní y la soja empobrecen el suelo, las leguminosas forrajeras lo enriquecen (movilizan fósforo y fijan nitrógeno).
Excreciones radiculares	Por un lado, generan la rizósfera y por otro, inhiben el desarrollo de raíces de otras plantas que pueden ser tóxicas para ellas o que tienen los mismos requerimientos. Existen plantas auto-intolerantes, es decir, que se produce una inhibición entre plantas de la misma especie, siendo malas tolerantes al monocultivo, como el caso de arvejas, poroto o lino, que no pueden ser sembradas en forma continua en el mismo lugar. Algunas plantas, se benefician mutuamente como festuca y papa, otras se toleran como soja-maíz, soja-trigo, trigo-trigo, trigo-sorgo, cebada-trébol, y otras se perjudican como soja-avena, soja-maní, sarraceno-trigo, cebada-trigo, lino-girasol, lino-arveja, entre otras.

Enfermedades y plagas atraídas por el cultivo	Algunos cultivos resultan compatibles, pero otros son incompatibles como trigo-cebada, tabaco-papa o los tréboles entre sí. En general especies de la misma familia suelen compartir susceptibilidad a enfermedades y plagas. Algunas especies como tomate, papa, avena, tréboles, porotos y soja, promueven la multiplicación excesiva de nemátodos, siendo muy difíciles de controlar ya que pueden permanecer en el suelo deshidratados hasta 35 años. Por esto se recomiendan rotaciones de entre 3 y 5 años para volver a colocar estas especies en un mismo lugar, y de esa manera bajar la cantidad de nematodos. Algunas especies que ayudan a bajar las poblaciones de nematodos en la rotación son la alfalfa, el maíz y el centeno. Mientras tanto, se pueden cultivar otras plantas que promuevan el desarrollo de depredadores. Para enfermedades causadas por hongos, se recomiendan rotaciones de 2 o 3 años, y de 5 a 6 años para insectos. Los tiempos varían según la cantidad de humus en el suelo, sus minerales y la actividad biológica.
Agotamiento del agua en el suelo	Es importante considerar según el clima del lugar y la disponibilidad de agua para riego, los cultivos adecuados. Hay cultivos que agotan el suelo de agua como el sorgo, el girasol, la alfalfa; y otros no agotantes como el mijo, cereales en general y la mayoría de las leguminosas.
Valor económico del cultivo en la rotación	Lo deseable es que lo que se planifique tenga un valor económico aceptable. Sin embargo, a veces es importante evaluar la conveniencia de poner un cultivo recuperador del suelo de bajo precio, pero que redunde en mayores rendimientos del cultivo posterior compensando, a la vez que se beneficia el suelo a largo plazo.

Además de esto, es importante considerar que los cultivos en la rotación deben beneficiarse mutuamente, utilizar maquinarias semejantes y no coincidir en los picos de trabajo, mantener el suelo cubierto, aportar materia orgánica, mantener una producción elevada y tener un mercado donde venderlas (Primavesi, 1984).

Manejo del agua

La vida del suelo necesita un cierto grado de humedad para su normal desarrollo, por lo que los excesos o la falta de ésta, alteran el equilibrio biológico.

Son muchos los factores que pueden influir en las variaciones de humedad del suelo. Las altas temperaturas aumentan la evaporación en la superficie, siendo aún mayor ante la falta de cobertura vegetal viva o muerta. La desecación superficial producida, genera una importante mortalidad de fauna, ya que ésta, está recubierta por una finísima película que no puede protegerla contra la sequía (Primavesi, 1984). Como explica Primavesi (1984), “cuando hay sequía casi toda la vida del suelo comienza a declinar, permaneciendo solo a 50 cm de profundidad humedad suficiente para sostenerla. Los animales ca-

vadores se refugian allí, los no cavadores enquistan o mueren (ej. nematodos enquistan o se deshidratan, otros pasan épocas desfavorables como crisálidas o pupas o como huevos, como es el caso de los ácaros). Cuando el período de sequía pasa, reviven sin enemigos o competidores”, pudiendo crecer las poblaciones hasta niveles dañinos convirtiéndose en plagas.

En el caso de exceso de humedad, ya sea por riegos por inundación o estancamiento de agua, ascenso de napas, u otros, la mayor parte de la vida del suelo muere o migra, a excepción de algunas especies que toleran la anaerobiosis como los nemátodos (Primavesi, 1984). Por esto, el tipo de riego y el drenaje adecuado del agua vinculado directamente a la porosidad, son factores importantes. En suelos con agua estancada vive solo el 1/35 de la población que vive normalmente en suelos bien drenados (Primavesi, 1984).

Entonces la porosidad y la cobertura, definen la infiltración y la evaporación. Si alguna de ellas se afecta, aparecen problemas. Si el suelo infiltra demasiado rápido, el mismo se lava o lixivia corriendo el riesgo de acidificarse. Si evapora en mucha cantidad, se acumulan sales, siendo más marcado en suelos arcillosos o limosos.

Cuando hay problemas de compactación o encostramiento superficial, la infiltración es deficiente y se genera una falta de oxígeno en el suelo, aumentando la transpiración de las plantas. Éste proceso, se produce por pérdida de materia orgánica, destrucción de los grumos superficiales, obstrucción de los poros por las partículas minerales sueltas, paso de maquinarias pesadas y realización de labranzas reiteradas, escurrimiento, erosión, crecientes y sequía (Primavesi, 1984).

Para favorecer la infiltración y reducir la evaporación, es importante generar y mantener una estructura granular en la superficie del suelo, que contenga abundantes poros. Por lo tanto, es fundamental el agregado de materia orgánica con un buen balance de nutrientes, el mantenimiento de la cobertura vegetal (viva o muerta) que proteja la superficie, realizar una adecuada planificación de las labranzas y el diseño de una buena rotación de cultivos. En el caso de utilizar sistemas de riego, es importante que sean lo menos destructivos posibles, tratando de evitar el riego por inundación que genera compactación y pérdidas por escurrimiento, entre otras cosas. La aspersión puede ser utilizada, preferentemente en momentos de bajas temperaturas y poco viento, pero puede causar encostramiento superficial, siendo el riego por goteo el más adecuado y eficiente, siempre y cuando se cuente con una buena calidad de agua (no salina).

En el caso de terrenos con altas pendientes, es importante realizar prácticas que frenen el escurrimiento superficial del agua, además de las antes

nombradas, para favorecer la infiltración y evitar la erosión. Algunas alternativas son el surqueado cortando la pendiente (en forma perpendicular), o la realización de terrazas siguiendo las curvas de nivel (Figuras 19 y 20).

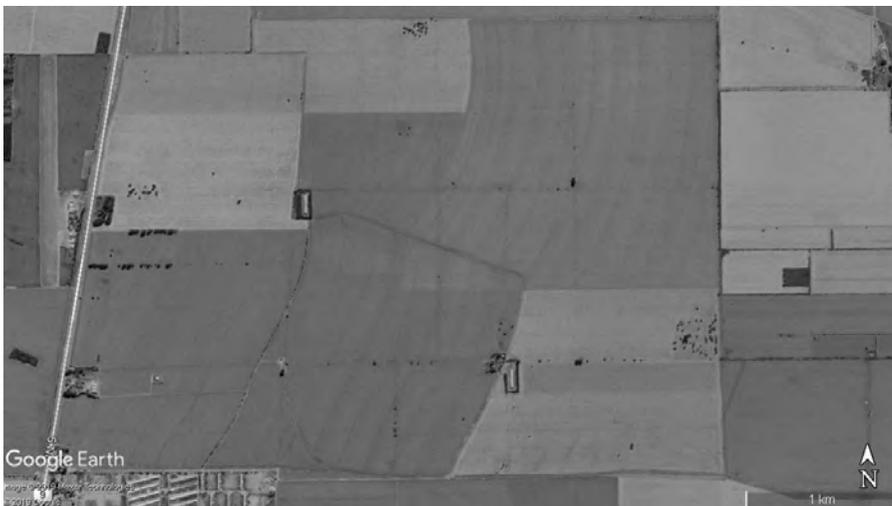


Fig. 19. Campo agrícola con curvas de nivel en el Municipio de Estación Juárez Celman, Córdoba. Imagen extraída de *Google Earth*.



Fig. 20: Campo agrícola con curvas de nivel. Fotografía del diario La Voz del Interior correspondiente al 4 de Julio de 2008.

Cuando el problema es el nivel freático alto, se debe resolver mediante la realización de un drenaje superficial o por medio del uso de cultivos con elevado consumo de agua como girasol, sorgo, alfalfa o la implantación de árboles de rápido crecimiento (Primavesi, 1984).

Además, las cortinas rompevientos, son elementos importantes a tener en cuenta en el diseño. Estas influyen en el manejo del agua, ya que representa una medida eficaz para reducir la transpiración de las plantas y la evaporación, a la vez que aumenta la eficiencia del riego.

INCLUSIÓN DE ESPECIES PERENNES EN EL DISEÑO

El mantenimiento y/o implantación de especies perennes, ya sean herbáceas, arbustivas o arbóreas en los agroecosistemas, generan múltiples beneficios al suelo y a todo el sistema en general, promoviendo procesos ecológicos que aumentan la productividad, estabilidad y resiliencia.

En los diseños espaciales y temporales, las especies perennes se pueden incluir de diversas formas. Es importante considerar todas las variables y posibilidades antes de su implantación, ya que constituyen una parte importante de la llamada “infraestructura agroecológica”. Esto se refiere a que representan una inversión inicial que tiene efectos a corto, mediano y largo plazo, por lo que debe ser pensada e incluida considerando las distintas funciones que cumplirán en el agroecosistema.

A continuación, se proponen algunas alternativas para la inclusión de vegetación perenne, con diferentes escalas y funciones en los agroecosistemas.

1. Sistemas agroforestales

Son sistemas de producción en donde se combinan cultivos, animales y especies leñosas perennes (árboles y arbustos), de forma integrada (Fig. 21). Las especies perennes pueden estar representadas por las plantas leñosas, y también por herbáceas como pasturas, aromáticas y medicinales. Esta integración, se traduce en una diversificación biológica y productiva, donde ocurren una sumatoria de sinergismos y mutualismos que promueven el equilibrio y sostenibilidad del sistema.

En cuanto a los beneficios de incluir árboles y arbustos, a nivel general, sus raíces alcanzan profundidades mucho mayores que las de los cultivos, afectando la estructura del suelo, el reciclaje de nutrientes y las relaciones de humedad. Algunos estudios han demostrado que, en la zona de influencia del árbol, aumentan las cantidades de carbono, nitrógeno y fósforo, debido a las asociaciones con micorrizas y bacterias fijadoras de nitrógeno (en el caso de árboles leguminosos), la temperatura del suelo es más baja y hay una mayor retención de humedad (Gliessman, 2002) (Fig. 22).



Fig. 21. Granja Naturaleza viva, Guadalupe Norte- Santa Fe. Extraído de video de *youtube* “Naturaleza viva desde el cielo”. En este sistema se observan áreas de huerta, árboles frutales, cultivos anuales, árboles madereros, vacas de tambo, entre otros.

En la superficie del suelo, el árbol genera sombra influyendo sobre la humedad y la evapotranspiración. Las ramas y hojas frenan el viento y brindan hábitat para una gran diversidad de vida animal estabilizando las relaciones entre herbívoros, y sus predadores y parasitoides. Cuando las hojas caen, proveen cobertura al suelo y al descomponerse se convierten en fuente de materia orgánica. Además, se reduce la erosión y la escorrentía, hay una captura más eficiente de la energía solar, se favorece la absorción, mantenimiento y reciclaje de nutrientes, y se mantiene un equilibrio dinámico en el sistema (Gliessman, 2002).

En sistemas agroforestales, los árboles sirven como forrajeras y tienen una influencia positiva aumentando la productividad de las pasturas. Los animales aportan al ciclo de nutrientes a través del estiércol y la orina, y los humanos se abastecen de leña, madera y frutas. Es posible que en algunos casos puedan generarse algunos efectos no deseados por la presencia de leñosas perennes, como interferencias competitivas o alelopáticas con cultivos, alguna modificación del microclima que favorezca el desarrollo de plagas y enfermedades, y daños por caída de ramas y frutos. Sin embargo, éstos se pueden evitar o mitigar con arreglos espaciales adecuados, selección de especies de árboles y de cultivos pertinentes, y con manejos correctos como las épocas de siembra y las podas (Gliessman, 2002).

Es importante considerar que los efectos de los árboles varían en los diferentes sistemas según factores como la elevación, precipitación anual, patrones de viento, geografía, tipos de suelo y la especie arbórea utilizada.

En cuanto a las especies, son recomendables las nativas, principalmente de la familia de las leguminosas (algarrobo, tusca, espinillo, chañar, cina-cina, vinal, entre otros), por su gran adaptación a las condiciones climáticas y edáficas, su capacidad de fijar nitrógeno en asociación con *Rizhobium* y su importante aporte como recurso forrajero, maderero y alimenticio. Además, según los objetivos, los árboles y arbustos frutales, aromáticos y/o medicinales son también muy adecuados en estos sistemas. En algunos casos especiales, como zonas inundables con napas freáticas elevadas, es importante considerar árboles de rápido crecimiento y gran consumo de agua como casuarinas o álamos, siendo otra posibilidad la recuperación de estas áreas como humedales seminaturales.

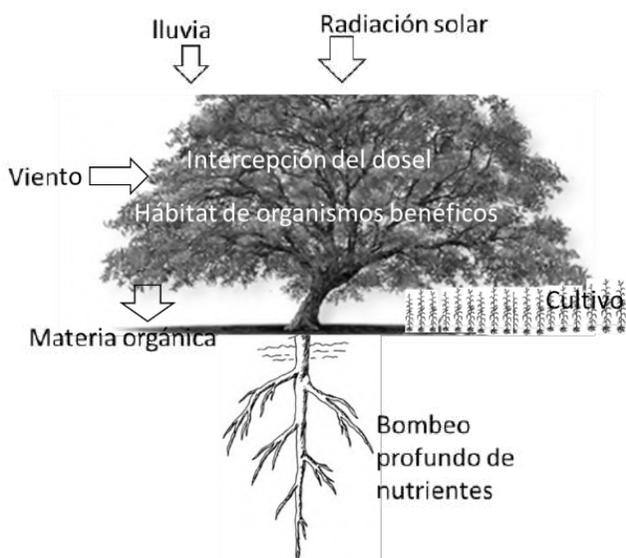
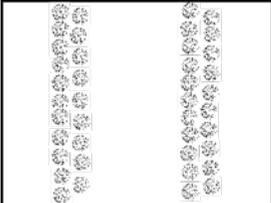
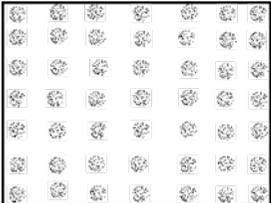
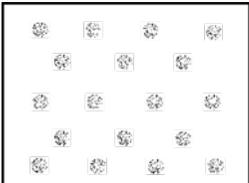
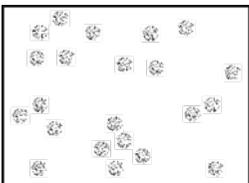
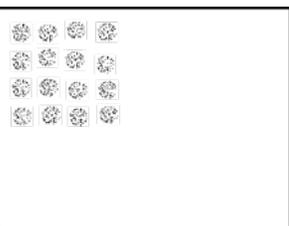


Fig. 22. Beneficios del árbol al suelo en sistemas agroforestales. Imagen de algarrobo con cultivo de maíz.

Otro aspecto a considerar en los diseños, son los diferentes arreglos espaciales posibles con árboles y arbustos, que también se combinan con herbáceas implantadas o espontáneas. En relación a esto, Gliessman (2002) propone algunas opciones para sistemas agroforestales (Tabla n° 11).

Tabla n° 11. Diferentes arreglos espaciales posibles con árboles y arbustos para sistemas agroforestales.

Caracterización del arreglo espacial	Diseño espacial
Colocarlos alrededor de pasturas o cultivos como cercas vivas y cortinas rompevientos, que producen forraje y productos como leña o frutas.	
Sólo como cortinas rompevientos, para casos en que el viento sea un problema significativo en la zona (se desarrolla más profundamente en el siguiente punto).	
Formando callejones de cultivos: hileras de árboles cuyas ramas y hojas provenientes de las podas se utilizan para aportar materia orgánica y nutrientes	
En patrones uniformes para árboles de valor agrícola. Se pueden colocar dispersos.	
En patrones al azar	
Con un diseño rotacional: cuando el suelo es extremadamente pobre y no permite el pastoreo o cultivos permanentes.	

2. Cerco vivo perimetral y cortinas rompevientos:

Son hileras de árboles y/o arbustos de diferentes alturas que forman una barrera física. En términos generales, las cortinas rompevientos se ubican en forma perpendicular a la dirección de los vientos predominantes, con el objetivo de evitar la erosión eólica, al reducir la velocidad del viento en un 60 al 80% en las zonas cercanas a la cortina y un 20% a distancias equivalentes a 20 veces la altura de las plantas, obteniendo una máxima protección en el área correspondiente a 4 veces la altura. De esta manera reduce el movimiento de suelo, conserva la humedad y evita roturas en los cultivos y daños al ganado, generando un microclima y mejorando la belleza del paisaje.

En cuanto a los cercos vivos perimetrales, si bien se utilizan con el propósito principal de delimitar predios actuando como barrera física para el ingreso de personas, animales, insectos, enfermedades y contaminantes provenientes de lugares cercanos, también genera otros efectos deseables como la diversificación para la regulación de potenciales plagas, por su acción como barrera física y por brindar hábitat para la conservación de enemigos naturales o actuar como repelente. También contribuye a la regulación del microclima y las corrientes superficiales de aire, pueden ser fuente de alimento para los animales y para apicultura, fuente de frutos y/o madera, embellecer el paisaje, puede brindar recursos para la elaboración de bioinsumos o para su uso medicinal. Otro servicio importante, se relaciona con la conservación del suelo ya que actúa frenando el escurrimiento y favoreciendo la infiltración (Vázquez-Moreno, 2011).

En muchos casos los cercos vivos actúan como cortinas rompevientos, siendo muy importante diseñarlos y manejarlos adecuadamente, para potenciar los múltiples servicios ecológicos que puede brindar. Estos cercos, pueden incluir diversas especies (Tabla n°12) y alturas o estratos, con diferentes propósitos (Vázquez-Moreno, 2011): - **Estrato herbáceo**, compuesto de plantas de porte bajo, puede cumplir funciones de barrera física o repelencia para insectos que se desplazan sobre la superficie o vuelan a baja altura, o dificultar el desplazamiento de roedores. - **Estrato arbustivo**: arbustos o plantas de porte medio, que por su altura cumplen una importantísima función como barrera física para posibles plagas y enfermedades. También actúan como reservorios de enemigos naturales. - **Estrato arbóreo**: tiene mayor estabilidad ecológica contribuyendo a la conservación de enemigos naturales y cumple con las funciones ya descritas (Fig. 22).

Además, la presencia de árboles y arbustos, aportan al mejoramiento integral del suelo y cumplen también funciones de diversificación “arriba y abajo”,

con todos los beneficios que eso conlleva. Las hojas actúan como capturadoras de polvo aportando numerosos nutrientes y materia orgánica. Movilizan nutrientes de partes profundas del suelo, frenan el escurrimiento, favorecen la infiltración, acumulan mantillo, frenan los vientos y brindan sombra, regulando el microclima (Fig. 22).

Tabla n° 12. Algunos ejemplos de especies recomendadas para cercos vivos.

Estrato	Especies recomendadas
Herbáceo	Betiver, albahaca, orégano, mentas, melisa y gramíneas perennes. Leguminosas como alfalfa, melilotus u otras. Hinojo y otras umbelíferas. Asteráceas como cinias, cosmos, caléndulas y otras. Bracícáceas como mostazas, rúcula y otras.
Arbustivo	Romero, lavanda, laurentino, cedrón, membrillero, ligustro y otros arbustos siempreverdes. Moradillo, poleo, piquillín y otros arbustos nativos.
Arbóreo	Árboles frutales como cítricos o frutales de carozo y pepita. Leguminosos nativos como espinillo, algarrobo, cina-cina, tusca, chañar, entre otros. Leguminosos no nativos como leucaena. Paraíso como recurso para la preparación de bioinsumos. Hay que tener especial cuidado con las especies exóticas porque muchas de ellas se comportan como invasoras en algunas zonas.

Al diseñar, es importante considerar la dirección de los vientos predominantes, las características y manejos que se realizan en las áreas circundantes al campo o predio que se está diseñando, y también hacia adentro, cuales son las áreas más vulnerables o donde es necesario potenciar los servicios ecológicos provistos por los cercos vivos y cortinas, por lo que la elección de las especies, puede no ser la misma, en todos los lugares (Vázquez-Moreno, 2011).

3. Corredores de biodiversidad.

Son elementos lineales que se implantan en hileras y franjas, entre cultivos, como borduras, separando parcelas, conectando áreas. Estos corredores pueden estar formados por especies perennes solamente, pero por lo general se combinan con anuales como flores y medicinales (Fig. 23). Su principal función es favorecer el desplazamiento de fauna benéfica y actuar como reservorio y hábitat de enemigos naturales, pero también conservan y protegen el suelo, actuando como reservorio de microorganismos e insectos benéficos y descomponedores.



Fig. 23: Corredor biodiverso con caléndulas, aromáticas, medicinales y vegetación espontanea. Espacio de huerta en la Granja Naturaleza Viva, Guadalupe Norte, Santa Fe, 2016.

4. Mantenimiento de ambientes seminaturales y arboledas

Son áreas que mantienen algunas semejanzas con la estructura del ecosistema original y la composición de especies que se presenta naturalmente en el lugar, y que pueden ser de tamaño pequeño, tener especies nativas y no nativas y tener cierto grado de perturbación humana (Gliessman, 2002); o bien áreas implantadas con árboles de especies principalmente exóticas ya sea en forma de parcelas o corredores.

Los Agroecosistemas, se desarrollan en lugares que anteriormente fueron ecosistemas nativos, por lo que es común que todavía permanezcan relictos seminaturales en algunas áreas, que suelen presentarse como corredores riparios (en bordes de ríos), humedales (zonas bajas), islotes de bosque, o también quedar vestigios en otras partes no manejadas de manera intensiva como borduras, áreas circundantes a construcciones, bordes de caminos, franjas entre campos de cultivos y áreas naturales adyacentes, que sufren perturbaciones ocasionales (Gliessman, 2002) (Fig. 24).



Fig. 24: Bordura de campo agrícola extensivo con especies nativas y exóticas. Estación Juárez Celman, Córdoba. 2017.

Es importante en el diseño, involucrar el principio de diversificación del paisaje agrícola (Gliessman, 2002), mediante el incremento de la densidad, tamaño, abundancia y variedad de fragmentos de hábitat sin cultivar. Estos relictos, variables en nivel de perturbación y composición de especies nativas, representan sitios donde pueden darse procesos ecológicos naturales y donde las especies nativas o benéficas encuentren un hábitat apropiado. También constituyen una fuente de recursos para humanos y animales y son buenos sitios donde incluir la apicultura en el agroecosistema.

Hay que considerar que las prácticas agrícolas, impactan en los elementos no agrícolas y viceversa. Esto permite tener en cuenta en los diseños la escala de paisaje, considerando los ecosistemas y la biodiversidad local en las decisiones de diseño y manejo. Como primera medida, hay que reducir o eliminar aquellos insumos agrícolas que tienen efectos negativos sobre el ecosistema y el funcionamiento general como pesticidas, fertilizantes inorgánicos, la labranza frecuente del suelo, la permanencia de suelos descubiertos por largos periodos, siembras de monocultivos y eliminación de la vegetación en zanjas y bordes del camino. (Gliessman, 2002). La segunda cuestión sería favorecer y mantener la presencia de especies nativas, mediante la protección y establecimiento de hábitats, ya sea dentro de los campos de cultivo, entre los cultivos, a lo largo de caminos, en zanjas, en los límites de la propiedad o en márgenes que separan áreas habitadas de cultivadas.

Se sugieren algunos métodos para crear hábitats (Gliessman, 2002): **A**-Cultivo de cobertura en los meses de invierno. **B**- Dejar sin cosechar franjas de cultivos como maíz o trigo. **C**- Plantar pastos en cauces de agua. **D**- Plantar pastos o arbustos perennes en bordes de terrazas. **E**- Plantar especies perennes en tierras marginales o susceptibles de erosión. **F**- Restaurar como humedales los sitios mal drenados. **G**- Retener árboles nativos dentro y alrededor de los cam-

pos de cultivo. **H-** Proveer “perchas” artificiales para aves rapaces y benéficas.

De esta manera, estos dos ambientes pueden mantener una relación de beneficio mutuo, donde las áreas seminaturales y arboledas se convierten en recursos para los agroecosistemas, que pueden dejar de impactar negativamente en estos, favoreciéndoles y siendo importantes para la sostenibilidad. Por ejemplo, un área adyacente a un campo de cultivo puede albergar una avispa parasitoide de algún insecto plaga del cultivo. Un corredor ripario nativo, puede actuar como filtro de nutrientes lixiviados de los campos, promover la presencia de especies benéficas y permitir el movimiento de animales nativos dentro y a través de los componentes agrícolas del paisaje (Gliessman, 2002).

5. Cultivos perennes:

El caso más recomendado de inclusión de cultivos perennes son las pasturas en sistemas ganaderos, mixtos o agroforestales. Las mismas, pueden implantarse con una sola especie (monofíticas) o en mezclas (polifíticas), pero siempre su implantación y persistencia dependerá de las condiciones del suelo y del manejo del ganado. Si el suelo es pobre, la vegetación también lo será y por lo tanto, los animales que la consuman serán débiles. A su vez, el manejo del ganado influye sobre el suelo y las plantas, por lo que existe una interdependencia entre estos tres elementos (Fig. 1).

El manejo adecuado de la pastura, con estimulación del desarrollo de su sistema radical, genera aireación y ablandamiento del suelo, siendo también las gramíneas forrajeras la mejor forma de enriquecer el suelo con sustancias húmicas (Primavesi, 1984).

En los diseños, es importante seleccionar especies adaptadas al clima y suelo del lugar para favorecer su implantación y persistencia, considerando las pasturas naturales como las más adecuadas. Sin embargo, existen numerosas especies exóticas muy recomendables según los ambientes (Tablas 13, 14 y 15). Ya se nombraron los beneficios que aportan las plantas pertenecientes a la familia de las gramíneas y de las leguminosas al suelo. Las pasturas más importantes para la alimentación animal, pertenecen a estas familias reforzando la importancia de incluirlas en los diseños, al igual que al componente animal, por sus aportes al ciclo de nutrientes.

Lo más deseable, es que las plantas forrajeras, estén acompañadas por otras que provean sombra y alimento (árboles y arbustos), pudiendo cumplir también funciones como postes vivos o cercos vivos para la delimitación de parcelas o predios, que puedan brindar bienestar animal y actúen como corredores de biodiversidad, entre otras (Vázquez-Moreno *et al*, 2012).

Tabla n° 13. Principales pasturas leguminosas perennes implantadas utilizadas en la Región Central de la Argentina y sus requerimientos y tolerancias edáficas.

Nombre científico	Nombre común	Requerimientos de suelo y tolerancias
<i>Medicago sativa</i>	Alfalfa	Requiere suelos profundos y bien drenados
<i>Melilotus albus</i>	Trebol de olor blanco. Anual o bianual.	Suelos francos, franco-arenosos. Tolera suelos bajos y anegadizos, salinos-alcálinos. Se adapta a suelos con baja fertilidad
<i>Melilotus officinalis</i> (L) Pall.	Trebol de olor amarillo. Anual o bianual.	Muy rústico. Buen comportamiento en suelos bajos salinos, alcálinos. Cierta tolerancia a anegamiento.
<i>Trifolium repens</i>	Trebol blanco	Se adapta a suelos ácidos, arenosos y pobres. No resiste sequía.
<i>Trifolium fragiferum</i> L.	Trebol frutilla	Resiste anegamiento o encharcamiento
<i>Trifolium pratense</i>	Trebol rojo	Todo tipo de suelos. Soporta acidez leve. Poco productivo en suelos arenosos livianos.
<i>Vicia sp</i>	Vicia.	Muy rustica. No tolera encharcamiento.
<i>Lotus sp.: L. corniculatus</i> y <i>L. Tenuis</i>	Lotus	Recomendado para suelos bajos inundables

Tabla n° 14. Principales pasturas perennes implantadas de la familia de las gramíneas utilizadas Región central de Argentina según adaptaciones climáticas (De León, 2004).

Región climática	Especie
Cálida seca	<i>Cenchrus ciliaris</i>
Cálida y semiárida	<i>Chloris gayana</i> “grama Rhodes”, <i>Panicum máximum</i> “gaton panic”, <i>Cenchrus ciliaris</i> “Buffel grass”, <i>Panicum coloratum</i> , <i>Brachiaria brizantha</i> , <i>Digitaria eriantha</i> “pasto pangola”
Templada y semiárida	<i>Eragrostis curvula</i> “Pasto llorón”, <i>Digitaria eriantha</i> , <i>Panicum coloratum</i>
Zonas sub-húmedas y húmedas. (Algunas se adaptan a semiárida).	<i>Bromus catharticus</i> “cebadilla criolla”; <i>Thinopyrum ponticum</i> “agropiro o grama alargada” (adaptada a suelos salino-alcálinos); <i>Festuca arundinacea</i> “festuca alta” (resiste frío y sequía).

Tabla n° 15. Algunos ejemplos de mezclas recomendadas para pasturas polifíticas según los suelos (Mate *et al.*, 2018).

Mezclas de Especies	Características de suelo
Alfalfa (en suelos profundos) 300-350 pl/m ² (7 a 9 kg/ha); Pasto ovinillo 200-250pl/m ² (5-6kg/ha) y cebadilla criolla 30-50 pl/m ² (5-7 kg/ha). La alfalfa se puede remplazar por trébol rojo 140-160 pl/m ² (3.5-4kg/ha) en suelos agrícolas con limitantes (texturas más finas). Se puede incluir trébol blanco.	Suelos con aptitud agrícola
Festuca 250-330pl/m ² (6-8kg/ha), trébol rojo (3,5 – 4kg/ha) y cebadilla. Otra opción es Lotus corniculatus 250 pl/m ² (4 kg/ha) y el trébol blanco 200 pl/m ² (1,5kg/ha).	Suelos con permeabilidad lenta
Festuca (12-15 kg/ha). Se puede acompañar con Lotus corniculatus o Lotus tenuis (2-3 kg/ha) y el trébol blanco (1-2 kg/ha)	Suelos no agrícolas con excesos hídricos temporarios
Festuca, Lotus tenuis y/o trébol blanco	Suelos con problemas leves de salinidad o alcalinidad
Agropiro (25-30 kg/ha) y Lotus tenuis. Si el sodio supera el 40% agropiro puro es la única opción 200-300 pl/m ² (30-35 kg/ha)	Porcentaje de sodio mayor a 15% y menor a 40%
Festuca, agropiro, Melilotus albus u officinalis	En lotes heterogéneos
Alfalfa, trébol blanco, Festuca, cebadilla, pasto ovinillo. 150-200 pl. /m ² tanto gramíneas como leguminosas.	Suelo agrícola sin riesgo de encharcamiento
Festuca, cebadilla, trébol rojo y trébol blanco	Suelo agrícola sin riesgo de encharcamiento
Bromus, trébol rojo, trébol blanco y achicoria	Para rotaciones cortas
Festuca, lotus tenuis y Trébol blanco	Para lotes dominados por Cynodon Dactylon “gramón”
Agropiro, melilotus y Lotus tenuis	Para lotes dominados por Distichlis spicata “pelo de chanco”
Festuca, agropiro, Lotus y trébol blanco	En lotes heterogéneos

También pueden considerarse las especies aromáticas y medicinales, que son en su mayoría perennes y cumplen muchas funciones en la regulación biótica de insectos (Tabla n° 16).

Tabla n° 16. Plantas de uso aromático y/o medicinal perennes, más utilizadas en la región central de Argentina.

Nombre común	Nombre científico
Romero	<i>Salvia rosmarinus</i>
Lavanda	<i>Lavandula angustifolia</i>
Orégano	<i>Origanum vulgare</i>
Menta	<i>Mentha arvensis</i>
Menta piperita	<i>Mentha x piperita</i>
Cedrón	<i>Aloysia citrodora</i>
Milenrama	<i>Achillea millefolium</i>
Melisa	<i>Melissa officinalis</i>
Tomillo	<i>Thymus vulgaris</i>
Poleo	<i>Lippia turbinata</i>
Burro	<i>Aloysia polystachya</i>
Mejorana	<i>Origanum majorana</i>
Geranio Citronela	<i>Pelargonium citrosum</i>
Curry herbáceo	<i>Helichrysum italicum</i>
Salvia	<i>Salvia apiana</i>
Cola de caballo	<i>Equisetum arvense</i>
Aloe vera	<i>Aloe Barbadosensis Miller</i>
Bardana	<i>Arctium lappa</i>
Artemisa	<i>Artemisia vulgaris</i>
Manzanilla	<i>Matricaria recutita</i>
Hierbabuena	<i>Mentha spicata</i>
Ajenjo	<i>Artemisia absinthium</i>
Ruda	<i>Ruta graveolens</i>

Referencias bibliográficas

- Altieri M.A. 1999. Agroecología. Bases científicas para una agricultura sustentable. Ed. Nordan, comunidad. Montevideo, Uruguay. 338 p.
- Barchuk A. H., Suez L. S., Locati L., Guzman M. L., Silvert V. 2018. Manual para la transición agroecológica: guía para agricultoras y agricultores agroecológicos. Ed. Brujas. Córdoba, Argentina.
- Begon M., Harper J. L., Tawnsend C.R. 1995. Ecología. Individuos, poblaciones

- y comunidades. Ed Omega. Barcelona – España.
- Calvo García S. 2011. Bacterias Simbióticas Fijadoras de Nitrógeno. Universidad de Salamanca, España. Link: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/3761553.pdf>
- Capurro J. E. 2018. Cultivos de cobertura y sus beneficios para ambientes agrícolas. INTA Santa Fe. Link: <https://inta.gob.ar/documentos/cultivos-de-cobertura-y-sus-beneficios-para-ambientes-agricolas>
- Céspedes León M. C. e Infante Lira A. 2001. Agricultura Orgánica. Agenda del Salitre SOQUIMICH. Chile.
- CET. 2018. Centro de Educación y Tecnología. Fertilizantes Orgánicos. Curso práctico Agricultura Orgánica. Programa Bío Bío. Chile.
- Gliessman S. R. 2002. Agroecología. Procesos ecológicos en agricultura sostenible. Turrialba, Costa Rica. 358 p.
- De León M. 2004. Informe técnico N°1. Ampliando la frontera ganadera. EEA INTA- Manfredi. Córdoba, Argentina. Link: http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_cultivadas_megatermicas/55-ampliando_frontera_ganadera.pdf
- González A. y Canto-Sáenz M. 1993. Comparación de cinco enmiendas orgánicas en el control de *Globodera pallida* en microparcels en Peru. Centro Internacional de la Papa (CIP). Perú.
- Jaizme Vega M. del C., Rodríguez Romero A. S. 2008. Integración de microorganismos benéficos (Hongos micorrízicos y bacterias rizosféricas) en agrosistemas de las Islas Canarias. Agroecología. 3: 33-39.
- Kuzyakova Y. and Razavi B. S. 2019. Rhizosphere size and shape: Temporal dynamics and spatial stationarity. *Soil Biology and Biochemistry* 135: 343-360.
- Labrador J. 2014. La vida en el suelo como sistema digestivo de la tierra. En Margulis L., Bassler B., Sadín M., Restrepo J., Labrador J., Ruiperez V., Mata F., Santos E., Pozuelo P., Mier J., Goldman M., Lázaro L. A., Urederra A. Microbiótica. Nutrición Simbiótica y Microorganismos Regeneradores. Una revolución para sanar la tierra. Ediciones i. Madrid, España. 386p.
- Chaboussou F. 1972. La trophobie et la protection de la Plante. “Revue des Questions Scientifiques”, Bruxelles, t. 143, no. 1, p. 27-47 y no. 2, p. 175-208.
- Mate A., Guerra V., Zaccaro M., Zapata N., Olivera L., Vázquez T., García S., Carrillo S. y Busca V. 2018. Manual de Forrajes. 3er año. Inta y MINAGRO, Pcia de Bs As. Argentina. Forratec link: <https://www.forratec.com.ar/uploads/98-20160219094744-pdfEs.pdf>.
- Nicholls C. I. y Altieri M. 2006. Manejo de la fertilidad del suelo e insectos plaga: armonizando la salud del suelo y la salud de las plantas en los agroecosistemas. Manejo Integrado de Plagas y Agroecología. Costa Rica. N° 77.
- Perniola O. S., Staltari S., Chorzempa S. E. y Molina M. del C. 2012. Biofumigación con Brassicáceas: actividad supresora sobre *Fusarium graminearum*. *Revista de la Facultad de Agronomía. La Plata, Argentina*, 111 (1): 48-53.
- Pfeiffer E. E. 2012. La fertilidad de la tierra. Su conservación y renovación.

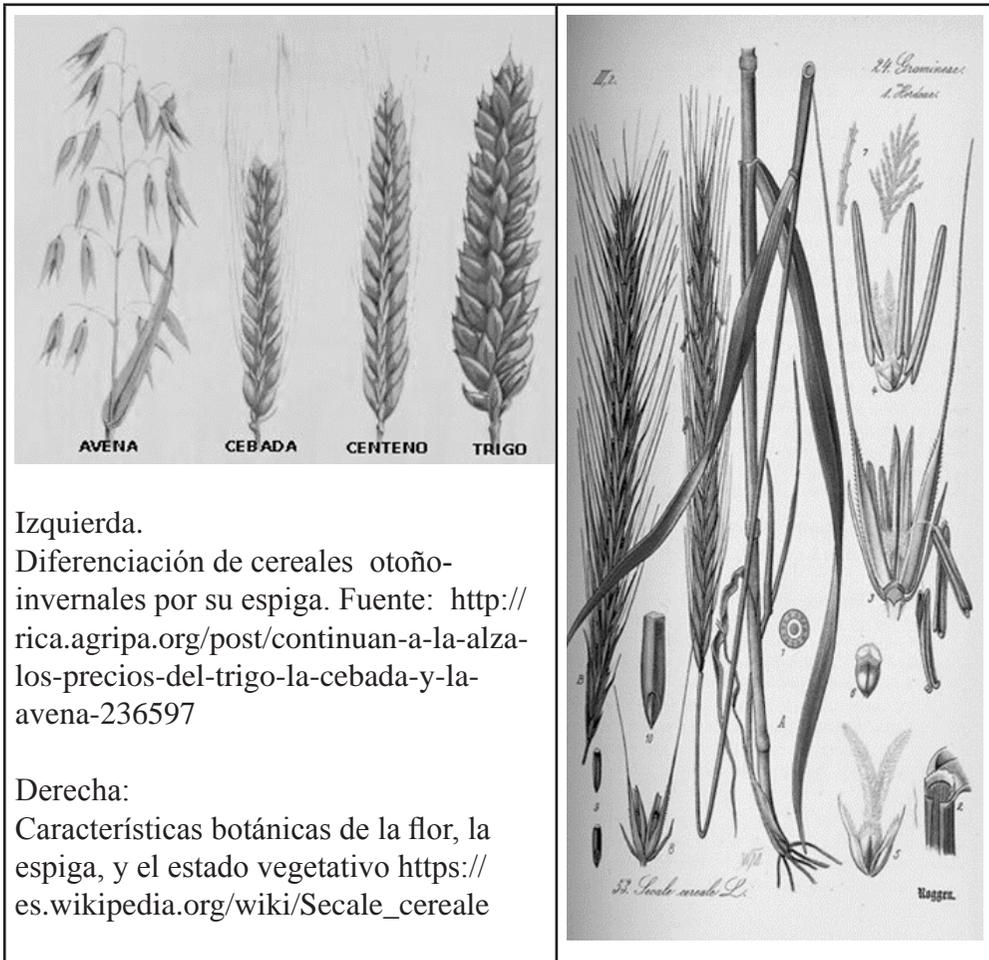
- Agricultura Biológico-dinámica. Ed Antroposófica. Bs As, Argentina.
- Prager Mósquera M., Sanclemente Reyes O.E., Sánchez de Prager M., Miller Gallego J. y Sánchez D. I. 2012. Abonos verdes: tecnología para el manejo agroecológico de los cultivos. *Agroecología* 7: 53-62.
- Primavesi A. 1984. Manejo ecológico del suelo. Ed El Ateneo. Argentina. 884p.
- Restrepo Rivera J. y Jense J. 2013. Manual práctico. El ABC de la agricultura orgánica, fosfitos y panes de piedra. Cali, Colombia. 396 p. Link: <https://misteredulis.files.wordpress.com/2017/03/el-abc-de-la-agricultura-org3a1nica-fosfitos-y-panes-de-piedra-2013-jairo-restrepo-julius-jensen.pdf>
- Robayna L., Socarras A. A. y Pérez D. 2010. Importancia de la cobertura vegetal para el mejoramiento de la diversidad biológica del suelo. *Agricultura Orgánica*. Cuba. N°2.
- Sánchez de Prager M. 2007. Las endomicorizas. Expresión bioedáfica de importancia en el trópico. Universidad Nacional de Colombia sede Palmira. Colombia.
- Silbert Voldman V. 2018. Manual de buenas prácticas para producir compost hogareño. Ed INTI. Instituto Nacional de Tecnología Industrial. Libro digital. Argentina. Link: <file:///D:/Downloads/manual.pdf>
- Simón-Zamora J. I. 2016. Manual de microbiótica en la remineralización de suelos en manos campesinas. Guadalajara, México.
- USDA. 2011. Natural Resources Conservation Service. Relación carbono-nitrógeno en los agroecosistemas. Informe en Link: <http://cultivosdeservicios.agro.uba.ar/relacion-carbono-nitrogeno-en-los-agroecosistemas/>
- Vázquez-Moreno L. L., Matienzo-Brito Y., Alfonso Simonetti J., Veitía Rubio M., Paredes Rodríguez E., Fernández González E. 2012. Contribución al diseño agroecológico de sistemas de producción urbanos y suburbanos para favorecer proceso ecológicos. *Agricultura Orgánica*. La Habana-Cuba. 18: 3.
- Vázquez- Moreno L. L. 2011. Manual para la Adopción del Manejo Agroecológico de Plagas en Fincas de la Agricultura Suburbana. Vol I. INISAV e INIFAT. La Habana, Cuba.

ANEXO, EJEMPLOS DE FICHAS DE CULTIVOS

Centeno

Secale cereale (L.) M.Bieb.

Es una planta monocotiledónea anual de la familia de las gramíneas y que se cultiva por su grano o como planta forrajera en lo que se conoce como “verde de invierno”. Entre sus características como cultivo tiene buena resistencia a sequía y bajas temperaturas, prospera en suelos poco fértiles, livianos y de escasa estructura pero no se adapta bien a suelos pesados y mal drenados.



Descripción botánica: es una planta anual de 110 a 160 cm de altura, que florece de mayo a julio, haciendo una inflorescencia en espiga de unos 20 a 30 cm de largo (más larga que la del trigo), con hojas de 5 a 10 mm de ancho. Las glumas (brácteas que rodean las espigas) miden 6 a 15 mm sin

contar las aristas; la lema (gluma inferior) de 7 a 15 mm, tiene una arista normalmente de 2 a 5,5 cm. El grano como todas las gramíneas se denomina cariósido.

El centeno tiene un sistema radicular fasciculado parecido al del trigo, aunque más desarrollado que el de este. Esta es una de las razones de su gran rusticidad. El tallo es largo y flexible. Las hojas son estrechas. Como en la cebada, las espiguillas no tienen pedúnculo y van todas unidas directamente al raquis, correspondiendo una sola a cada diente de éste. Las glumas son alargadas y agudas en su ápice. La espiga es muy delgada y larga.

Ciclo de vida: Es una gramínea anual de crecimiento otoño- invierno- primaveral

Época de siembra: desde marzo-abril hasta Junio-Julio, se rola o corta como cultivo de cobertura en octubre. Se cosecha para grano en Noviembre-Diciembre.

Usos: Recurso forrajero (para pastoreo directo, heno o silaje), abono verde y cultivo de cobertura. También se cosecha su grano para consumo humano.

Densidad de siembra: Al ser un cultivo de gran plasticidad por su capacidad de macollaje, presenta un rango de densidades de siembra según su objetivo. En siembras al voleo o en línea, se utilizan 70 a 80 Kg/Ha para cultivo de cobertura. En mezclas con vicia u otras leguminosas como forrajera se recomiendan 120-150 plantas/m² para siembras tempranas y pastoreo en otoño-invierno y 75-100 plantas /m² para su utilización en primavera con 15-30kg/ha de vicia. Cuanto más tardías las fechas de siembra, se aconseja un mayor número de plantas por metro cuadrado. Es importante considerar el poder germinativo de la semilla utilizada porque éste determinará el número potencial de plantas establecidas.

Mezclas recomendadas para abono verde y cultivo de cobertura: se lo puede sembrar solo o combinado con leguminosas como vicia, melilotus y trébol. La gramínea no debe superar en densidad a la vicia.

Momento de secado o corte: tiene aptitud para ser controlado mecánicamente con rolos a cuchillas. Estas son las encargadas de dañar el tejido vascular de las plantas y provocar el secado de las mismas. Como en triticale el momento fenológico adecuado para realizar el rolado o corte es en antesis (floración).

Aportes que hace al agroecosistema

- La alta relación carbono-nitrógeno que contienen los rastrojos de estos cereales determina una descomposición lenta que favorece la

formación de materia orgánica estabilizada en el suelo.

- Las raíces de esta gramínea contribuyen a regenerar la estructura del suelo, sobre todo en los primeros 40-60 centímetros de profundidad, y su distribución uniforme en el perfil genera grietas y canales que incrementan la velocidad de infiltración de agua y la capacidad de almacenaje en el suelo. La mejora en la porosidad superficial del suelo facilita el desarrollo de las raíces de los próximos cultivos que seguirán en la secuencia en rotaciones.
- Cortan ciclos de malezas, plagas y enfermedades, disminuyen riesgos climáticos y de mercado.
- El centeno como cultivo de cobertura presenta un balance de agua superior que cuando al suelo se los deja en barbecho desnudo. La mayor presencia de humedad en los perfiles de las parcelas con cultivos de cobertura, logran captar y mantener el agua de las precipitaciones, permitiendo de este modo iniciar el desarrollo de los cultivos sucesores con mayor disponibilidad del recurso que los desarrollados sobre barbecho.
- Genera una supresión alelopática de las malezas cuando se utiliza como cultivos de cobertura o cuando los residuos del cultivo se retienen como mantillo.
- Aporta a la diversidad arriba y abajo del suelo.
- Aumenta la presencia de reguladores naturales de insectos.



Mezcla centeno-vicia como cultivo de cobertura para posterior trasplante de solanáceas de verano. Campo MAUC, Guiñazú, Córdoba, 2019.

Triticale

Triticosecale

Es un cereal híbrido, que procede del cruzamiento entre trigo y centeno. Se considera triticale tanto el centeno cruzado con el trigo blando o común (*Triticum aestivum*), como el obtenido por cruzamiento con el trigo duro o canchal (*Triticum durum*), siendo los triticales comercializados hoy en día procedentes de este último cruce. El interés del triticale consiste en la posibilidad de reunir en una misma especie las características favorables tanto del trigo como del centeno.



Imagen extraída de <https://www.revistachacra.com.ar/nota/27259-triticales-tres-nuevas-variedades-del-cereal/>



Imagen extraída de <http://www.pregonagropecuario.com/cat.php?txt=133>

El triticale ha demostrado que se adapta bien a suelos ácidos aunque no es un cultivo exigente en cuanto a condiciones edáficas. Prefiere suelos relativamente compactos, es decir, con estructura poco porosa sobre todo a la hora de germinar. Tiene alta resistencia a roya y a bajas temperaturas. Posee alta resistencia a plagas y enfermedades que afectan al centeno.

Descripción botánica: En muchos aspectos la planta de triticale tiene una apariencia intermedia entre la planta de trigo y la de centeno, sin embargo, en general, es más parecida al primero. Normalmente es más alto que el trigo, posee hojas más gruesas y grandes y sus espigas son de gran longitud. El triticale presenta un gran vigor y la presencia de ceras epicuticulares y su modo de cristalización hacen que las plantas muestren un color verde-azulado que se maximiza poco antes del espigado. Su sistema radicular es fasciculado.

Ciclo de vida: Es una gramínea anual de crecimiento otoño - invierno - primaveral

Época de siembra: desde marzo-abril hasta Junio-Julio, se rola o corta como cultivo de cobertura en octubre. Se cosecha en Noviembre-Diciembre (como grano).

Usos: Puede utilizarse tanto para grano como para forraje, y como cultivo de cobertura (CC) o abono verde. En cuanto a su uso forrajero, sus rendimientos, tanto en verde como en ensilado, pueden superar a los del trigo, centeno, cebada o avena. El triticale puede utilizarse como forraje solo o mezclado con leguminosas, a fin de mejorar su perfil de aminoácidos.

Densidad de siembra: al voleo pura aproximadamente con fechas de siembras tempranas con densidades de 150 a 250 plantas por metro cuadrado. Recomendable 80 Kg/ha como cultivo de cobertura.

Mezclas recomendadas para abono verde y cultivo de cobertura: se la puede sembrar solo o combinada con leguminosas como vicia, melilotus y trébol. La gramínea no debe superar en densidad a la vicia.

Momento de secado o corte: tiene aptitud para ser controlado mecánicamente con rolos a cuchillas. Estas son las encargadas de dañar el tejido vascular de las plantas y provocar el secado de las mismas. Se comporta como una de las mejores opciones frente a otras gramíneas, debido a su precocidad y elevado nivel de producción de biomasa aérea. En triticale el momento fenológico adecuado para analizar el rolado es en antesis (floración), de esta manera se reducen los riesgos de rebrote, que podrían perjudicar al cultivo estival posterior en la rotación.

Aportes que hace al agroecosistema

- La alta relación carbono-nitrógeno que contienen los rastrojos de estos cereales determina una descomposición lenta que favorece la formación de materia orgánica estabilizada en el suelo.
- Las raíces de esta gramínea contribuye a regenerar la estructura del suelo, sobre todo en los primeros 40-60 centímetros de profundidad y su distribución uniforme en el perfil genera grietas y canales que incrementan la velocidad de infiltración de agua y la capacidad de almacenaje en el suelo. La mejora en la porosidad superficial del suelo facilita el desarrollo de las raíces de los próximos cultivos que seguirán en la secuencia en rotaciones.
- Como Cultivo de Cobertura (CC) controla malezas, primero por competencia y posteriormente al secado, por interferencia ya que luego del rolado, el residuo del CC se distribuye uniformemente sobre la superficie, constituyendo una barrera física que impide el desarrollo y la emergencia de malezas.

- Aporta a la diversidad arriba y abajo del suelo.
- Aumenta la presencia de reguladores naturales de insectos.



Imagen extraída de <https://www.cordobatimes.com/el-campo/2013/10/24/cultivos-de-cobertura-una-opcion-cada-vez-mas-interesante-en-los-barbechos/>

Melilotus o trebol de olor blanco

Melilotus albus, Medick

En una planta de la familia de las leguminosas. En la Argentina se la encuentra frecuentemente como vegetación espontánea en cultivos y bordes de campos y caminos. Se adapta a diversas condiciones ambientales y a suelos de mediano a bajo potencial productivo, generalmente condiciones limitantes para el cultivo de alfalfa. Resiste condiciones de déficit hídrico y tolera moderados encharcamientos. Al ser leguminosa, tiene la capacidad de aportar la fijación biológica de nitrógeno atmosférico.



Imagen extraída de <http://arboresdelchaco.blogspot.com/2015/05/trebol-de-olor.html>



Imagen extraída de <https://www.flickr.com/photos/23630893@N08/3000356168>

Se desarrolla en suelos salinos, calcáreos o arenosos, pero no tolera suelos ácidos. Posee un olor característico dado por la cumarina, sustancia de síntesis natural que actúa como defensa ante la herbivoría excesiva, brindando propiedades antimicrobianas e insecticidas. El contenido de dicha sustancia aumenta a medida que el ciclo de vida avanza hacia la floración.

Descripción botánica: Es una planta anual o bianual de la familia de las leguminosas. Su tallo es erecto y algo piloso pudiendo alcanzar los 3 metros de altura. Las hojas son alternas, compuestas (trifoliadas, como la alfalfa) y pecioladas. Los folíolos son obovados u oblongos, de 1,5 a 3 cm de largo y 5 a

10 mm de ancho y con márgenes denticulados, característica que los diferencia de la alfalfa donde solo el tercio superior de los foliolos es denticulado. El sistema radical es profundo y grueso, con una raíz típica o pivotante.

Las varas florales de las plantas pueden superar los 2 m de altura, con tallos erectos y algo pilosos. Las inflorescencias tienen de 10 a 25 cm de largo y están formadas por flores blancas dispuestas en racimos laxos. El fruto es una legumbre ovoide, de 3 mm de largo por 2 mm de ancho, dehiscente, de color marrón oscuro o negro cuando está maduro, con venación reticulada y usualmente de una sola semilla (monospermo), aunque puede llegar a tener dos o tres.

Las semillas son oblongas, de 2 mm de largo por 1 mm de ancho, muy pequeñas (peso promedio de 1,45 g cada 1.000 semillas), de superficie lisa y de color amarillo-verdoso o marrón-amarillento; las de alfalfa son similares, aunque más arriñonadas. Se puede sembrar a una densidad de 500 semillas/m² o 9,5 kg/ha al voleo o en líneas.

Ciclo de vida: Se comporta como anual o bienal, con emergencia otoñal hasta primaveral. Desarrolla su estado vegetativo en invierno a primavera y florece desde primavera hasta el otoño.

Época de siembra: Para especies anuales, el otoño (marzo-abril) es el período adecuado para la siembra. Para las bianuales, la primavera (fines de agosto-principios de octubre) resulta ideal ya que estas últimas necesitan una estación de crecimiento completo para alcanzar una alta producción en la siguiente temporada. Si se deja semillar, tiene la capacidad de resemejarse e implantarse adecuadamente, evitando dicho costo.

Usos: Se la siembra pura o en mezclas (por ejemplo con gramíneas como la avena) como recurso forrajero, preferentemente para pastoreo directo, ya que el ensilado y la henificación pueden transformar la cumarina en dicumarol, provocando efectos antinutricionales y tóxicos. Se utiliza también como abono verde, cultivo de cobertura, corredores biológicos, entre otros.

Densidad de siembra: Lo ideal es lograr 300 a 500 plantas / m², sembrando al voleo o en línea entre 8 a 12 kg/ha según la calidad de la semilla. En mezclas con gramíneas se pone menor cantidad. Ej: 30kg de centeno y 7kg de melilotus por hectárea.

Mezclas recomendadas para abono verde y cultivo de cobertura: Al ser una leguminosa, se suele utilizar en mezclas con gramíneas como el centeno, avena, trigo, triticale o cebada, las cuales agregan otras cualidades.

Momento de secado o corte: En general cuando se da la plena floración, que es donde hay una mayor cantidad de materia seca acumulada.

Aportes que hace al agroecosistema: Ayuda a controlar vegetación espontánea invasora. Se adapta a suelos de mala calidad (salinos, sódicos, etc), ayudando a su recuperación. Aporta recurso forrajero de calidad en épocas críticas. Gracias a su raíz pivotante profunda (hasta 1 m), actúa como cincel biológico, mejorando la aireación e infiltración en situaciones de pisos duros. Aporta nitrógeno por fijación biológica. Aporta materia orgánica al suelo. Sus flores son buena fuente de néctar y polen para insectos. Aporta diversidad arriba y abajo del suelo. Ayuda a la regulación de insectos



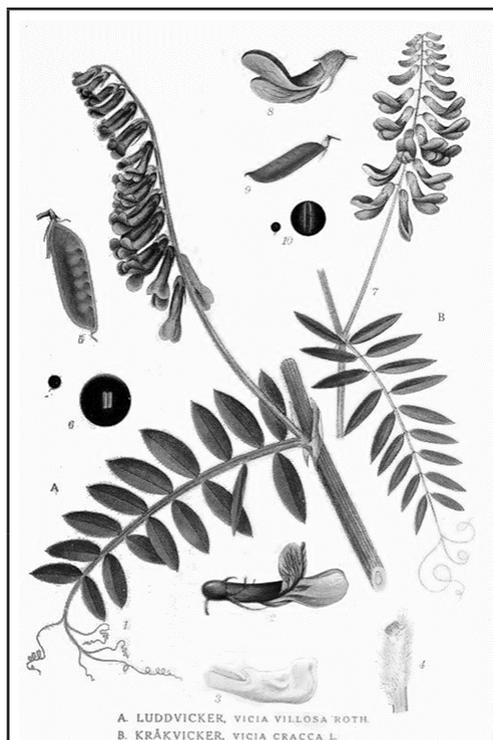
Melilotus en estado de cultivo

Referencia bibliográfica: López C., Odorizzi A., Basigalup D., Arolfo V., Martínez M.J. 2016. El trébol de olor blanco y su uso en la provincia de Córdoba. Ediciones INTA. Córdoba, EEA Manfredi.

Vicia

Vicia sp

Existen dos especies en nuestro país: *Vicia Villosa* y *V. sativa*. Ambas, tienen características morfológicas y adaptaciones climáticas diferenciadas.



Características botánicas de las hojas, flores y frutos Imagen extraída de <https://www.pinterest.es/pin/460282024387893375/?lp=true>



Nódulos fijadores de nitrógeno en la raíz <https://krispyyamaguchy.jimdofree.com/>



Racimos de flores de vicia. https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-593421341-el-jard%C3%ADn-natural/praderas/fijadoras-de-nitr%C3%B3geno/vicia-villosa-o-hairy-vetch-5-semillas-sol-directo-sdqro2-_JM

Vicia Villosa: Recomendada como cultivo de cobertura y abono verde. Es más tolerante al frío y más resistente a la sequía por lo que se la prefiere en zonas semi-áridas. El hábito de crecimiento es postrado, con tallos más largos

y frágiles. Cubre bien el suelo y produce gran cantidad de biomasa o volumen de materia verde. Produce pasto más tardíamente y tiene en sus hojas presencia de pilosidad que la hace menos palatable y elegida por los animales que la sativa.

Vicia sativa: es más recomendada como recurso forrajero por su mayor palatabilidad y mayor contenido de proteína.

Descripción Botánica: es de porte rastrero. Tienen hojas compuestas con zarcillos en el extremo de las mismas por lo que puede crecer trepándose a otras plantas o estructuras. Son plantas con flores de color azulado-violáceo agrupadas en racimos. Tiene un sistema radicular alorrizo. Como leguminosa tiene la capacidad de fijar nitrógeno atmosférico a través de la asociación con la bacteria del género *Rhizobium* en su raíz, formando nódulos.

Ciclo de vida: Es una leguminosa anual de crecimiento otoño- invierno-primaveral. Tolera siembras primaverales

Época de siembra: desde fines de febrero hasta principios de agosto. La implantación es muy lenta en meses de invierno (junio y julio), por lo que en asociación con gramíneas hay que regular la mezcla para que la gramínea de crecimiento más rápido no asfixie a la vicia. Cuanto más se atrasa la fecha de siembra, se logrará menor cobertura y aporte de materia orgánica y fijará menos nitrógeno.

Usos: recurso forrajero (para pastoreo directo, heno o silaje), abono verde y cultivo de cobertura.

Densidad de siembra: Al voleo pura aproximadamente 25 kg /ha (400.000 plantas). Según la calidad de la semilla, en mezclas se utilizan entre 15 y 30 kg/ha.

Mezclas recomendadas para abono verde y cultivo de cobertura: se la puede sembrar sola o combinada con gramíneas como avena, triticale, centeno (produce alelopatía que impide el desarrollo de otras especies arvenses), etc. La gramínea no debe superar en densidad a la vicia. Estas últimas aportarán estructura y materia orgánica al suelo.

Momento de secado o corte: El momento adecuado es cuando haya mayor acumulación de materia verde y antes que se consuman los nutrientes que puede haber fijado en su ciclo. Esto se da en plena floración, antes de que forme las semillas. También hay que tener en cuenta la fecha de siembra del próximo cultivo. Por ejemplo para hacer un maíz de primera habría que sembrar la vicia temprano y cortar su ciclo en septiembre.

El secado se hace por métodos mecánicos con rolo preferentemente tipo “faca” o con cuchillas o rastra de discos superficial. A menor escala con motoguadañas pero se pueden enredar sus tallos dificultando la tarea.

Aportes que hace al agroecosistema

- Fija nitrógeno atmosférico que será utilizado por el siguiente cultivo (buen antecesor de maíz y sorgo). La fijación es de aproximadamente el 3% de su peso seco (por ejemplo si produce 5000kg de MS/ha, estaría aportando 150kg de nitrógeno/ha equivalente a 350kg de urea). Estudios del INTA encontraron que puede aportar 38 kg de Nitrógeno/ha por Tn de materia seca en época de floración. Además el nitrógeno que incorpora se libera en forma paulatina evitando las pérdidas por lavado y volatilización, siendo mejor aprovechados por el cultivo siguiente.
- Controla malezas por su efecto sobre la radiación y temperatura de suelo, que limita la germinación de semillas y brotación, reduciendo las poblaciones. Además, la gran cantidad de residuos que deja impiden el crecimiento de las mismas. Es por esto que se la recomienda para control de especies invasoras como sorgo de Alepo, cebollín y otras.
- Mejora la eficiencia de uso del agua y reduce los riesgos de erosión del suelo ya que protege del impacto de las gotas de lluvia, frena el viento, evita el escurrimiento superficial y sus raíces mejoran la infiltración del agua.
- Mejora las condiciones físicas y biológicas del suelo (aumenta la materia orgánica y microbiología del suelo)
- Aporta a la diversidad arriba y abajo del suelo.
- En floración atrae gran cantidad de polinizadores como abejas y abejorros.
- Aumenta la presencia de reguladores naturales de insectos.
- Tiene alta uniformidad en la floración y maduración lo que permite la cosecha de semillas fácilmente.



Vicia villosa en cultivo.

Capítulo 5.

Diseños espacio – temporales en la agricultura

Luciano Locati

PROPUESTAS DE MANEJO PARA MEJORAR LA PRODUCCIÓN

Existen muchas configuraciones sobre cómo conseguir una agricultura sustentable, productiva y eficiente, de manera que provea alimentos saludables y servicios ecosistémicos. Los gastos de energía se encuentran en ascenso, existe inconformismo social e inestabilidad económica, y la degradación ambiental sigue aumentando en grandes extensiones del planeta. Muchos expertos sugieren que el uso de estrategias de manejo con base agroecológica pueden sustentar la productividad, la sostenibilidad y la resiliencia de la producción agrícola mientras que los impactos no deseados son disminuidos (Altieri *et al.*, 2012).

La agroecología provee las bases ecológicas para la conservación de la biodiversidad en la agricultura, además del papel que ella puede jugar en el restablecimiento del balance ecológico de los agroecosistemas (Fig. 1), de manera de alcanzar una producción sustentable. La **biodiversidad** promueve una variedad de procesos de renovación y servicios ecológicos en los agroecosistemas; cuando estos se pierden, los costos pueden ser significativos (Altieri y Nicholls, 2000).

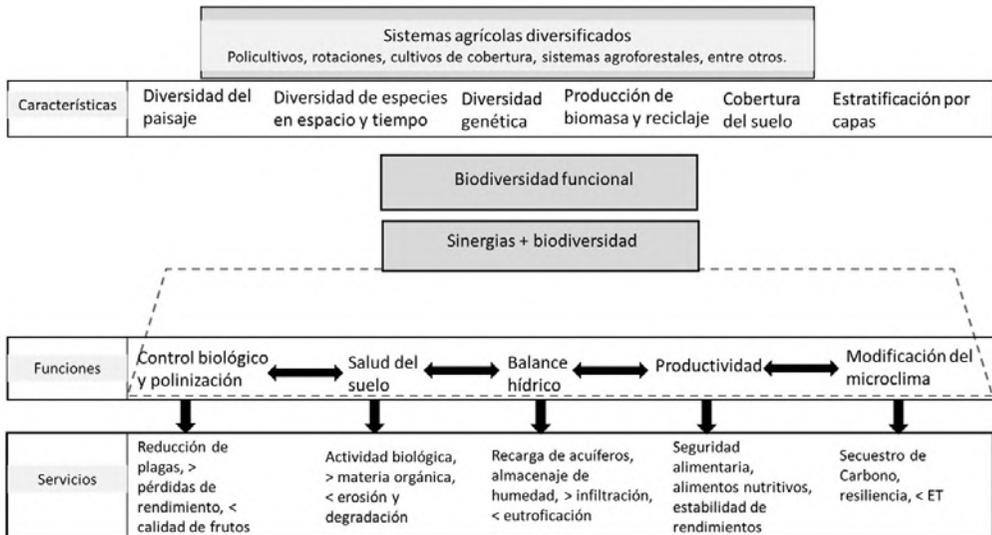


Fig. 1. El papel ecológico de la biodiversidad en el funcionamiento de los agroecosistemas y la provisión de servicios ecosistémicos por los sistemas agrícolas diversificados (Altieri *et al.*, 2012).

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 (Fig. 1) que brinda la biodiversidad (Sarandón y Flores, 2014).

Así, se busca disminuir el uso de insumos externos y minimizar los impactos ecológicos, económicos y sociales derivados de su uso. 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, con la diversidad cultural (Altieri y Nicholls, 2000).

Una característica sobresaliente de los sistemas agrícolas tradicionales es su grado de diversidad vegetal en la forma de patrones de policultivos o de agroforestería. Esta estrategia campesina de minimizar el riesgo sembrando diversas especies y variedades de cultivos, estabiliza los rendimientos a largo plazo, promueve la diversidad de alimentos y maximiza los retornos con niveles tecnológicos bajos y recursos limitados (Altieri y Nicholls, 2000).

Así en el **rediseño predial** (en procesos de transición agroecológica) se intenta transformar la estructura y la función del agroecosistema al promover sistemas diversificados que optimizan los procesos claves.

¿Cuáles son las ventajas de la diversificación?

El incremento de la diversidad en los agroecosistemas es una estrategia de manejo que ha demostrado muchas ventajas, entre otras (Vásquez Moreno *et al.*, 2012): A- Conlleva a una mayor diversidad de biota asociada. B- Asegura una mejor polinización y una mayor regulación de plagas, enfermedades y malezas. C- Mejora el reciclaje de nutrientes y la captación de energía. D- Los sistemas diversos y complejos tienden a tener mayor productividad total.

El incremento de la biodiversidad puede lograrse de diversas maneras actuando tanto sobre la **vegetación cultivada** como sobre la **vegetación extra-cultivo**. En los agroecosistemas, una gran contribución a estos procesos, se logra con el diseño y manejo de la **biodiversidad productiva** o **planificada**

(plantas cultivadas) y los animales que se crían, el resto de la vegetación, la biota funcional que habita en el suelo, los demás organismos que cohabitan con dichas plantas (beneficiosos, perjudiciales y otros), y los introducidos como parte del manejo (controladores biológicos, abonos orgánicos, micorrizas, polinizadores, entre otros) (Vásquez Moreno *et al.*, 2012).

En el diseño y manejo de los sistemas de producción, se debe considerar que en su estructura espacial y temporal, se favorezcan varios niveles principales en las interacciones funcionales entre los cultivos y el resto de la vegetación.

Un primer nivel de interacciones se logra en el diseño y manejo de los campos cultivados (incluyendo la ganadería y forestales), con las asociaciones, intercalados y rotaciones de cultivos, entre otras. Un segundo nivel de interacciones se puede lograr cuando los cultivos están conectados con las cercas vivas, las arboledas y los ambientes seminaturales a través de las barreras vivas, los que en su conjunto constituyen corredores ecológicos de la biodiversidad en las fincas (Fig. 2). Desde aquí analizaremos las distintas estrategias para incrementar la diversidad cultivada.

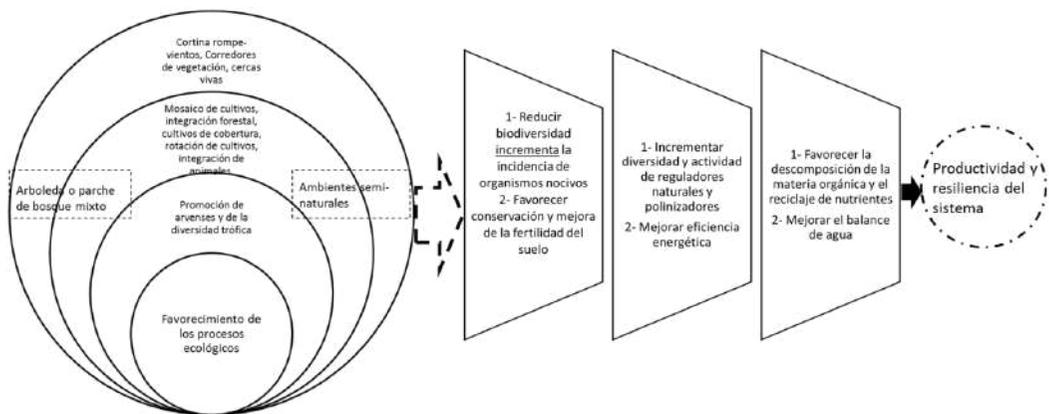


Fig. 2. Representación de los principales elementos y manejos de la vegetación que favorecen procesos ecológicos en el sistema de producción (Vásquez Moreno *et al.*, 2012)

Elección de los cultivos

El primer paso es elegir las especies y variedades, que además de darnos una buena producción, aumenten la estabilidad y productividad total del ecosistema. Además, considerar que la selección de las especies de plantas, en el caso de los cultivos, sean especies, cultivares y clones mejor adaptados a las condiciones locales y los propósitos productivos, por lo que los agricultores

pueden contribuir con la experimentación y el mejoramiento de las plantas de manera participativa. En el caso de la vegetación auxiliar, es útil propiciar especies autóctonas y mejor adaptadas localmente, así como que sustenten poblaciones de reguladores naturales y florezcan en diferentes épocas.

La enorme variedad de cultivos existentes (más de un millón novecientos mil especies y variedades de vegetales y animales) refleja la gran diversidad de cosechas y prácticas de manejo que utilizaron y usan los agricultores en todo el mundo para suplir las necesidades de comida, vestido, combustible, medicamentos, materiales de construcción, forraje y ornamentales.

Además debemos diseñar cómo combinamos esas especies con otras en el mismo espacio (**asociaciones**) para potenciar la producción del sistema, y las especies y variedades que entrarán después de la cosecha o fin del cultivo (**rotaciones**).

La Agroecología busca generar y aplicar diseños y estrategias ecológicas de manejo que favorezcan las relaciones positivas entre las poblaciones y comunidades y disminuyan las negativas, a fin de evitar y minimizar el uso de insumos innecesarios.

Tipos de cultivos

Los cereales son plantas herbáceas monocotiledóneas de ciclo vegetativo anual invernal o estival. Podemos citar varias especies como trigo blando (*Triticum aestivum*), trigo duro (*Triticum durum*), cebada (*Hordeum vulgare*), avena (*Avena sativa*), centeno (*Secale cereale*), triticale (cruzamiento entre trigo y centeno), maíz (*Zea mays*), sorgo (*Sorghum vulgare*).

Las **leguminosas** de grano (habas, porotos, lentejas, arvejas, garbanzos, soja) pertenecen a la familia botánica de las Fabáceas y se caracterizan por su elevado contenido en proteína, lo que constituye una de las principales fuentes de proteínas y aminoácidos para la alimentación humana y animal. Las leguminosas tienen la ventaja de que presentan asociación simbiótica con bacterias. La incorporación del nitrógeno atmosférico a través de la relación simbiótica con bacterias del género *Rhizobium*, colabora con importantes aportes nitrogenados en el desarrollo de estas plantas y en la síntesis de proteínas.

En los **cultivos de raíz** (remolacha, zanahoria, rábanos, nabos), **bulbos** (cebollas, ajos) y **tubérculos** (papa, batata, yacón, yuca) ocupan el estrato por debajo de la superficie del suelo y agregan mucho valor al cultivo, ya que ellos ofrecen un largo periodo de cosecha, pueden conservarse en general por largo

tiempo y producen gran cantidad de alimento en un espacio relativamente reducido.

En los **cultivos de frutos** los productos a cosechar son frutos (tomates, pimientos, ajíes, berenjenas, frutillas, etc.) ocupando y desarrollando su estructura en la parte más alta del estrato del cultivo y complementándose con los **cultivos de hojas** que ocupan el estrato inferior sobre la superficie del suelo. Ambos también agregan mucho valor al cultivo, producen gran cantidad de alimento en un espacio relativamente reducido, y permiten generar diversidad al sistema productivo.

Bases Ecológicas para el diseño de asociaciones y policultivos

Sorprendentemente, las ciencias agropecuarias han estado mucho más preocupadas en entender aisladamente los componentes (cultivos, plagas, animales, malezas, etc.) que las interacciones entre estos. Así desde el surgimiento de las ciencias agrícolas en el siglo XIX, sus métodos de estudio estuvieron influenciados por un enfoque atomístico, debido a la adopción del método reduccionista o mecanicista utilizado en las ciencias físicas y biológicas en aquel momento (sus unidades de estudio las constituían el átomo y la célula). Dicho enfoque se caracterizó por dividir un fenómeno en sus partes constitutivas, suponerlas independientes y considerar que la suma de estos estudios podía explicar el fenómeno como un todo; de este modo, los fenómenos se dividieron para su estudio en partes cada vez más pequeñas y cada una se asoció a una disciplina, dando lugar a una especialización extrema (Suárez Díaz, 2005). Por ello, para abordar el desafío que implica el manejo sostenible es fundamental entender que las propiedades de un agroecosistema no dependen sólo de sus partes sino de la interacción de todos sus componentes. En un agroecosistema pueden reconocerse componentes e interacciones que permiten un funcionamiento ecológico: flujo de energía y ciclo de nutrientes.

Las poblaciones de una comunidad interactúan entre sí, de diferentes maneras. Desde el enfoque predominante en la agricultura convencional, los cultivos han sido vistos como una población casi aislada del resto de las poblaciones, excepto por los efectos negativos generados por las malezas, plagas y enfermedades. Sin embargo, en las comunidades bióticas presentes en los agroecosistemas, las interacciones pueden ser positivas, negativas o mixtas entre ambas poblaciones participantes. Es decir, una comunidad es el resultado de las interacciones poblacionales positivas, negativas o mixtas que están ocu-

rriendo entre y dentro de las poblaciones que componen la comunidad, que se puede caracterizar por su biodiversidad.

El diseño y las estrategias de manejo que elegimos para nuestro agroecosistema, determina el tipo y la intensidad de estas interacciones. De esta manera, podemos potenciar o disminuir los efectos negativos o positivos. En la Tabla n° 1 se muestran algunas de las interacciones biológicas que ocurren en una comunidad (Sarandón y Flores, 2014).

Tabla n° 1. Interacciones poblacionales: (+) ambas poblaciones se benefician, (-) ambas poblaciones se perjudican y (+/-) una población se beneficia y la otra se perjudica.

Interacción	Competencia	Alelopatía	Depredación	Parasitismo	Mutualismo	Comensalismo
Población A	A (-)	A (-)	Predador (+)	Parásito (+)	Simbionte A (+)	Nodrizo (0)
Población B	B (-)	B (0)	Presa (-)	Hospedador (-)	Simbionte B (+)	planta protegida (+)
Efecto de la interacción	Ambos organismos se perjudican	Uno solo se perjudica	Una se beneficia y la otra especie se perjudica	Una se beneficia y la otra especie se perjudica	Ambos organismos se benefician	Facilitación de una especie se beneficia
Ejemplos	Acelga con remolacha	Plantas repelentes	Coleópteros comen pulgones y cochinillas	Mal de los almácidos en cebolla, melón	Alfalfa y bacteria Rhizobium	Trigo implantado y plántulas de alfalfa
Tipo de relación	(-, -)	(-, 0)	(+, -)	(+, -)	(+, +)	(0, +)

Un concepto central de la teoría ecológica y fundamental para entender los procesos que ocurren en un ecosistema es el concepto de nicho ecológico. El **nicho ecológico** de una especie es un concepto abstracto, no puede definirse como un espacio físico, no puede verse ni tocarse. Este concepto está íntimamente ligado a los conceptos de competencia y recursos y es esencial para el diseño de los sistemas de policultivos y el manejo de malezas.

Para que ocurra competencia entre dos especies, se deben dar dos factores que los recursos sean escasos y que dichas especies superpongan sus nichos

ecológicos. Mediante la teoría de conjuntos, el nicho se define como la gama total de condiciones bajo las cuales el individuo (o la población) vive y se substituye a sí mismo (misma) (Pianka, 1982).

Se define el nicho ecológico como “los límites, para todos los factores ambientales dentro de los cuales, los individuos de una especie pueden sobrevivir, crecer y reproducirse”. El nicho incluye los recursos y las condiciones que una especie necesita para vivir y reproducirse y la diferencia entre ambos conceptos es muy importante. El recurso es algo que puede consumirse, agotarse, puede volverse escaso, por ejemplo, el agua, la luz, los nutrientes, una presa, un lugar para nidificar, desovar, etc. Si un individuo consume parte del recurso, quedará menos para el otro y esto afectará su crecimiento o reproducción. Por lo tanto, por los recursos puede haber competencia y las especies pueden tener nichos similares o muy diferentes (Sarandón y Flores, 2014).

Las similitudes y diferencias de nichos entre especies pueden deberse a características morfológicas, como por ejemplo, en plantas: altura, arquitectura foliar, profundidad y distribución de raíces, pero también a su funcionamiento, sus necesidades temporales: demanda de nutrientes, agua, etc. (dimensión morfofisiológica del nicho en plantas). Dos especies que se parecen morfológicamente, que tengan incluso similares requerimientos, pero desfasados en el tiempo, tendrán nichos bastante diferentes y no competirán (dimensión fenológica del nicho en plantas).

Se define al nicho de una especie, como un espacio de n dimensiones, donde cada dimensión representa la respuesta de una especie a la variación de una determinada variable (pH, intensidad de luz, temperatura, humedad, disponibilidad de un nutriente, etc.). Las variables son independientes unas de otras y estarían representadas por todas aquellas condiciones ambientales y recursos que afectan la supervivencia y reproducción de la especie. Esta definición de nicho, hace referencia al **nicho potencial**, como la máxima distribución posible de la especie, controlado únicamente por sus límites estructurales, es decir, en ausencia de competidores. Por otro lado, el **nicho realizado** es la porción de ambiente que una especie puede ocupar en un hábitat dado y está determinada por sus interacciones con otros organismos en el mismo ambiente (Pianka, 1982; Sarandón y Flores, 2014).

Es importante diferenciar el concepto de nicho del concepto de **hábitat**. El hábitat es el lugar que reúne las condiciones adecuadas para que una especie pueda perpetuarse. El área de distribución se define como la fracción del espacio geográfico donde una especie puede crecer y reproducirse. A diferencia del nicho, el hábitat sí hace referencia al espacio donde toma lugar

la especie, por eso se suele decir que el hábitat es la “dirección” y el nicho la “ocupación o función” de la especie en el ecosistema.

El espacio es una dimensión de nicho en plantas. En caso de regular la densidad de siembra y la distribución en hileras se interviene en el éxito del nicho potencial de los cultivos en cuestión.

El concepto de nicho se relaciona estrechamente con el concepto de **competencia**, que es una relación cuyos efectos dependen de la densidad (relación densodependiente). Cuando dos especies tienen nichos similares (son especies “parecidas”) puede haber riesgo de competencia porque quiere decir que se comportan de manera similar y requieren los mismos recursos. La superposición de nichos entre dos especies lleva, ante recursos escasos, a la competencia entre dichas especies. La intensidad de competencia dependerá en la densidad en la que se encuentren los organismos que compiten y de la habilidad competitiva. En plantas cuando mayor es la densidad, mayor biomasa, velocidad de crecimiento, altura extensión lateral, más intensa será la competencia.

El principio de exclusión competitiva señala que dos especies no pueden ocupar el mismo nicho ecológico en el mismo hábitat. Si existen recursos limitados, eventualmente una especie excluirá a la otra. Aunque es cierto que dos poblaciones no pueden ocupar el mismo nicho al mismo tiempo y en el mismo lugar, frecuentemente existe una superposición en sus nichos que produce un cierto grado de competencia entre las poblaciones en la naturaleza.

Los ecosistemas naturales se caracterizan, entre otras cosas por una gran diversidad de especies. Esto quiere decir que coexisten muchas especies porque sus nichos, aunque pueden parecer similares a primera vista, no lo son, sino que son complementarios. La complementariedad de nichos mejora la utilización y aprovechamiento de los recursos. Este concepto es muy importante para el diseño de sistemas de policultivos.

Las poblaciones intervinientes pueden “evadir” la competencia, a través de mecanismos como cambios en las características físicas (modificación del largo de la raíz) o fisiológicas (utilización del mismo recurso en diferentes momentos) para reducir la superposición de nichos existentes. Conocer los mecanismos que hacen posible la coexistencia puede ser fundamental para el diseño y manejo de la diversidad planificada y la diversidad asociada (Saran-dón y Flores, 2014).

Cuanto mayor sea el solapamiento de los nichos de las especies que se relacionan, mayor será el riesgo de competencia entre las mismas (siempre que los recursos sean escasos). Dentro de esta relación de competencia podemos encontrar dos tipos: intraespecífica e interespecífica.

La **competencia intraespecífica** se da entre individuos de la misma especie. Es muy común en los agroecosistemas, por ejemplo, en un cultivo de sorgo o maíz, donde sembramos juntos muchos individuos de la misma especie. Observamos una disminución del crecimiento de cada individuo debido a la presencia del otro, pero lo que nos interesa en nuestros sistemas de cultivos es la producción por unidad de superficie (de la población), y no la producción individual. Es por ello que hablamos de densidad óptima de siembra (en especies poco plásticas). La densidad de siembra adecuada es la que logra optimizar el uso de los recursos (agua, luz, nutrientes) por parte de la población cultivada y no por cada individuo de la población. Si sembramos pocos individuos, el crecimiento de cada uno de ellos será mayor, pero el rendimiento por unidad de superficie puede ser mucho menor, al no lograr aprovechar todos los recursos disponibles. Si, por el contrario, ponemos demasiados individuos (altas densidades de siembra) la competencia intraespecífica puede ser tan intensa que los rendimientos sean muy bajos. En el caso de las especies cultivadas macolladoras (trigo, cereales de invierno) o con alta posibilidad de ramificación (leguminosas), nos referiremos a que se puede regular un rango de densidades, amplitud de densidades donde se mantienen los rendimientos constantes (especies plásticas).

Existe otra competencia que tiene enorme importancia en los sistemas agropecuarios: la **competencia interespecífica**. Esta se da cuando diferentes especies (poblaciones) comparten parcialmente el “nicho” y, además, existe un recurso de uso común que no está en cantidades suficientes como para mantener a ambas. Este es el caso de la competencia entre los cultivos y las malezas o especies vegetales de crecimiento espontáneo, entre las malezas entre sí, o entre distintas especies cultivadas. El resultado es una reducción en la fertilidad, el crecimiento y/o la supervivencia de una o ambas especies participantes de la relación competitiva, pero sus efectos dependen de las densidades de estos. Es frecuente utilizar la densidad de los cultivos como control biológico de las malezas.

La alelopatía, es un mecanismo de interferencia y está relacionado con la competencia, es la capacidad que tienen algunas plantas para influir sobre otras a través de un fenómeno biológico que produce unos compuestos bioquímicos llamados aleloquímicos. En todo fenómeno alelopático una planta libera compuestos químicos al medio ambiente por una determinada vía (por ej.: lixiviación, descomposición de residuos, etc.), los cuales provocan un efecto perjudicial o benéfico sobre la germinación, el crecimiento o desarrollo de otra planta (Blanco, 2006). Los compuestos alelopáticos que desencadenan el

proceso se denominan compuestos, agentes o sustancias alelopáticas. Algunos residuos de cultivos, como el centeno, trigo, trigo sarraceno, mostaza negra (*Brassica nigra*) ó sorgo granífero (*Sorghum bicolor*) han sido mencionados con efectos alelopáticos negativos (Sarandón y Flores, 2014). Estos conceptos serán profundizados con otros ejemplos en el desarrollo práctico del contenido.

El **mutualismo** es una interacción biológica, entre individuos de diferentes especies, en donde ambos se benefician y mejoran su eficiencia biológica, es decir ambas poblaciones obtienen un beneficio mutuo. Por ejemplo las micorrizas son esenciales para el 70% de las plantas terrestres. Otro papel importante de los mutualismos está en el incremento de la biodiversidad, ejemplificado por las interacciones entre polinizadores y las flores de plantas angiospermas (90 % de las especies vegetales terrestres).

Las relaciones mutualistas pueden ser consideradas como un tipo de trueque o canjeo biológico, en el que las especies intercambian recursos (por ejemplo carbohidratos o compuestos inorgánicos) o servicios. Las relaciones recurso-recurso, en que un tipo de recurso es canjeado por otro es posiblemente el tipo más común de mutualismo; por ejemplo las asociaciones de micorrizas entre las raíces de una planta y un hongo. La planta proporciona los carbohidratos al hongo en cambio por agua y minerales, especialmente fosfatos y también nitratos. Los rizobios fijadores de nitrógeno atmosférico y las plantas leguminosas intercambian nitrógeno por carbohidratos (Denison y Kiers, 2004). Las relaciones servicio - recurso son también comunes, por ejemplo la polinización en que los recursos de néctar y o polen son intercambiados por el servicio de dispersión del polen de la planta.

Otra interacción mutualista muy importante en la ganadería es la que ocurre entre los rumiantes (vacas, ovejas y cabras) y las bacterias del rumen. Los rumiantes se destacan por transformar forrajes rústicos y subproductos agrícolas en alimentos, mediante la acción de microorganismos especializados. Son animales que “rumian”, es decir que regurgitan y re-mastican su alimento, y se caracterizan por poseer un órgano anterior al estómago llamado “rumen”, en donde ocurre la digestión microbiana.

El mutualismo es la interacción de mayor importancia en la agricultura. En general la relación simbiótica más conocida es la de *Rhizobium*- Leguminosa. La fijación biológica de nitrógeno a través de la simbiosis se estima en un aporte de 65 millones de toneladas métricas de nitrógeno al suelo al año (Sarandón y Flores, 2014).

Policultivos

Los policultivos, cultivos mixtos, *intercropping* o cultivos consociados son sistemas de cultivos, donde dos o más cultivos crecen juntos en la misma superficie de suelo coincidiendo en parte o en todo el ciclo de crecimiento (Fig. 3). Los policultivos pueden comprender combinaciones de cultivos anuales con otros anuales, anuales con perennes o perennes con perennes (Fig. 4). Por ejemplo, los cereales pueden cultivarse asociados a leguminosas y los cultivos de raíces asociarlos a frutales. Los policultivos se pueden sembrar en forma espaciada, desde la combinación simple de dos cultivos en hileras intercaladas hasta asociaciones complejas de doce o más siembras entremezcladas. Los componentes de un policultivo pueden sembrarse en la misma fecha o en otra diferente (cultivos de relevo); la cosecha de los distintos cultivos puede ser simultánea o a intervalos.

La producción de los policultivos está a menudo asociado con el uso de una mayor proporción de luz, agua y nutrientes disponibles (captación mayor de recursos) o con el uso más eficaz de una determinada unidad de recursos (mayor eficacia de conversión de recursos). Estas formas de mejorar la utilización de recursos reflejan tres fenómenos: complementación en el uso de ellos, como también la facilitación entre especies y cambios en la partición de recursos. También, puede haber una compensación productiva entre los componentes del policultivo, de manera que si uno de éstos falla debido a una sequía, plaga u otro factor, se podría compensar al aumentar la productividad del otro componente(s) (Liebman, 1999). El incremento de la diversidad de los cultivos puede incrementar la producción, aumentar su resistencia a los eventos climáticos adversos, favorecer la presencia de polinizadores y disminuir los efectos malezas, enfermedades y posibles plagas.

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.

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 (Vandermeer, 1989).

Las relaciones ecológicas que pueden ocurrir en un sistema de policultivo son la **competencia** y la **facilitación**. La facilitación es una relación comensalista donde una especie se ve beneficiada de la relación mientras la otra especie puede permanecer neutral en la relación.

La facilitación se observa cuando un componente modifica el ambiente de tal manera que beneficia a la segunda especie. La facilitación puede caracterizarse como comensalista, en la cual una especie se beneficia sin perjudicar a la otra. El ejemplo clásico es la relación plántula, planta nodriza. También es 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.

Cuando la competencia es mayor que el beneficio de la facilitación, entonces la “*performance*” 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 y 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

El uso de policultivos ha sido considerado también como una estrategia adecuada para la regulación poblacional de las especies arvenses, 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 especies de crecimiento espontáneo. Es ampliamente conocido a través de experiencias que los policultivos disminuyen la biomasa de las malezas a través de competencia (Sarandón y Flores, 2014).

Los cultivos intercalados reducen arvenses, insectos fitófagos y enfermedades, mejoran la calidad del suelo y hacen más eficiente el uso del agua y nutrientes, incrementan la productividad por unidad de superficie (Fig. 3) y reducen la variabilidad de rendimientos (Fig. 4) (Altieri y Nicholls, 2000).

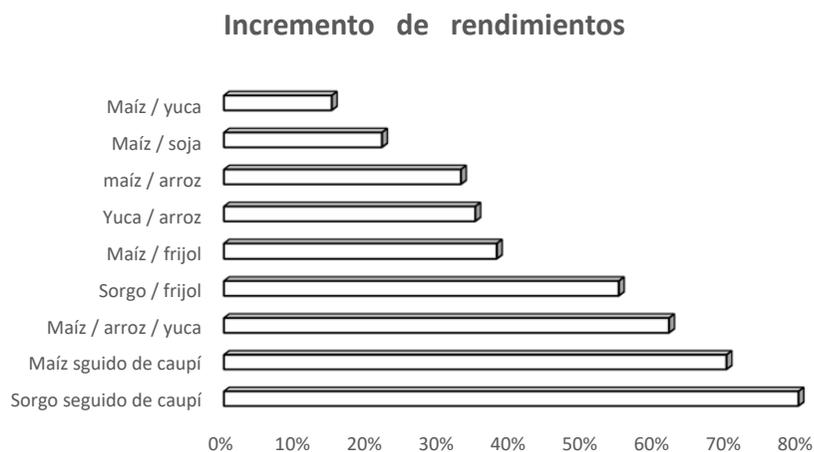


Fig. 3. Ejemplos de policultivos que exhiben mayores rendimientos que los monocultivos correspondientes (Altieri y Nicholls, 2000).

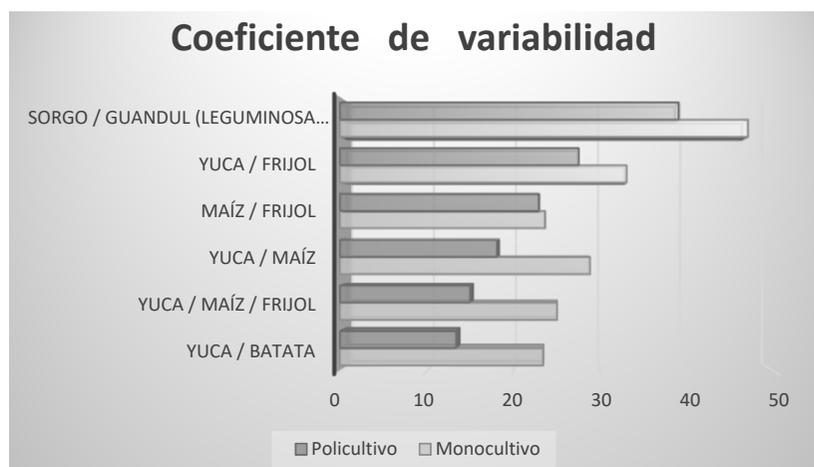


Fig. 4. Variabilidad (coeficiente de variabilidad) de rendimientos registrada en policultivos y monocultivos (Altieri y Nicholls, 2000).

En la Fig. 4 se observa que los cultivos considerados cuando son realizados en monocultivo presentan mayor variabilidad en sus rendimientos en los distintos ciclos de cultivo. En cambio, cuando se consideran esos cultivos en el policultivo, es decir asociados a otros específicos, el rendimiento presenta menores variaciones a lo largo de diferentes ciclos de cultivos, lo que da mayor estabilidad en la producción a lo largo del tiempo productivo.

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 (Sarandón y Flores, 2014). En consecuencia, las rotaciones incrementan la diversidad temporal y espacial del agroecosistema. Para considerar las especies que entran en esa rotación se debe considerar (Sarandón y Flores 2014): **A-** Alternar especies de plantas con diferente habilidad para absorber nutrientes del suelo. **B-** Que tengan sistemas radicales que alcancen diferentes profundidades. **C-** Que posean nichos ecológicos parcialmente superpuestos (diferente: espacio utilizado –recursos-, fenología, morfo-fisiología y regeneración). **D-** 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.

También, **E-** 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. **F-** Alternar el uso de cultivos que tienden a agotar el suelo con cultivos que contribuyen a mejorar su fertilidad (por ejemplo gramínea y leguminosa). **G-** Alternar especies con diferentes necesidades de mano de obra, máquinas e implementos, agua, etc. en épocas diferentes.

En síntesis, 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 arvenses, 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.

Mediante rotaciones bien diseñadas se pueden incrementar los rendimientos y reducir además los requerimientos de energía, al reducir la necesidad de fertilizantes. Por ejemplo, la incorporación de alfalfa en una rotación con maíz puede reducir los aportes de energía en 39%. Muchas rotaciones no requieren mayores modificaciones de los patrones de producción existentes (Altieri y Nicholls, 2000). Más adelante, en este texto se retomarán beneficios y ejemplos de rotaciones que pueden realizarse en el diseño de los cultivos en el tiempo.

Desde el punto de vista de los procesos de regulación biótica, se ha establecido que la rotación de cultivos contribuye a la interrupción de los ciclos

biológicos de enfermedades y artrópodos. Por otra parte, los sistemas de producción orgánicos, las rotaciones constituyen como la medida principal para la regulación de malezas, plagas y enfermedades (Sarandón y Flores 2014).

En el diseño y manejo también participan la vegetación arvense. Las plantas que integran la vegetación auxiliar crecen espontáneamente o son fomentadas, generalmente en superficie o sitios del sistema de producción donde no se practica la agricultura o se requieren para otras actividades. De lo que se trata es de aprovechar su existencia, fomentarla y manejarla, para favorecer sus servicios ecológicos (Vásquez Moreno y otros, 2012), tal como se describieron en el capítulo 2.

La vegetación auxiliar conecta con los campos de cultivos en el predio, y de la misma forma la finca se integra con otros sistemas agrícolas en una cuenca hidrográfica. Los elementos de conectividad entre las partes mencionadas son: cercas vivas, cortinas rompe vientos, sabanas y bosques, constituyen corredores ecológicos de la biodiversidad, y contribuyen a los procesos ecológicos en las fincas y al enriquecimiento de la biodiversidad en los ecosistemas naturales.

DISEÑO DE CULTIVOS EN EL ESPACIO Y EL TIEMPO

La agricultura agroecológica ayuda a restaurar la biodiversidad del agroecosistema sin producir los efectos secundarios negativos que trae consigo la aplicación de productos químicos. Esta es una actividad productiva eficiente en cuanto a uso de los recursos, con una mirada holística e integradora del sistema productivo mirando no solo que la producción sea sustentable en el predio en donde se produce sino también teniendo en cuenta el contexto en donde lo realiza, de tal modo que provee alimentos sanos principalmente a nivel local y servicios ecosistémicos que van a permitir la autonomía y estabilidad productiva para las generaciones presentes y futuras.

La agroecología busca fortalecer procesos ecológicos (Vázquez Moreno, 2011) dentro de los que se rescatan: **A-** Fortalecer la inmunidad del sistema (funcionamiento apropiado del sistema natural de control de plagas). **B-** Disminuir la toxicidad a través de la eliminación de agroquímicos. **C-** Optimizar la función metabólica (descomposición de la materia orgánica y ciclado de nutrientes). **D-** Balance de los sistemas regulatorios (balance de nutrientes, ciclo del agua, flujo de energía, regulación de poblaciones y otros). **E-** Aumentar la conservación y regeneración de los recursos suelo, agua y biodiversidad. **F-** Acrecentar y sostener la productividad a largo plazo.

Una gran contribución a estos procesos, se logra con el diseño y manejo de la biodiversidad productiva o planificada (plantas cultivadas y los animales que se crían), el resto de la vegetación, la biota funcional que habita en el suelo, los demás organismos que cohabitan con dichas plantas (beneficiosos, perjudiciales y otros), y los introducidos como parte del manejo (controladores biológicos, abonos orgánicos, micorrizas, polinizadores, entre otros) (Vázquez Moreno et al., 2012).

Este manejo de la biodiversidad productiva es uno de los pilares para el rediseño de los agroecosistemas con base agroecológica. La diversificación de cultivos tanto en el espacio como en el tiempo a través del **sistema de policultivos** resulta una alternativa fundamental. A diferencia del monocultivo, que consiste en dedicar toda la tierra disponible al cultivo de una sola especie

vegetal, el policultivo consiste en utilizar múltiples cosechas sobre una misma superficie de terreno. De este modo se imita, hasta cierto punto, la diversidad de los ecosistemas naturales, evitando así la sobre explotación de los suelos que se produce con los monocultivos. Existen además diversas formas de policultivos, lo que permite al agricultor seleccionar el sistema que mejor se adapte a sus necesidades.

Los cultivos se clasifican comúnmente en cereales y leguminosas, pero también considerando el órgano vegetal que se cosecha (Fig. 5 y Fig. 6).

- El uso de **gramíneas o cereales**: se caracterizan por producción de granos con alto contenido de hidratos de carbono. Como el maíz, sorgo, trigo, cebada, centeno. Que principalmente aportan materia orgánica al suelo de lenta descomposición, necesaria para formar los agregados del suelo y mejorar la fertilidad física del suelo.
- El uso de **leguminosas**: se caracterizan porque sus frutos tienen forma de chaucha con alto contenido de proteínas (Ej.: chaucha, arveja, habas, soja, maní, lentejas). Estas especies se asocian con bacterias fijadoras de nitrógeno atmosférico.
- Los **cultivos de hoja**: se caracterizan porque su parte cosechable y consumible crece por encima de la superficie del suelo, con alto contenido de vitaminas, minerales y agua. Son ejemplos, la lechuga, acelga, espinaca, achicoria, rúcula, repollo (Fig. 5).
- Los **cultivos de raíz, bulbos o tubérculos**: se caracterizan porque su parte cosechable y consumible crece por debajo de la superficie del suelo, con alto contenido de vitaminas, minerales y fibra. Como el ajo, la cebolla, la papa, batata, zanahoria, rabanito, remolacha (Fig. 5).
- Los **cultivos de frutos**: la parte cosechable son los frutos, aportan vitaminas y minerales en grandes cantidades. Son ejemplos: el tomate, pimiento, ají, berenjenas, el zapallo, el anquito (Fig. 5).
- Los **cultivos de tallo y flores**: la parte cosechable es su flor o su tallo, como el coliflor, el alcaucil, los espárragos, el puerro (Fig. 5).



Fig. 5. Clasificación de los cultivos según el órgano vegetal que se cosecha, y en relación a los ciclos vegetativos: anuales, bianuales y perennes.



Fig. 6. Relación entre la estructura morfológica de una planta y los órganos cosechables.

Diseño: ordenamiento espacial y temporal de cultivos

Dentro de las estrategias para el aumento de la diversidad cultivada es determinante 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. Para ello se puede, dentro de estas estrategias, planificar la producción agroecológica de nuestros cultivos mediante la **rotación** y la **asociación de cultivos**.

La elección del cultivo

El primer paso será elegir las especies y variedades, que además de darnos una buena producción, estén adaptadas a nuestro lugar de producción. Para esto se recomienda el uso de semillas de variedades obtenidas de **producciones agroecológicas locales** que ya cuentan en su “memoria genética” con las adaptaciones al medio local. El uso de semilla de variedades e híbridos comerciales de regiones diferentes a las que se produce genera un detrimento en la estabilidad y sustentabilidad de la producción, ya que a la baja adaptación al medio local mencionado anteriormente, se le suma que al ser poblaciones homogéneas una leve perturbación (ambiental, plagas, enfermedades, etc) producirá una drástica caída en la producción y posible pérdida del cultivo, siendo sistemas dependientes de insumos externos que tratan de evitar el efecto de esas perturbaciones (agroquímicos). A lo anterior se le suma que estas semillas comerciales “mejoradas” son 100% comercializadas con tratamientos en sus semillas (curasemillas) para el control de insectos y enfermedades, lo que atenta con el principio agroecológico de mejorar la diversidad de organismos debajo de la superficie del suelo entre otros.

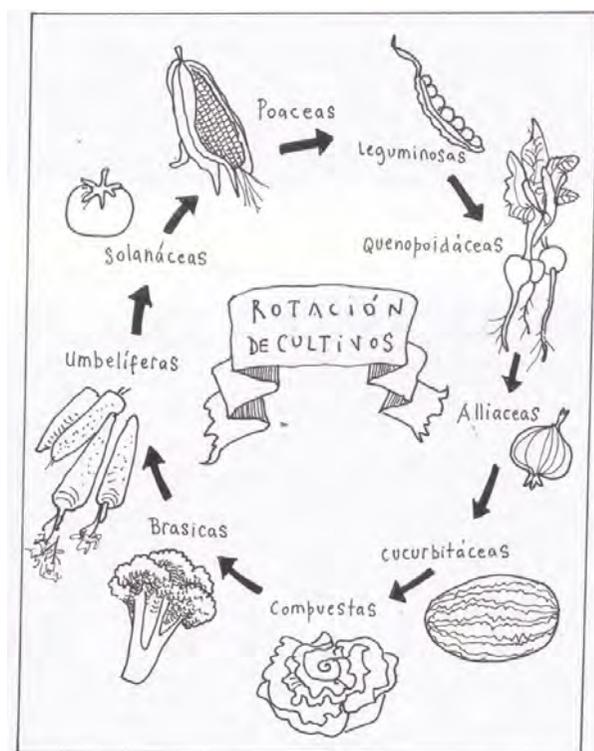


Fig. 7. Esquema simplificado de rotación de especies de las principales familias botánicas de interés hortícola.

Además debemos diseñar como esas especies las combinamos con otras en el mismo espacio (**asociaciones**, Fig. 8 y Fig. 9) buscando potenciar la producción del sistema, y las especies y variedades que vendrán después de su cosecha o fin del cultivo (**rotaciones**, Fig. 7).

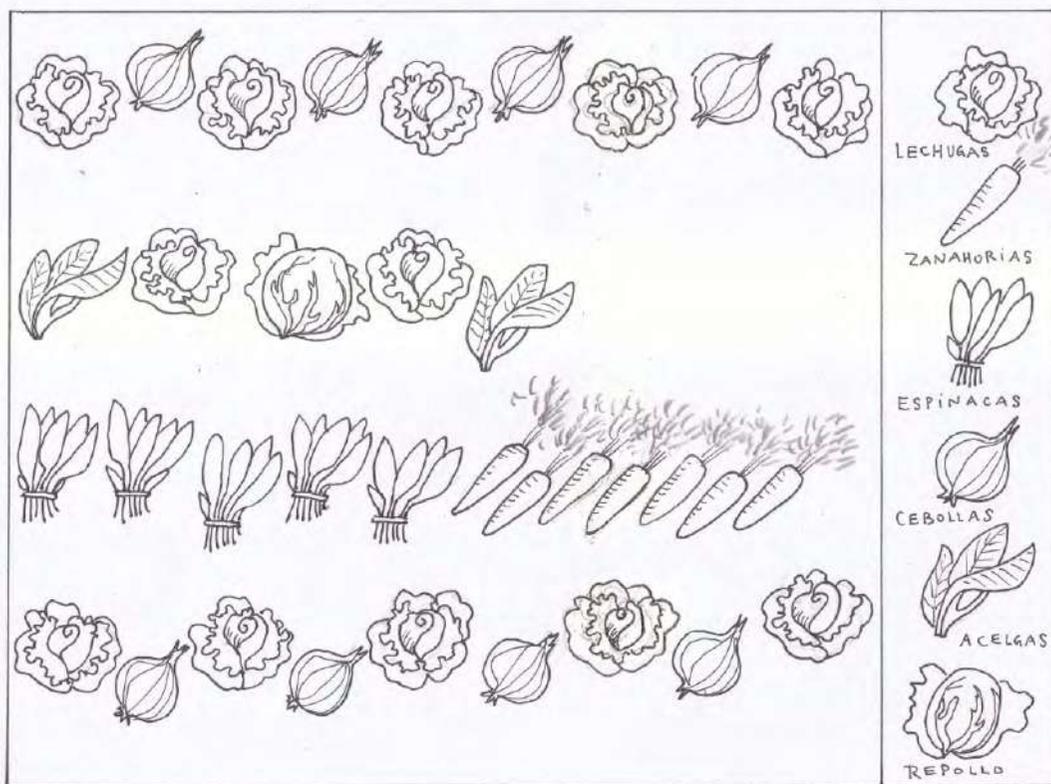


Fig. 8. Esquemas de ejemplos de asociaciones de cultivos hortícolas

Rotación de cultivos como buena práctica en el campo

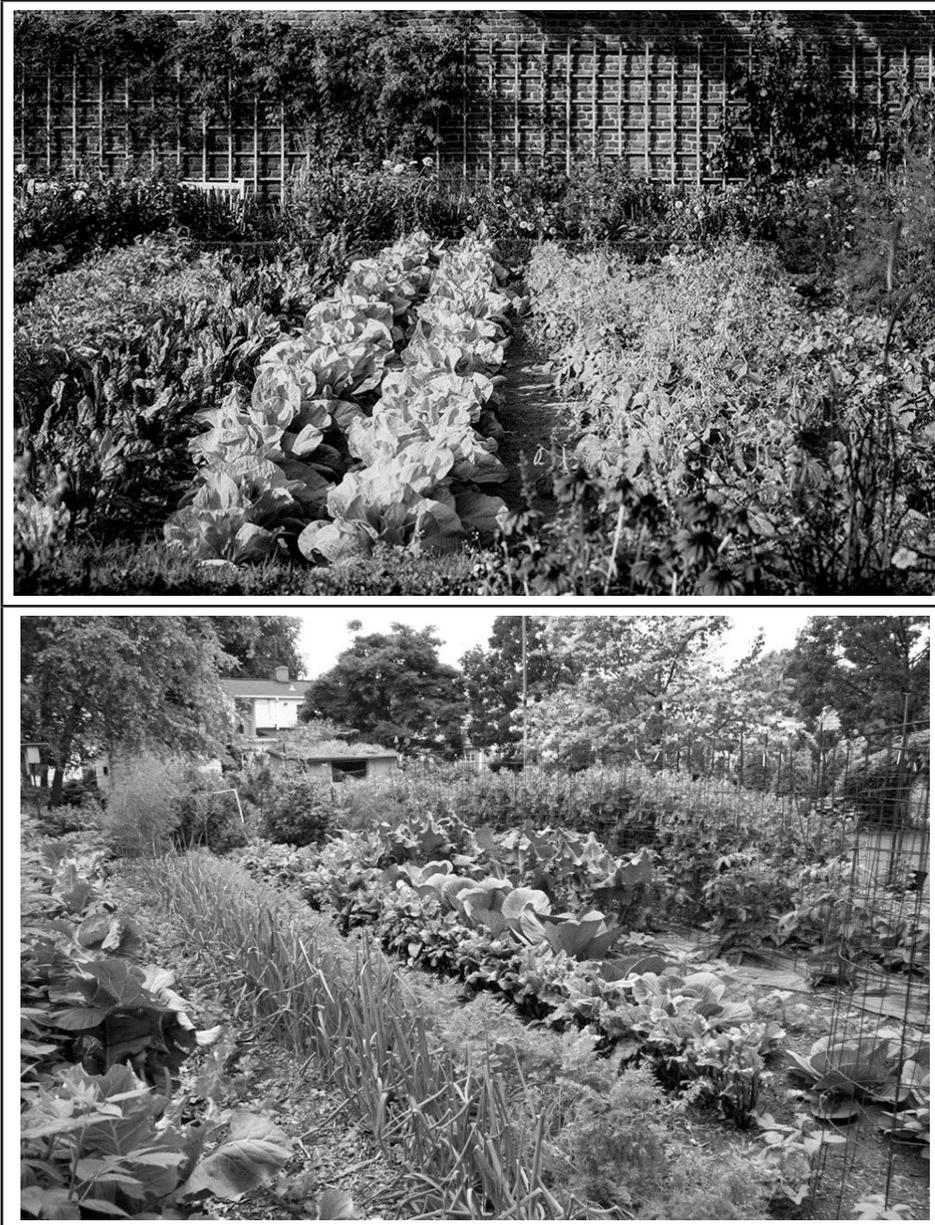


Fig. 9. Fotografías de sistemas hortícolas donde se combinan asociaciones y rotaciones.

La rotación de cultivos implica la sucesión de diferentes especies de plantas en el mismo terreno a través del tiempo, lo cual trae consigo múltiples beneficios. Esta técnica apunta a minimizar el desgaste del suelo optimizando

el uso de recursos. Se busca así, conservar y mejorar el suelo, reduciendo la incidencia de plantas espontáneas y de organismos nocivos del suelo. Es una práctica que bien conducida logra varios efectos positivos al mismo tiempo. Por ejemplo, cuando se integran abonos verdes, también permite evitar la proliferación de enfermedades y atender las necesidades nutricionales de los cultivos.

Principios y objetivos de la rotación de cultivos

Entre los principales objetivos de esta práctica, encontramos: **A-** Mantener y mejorar el contenido de materia orgánica de los suelos. **B-** Permitir 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). **C-** Incrementar la rentabilidad en comparación con los monocultivos, pues se aumenta la fertilidad del suelo y se crea un balance entre los nutrientes requeridos por las plantas. **D-** Reducir la erosión hídrica y eólica. **E-** Mejorar la capacidad de infiltración, aireación y estabilidad de los suelos. **F-** Reducir la aparición de enfermedades y malezas, así como la proliferación de insectos. **G-** Promover una diversificación de la producción que da al sistema una mayor estabilidad frente a adversidades ambientales y/o económicas-financieras. **H-** Sustentar la soberanía alimentaria, ya que diversifican la provisión de alimentos locales en el espacio y el tiempo.

Pasos a seguir en el diseño de la rotación

Elegir las especies de los cultivos que se incluirán en la rotación y estudiar su ciclo

En este primer paso el agricultor evaluará aquellos que son más convenientes para la productividad de las cosechas. Se deben tener claros los periodos de tiempo de cada ciclo de cultivo. De modo que una vez que finalice un ciclo, la parcela sea sembrada con una nueva especie, o con abonos verdes. Para definir esto es importante contar con un calendario de siembra como el provisto por el pro-huerta para la zona considerada. Este calendario de siembra es muy apropiado ya que incluye la duración de ciclo de cada cultivo y las necesidades de superficie necesaria (INTA Pro-huerta). En base al mismo

se puede elaborar un esquema que encadene los diferentes cultivos que se van a realizar en estación, basándose en la duración de su ciclo desde la siembra hasta la cosecha.

Alternar especies de plantas con diferente habilidad para absorber nutrientes del suelo o que tengan sistemas radicales que alcancen diferentes profundidades (Fig. 10).

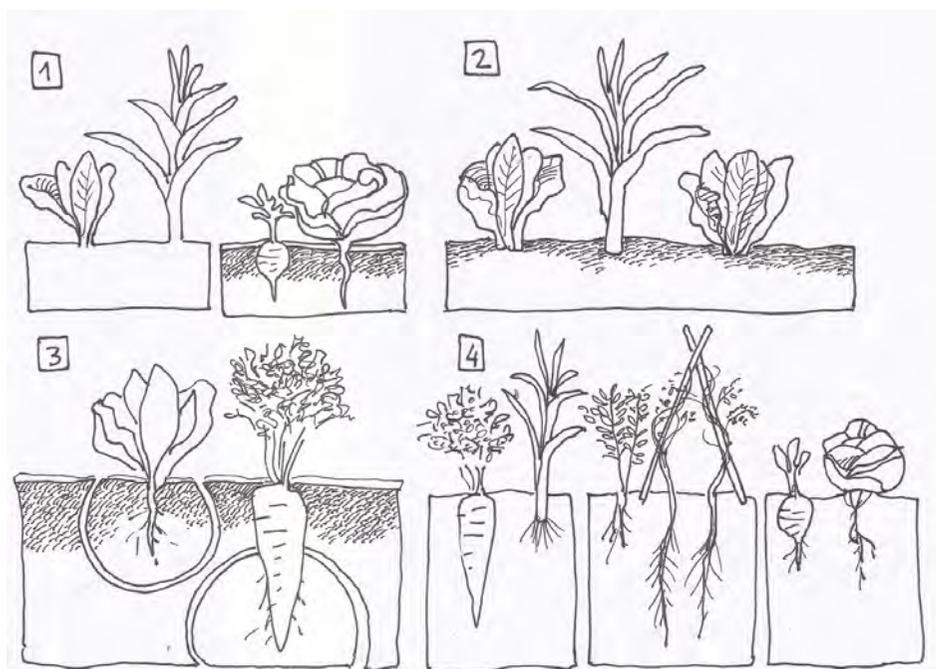


Fig. 10. Distintos tipos de crecimiento radicular hortícolas. (1) nabo y repollo. (2) Parte aérea de lechuga y puerro. (3) lechuga -zanahoria. (4) zanahoria-puerro, tomate-albahaca, remolacha-repollo.

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. Por ejemplo alternar con rábano, mostaza, nabo y repollos. Estas especies producen sustancias conocidas como **glucosinolatos** (compuestos orgánicos con azufre) los cuales son metabolitos secundarios. Los glucosinolatos son luego desglosados a enzimas tioglucosidasa (mirosinasa), encargadas de catalizar las reacciones químicas, y se caracterizan por liberar su enzima cuando el tejido es lastimado o sufre un ataque de insectos o patógenos. Debido a la habilidad de estas especies de producir estos compuestos tóxicos volátiles, éstos son co-

nocidos como biofumigantes. Manejados apropiadamente, los biofumigantes ayudan a reducir las poblaciones de nemátodos, malezas y enfermedades. Esta es una estrategia de manejo muy interesante a la hora de pensar si el próximo cultivo que se realizará en el lote si es susceptible a nematodos, tal es el caso de pimiento, tomate, habas, zanahoria, lechuga, pudiendo usar como cultivo antecesor de los mismos alguna de las especies de la familia crucífera (Tabla n° 2), e incorporando los residuos de la cosecha al suelo como muestra la Figura 11.



Fig. 11. Residuos de Crucíferas usadas para el control de nematodos.

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. Son ejemplos de alelopatía negativa el uso

de gramíneas productoras de sustancias alelopáticas a nivel de raíz (centeno) que generan inhibición en el crecimiento de especies espontáneas, con la consiguiente reducción de la competencia en el cultivo que se realice posteriormente en el mismo lote. Asimismo se puede mencionar como ejemplo de alelopatía positiva la interacción entre cultivos de solanáceas, flores y cultivos de la familia liliáceas (Fig. 12).



Fig. 12. Asociación de “Solanáceas”, como las tomateras, con arbustos de flor para atraer a los insectos polinizadores y cosechar muchos tomates. También las solanáceas se asocian con las “Liliáceas”, como cebollas, ajos y puerros, para evitar parásitos e infecciones.

Alternar el uso de cultivos que tienden a agotar el suelo con cultivos que contribuyen a mejorar su fertilidad (por ejemplo gramínea y leguminosa). Algunos ejemplos: maíz con habas o arvejas, o zanahoria y remolacha con chauchas. En la Fig. 13 se dan ejemplos de rotaciones de acuerdo a las exigencias de fertilidad de los cultivos.

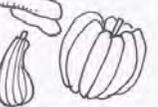
PRIMER AÑO	SEGUNDO AÑO	TERCER AÑO
Muy exigentes 	Medio exigentes 	Poco exigentes 
Medio exigentes 	Poco exigentes 	Muy exigentes 
Poco exigentes 	Muy exigentes 	Medio exigentes 

Fig. 13. Ejemplos de rotaciones de acuerdo a las exigencias de fertilidad del suelo.

En un modelo de rotación de cultivos de huerta de tres años, se encabeza con cultivos exigentes en materia orgánica (poco descompuesta): repollo, tomate, pimiento, calabacín, pepino, papa. En el segundo año, cultivo de leguminosas y hortalizas de hoja con exigencias medias en materia orgánica (pero bastante descompuesta): frijoles o judías, arvejas o guisantes, habas, lechuga, acelga, espinaca, puerro. El tercer año, poco exigentes pero requieren la materia orgánica muy descompuesta: zanahoria, rábano, remolacha, cebolla y ajo (Fig. 13).

Alternar especies con diferentes necesidades recursos técnicos para producirlos: mano de obra, máquinas e implementos, riego, etc., en épocas diferentes.

Estimar la superficie necesaria: siempre es necesario realizar una estimación del terreno que indique si se cuentan con los espacios suficientes. Esta es definida a partir de la superficie disponible, y luego de determinada la misma, se realiza el cálculo que establece cuanta superficie ocupará cada cultivo a lo largo de la estación de producción (otoño -invierno, primavera - verano).

La base para establecer la superficie que ocupa cada cultivo en el esquema de rotación, está definida por múltiples factores, pero fundamentalmente nos basamos en el objetivo y destino de lo que se produce. Para determinarla podemos basarnos en tablas que establecen los rendimientos de cada cultivo por unidad de superficie (Kg/m^2). Así, una vez definida la necesidad de kilos de producción para cada cultivo, determinaremos la superficie necesaria del

mismo en el esquema de rotación. Esta información puede ser tomada del **Planificador de la producción hortícola**, del INTA Pro-Huerta (ver la página *web* en la bibliografía).

Establecer las parcelas: lo más práctico es dividir el terreno disponible en parcelas. **Organizar los grupos de cultivos:** los grupos se establecerán según varios factores: aquellos que pertenezcan a la misma familia botánica, los que tengan un ciclo similar, y exigencias nutricionales parecidas, etc.

Criterios a la hora de pensar las rotaciones

Elegir cultivos de familias diferentes. Como se dijo anteriormente, las mismas familias de cultivos consumen recursos de manera similar y son afectadas por similares plagas y enfermedades. Es por eso que al momento de pensar la rotación se deben encadenar cultivos que pertenezcan a familias diferentes (Tabla n° 2). Así, por ejemplo, las solanáceas (ej.: papa, tomate, berenjena, pimiento) deberían estar seguidas de leguminosas (ej.: habas, arvejas, chauchas) y crucíferas (ej.: repollo, brócoli, rabanito, rúcula). Estas a su vez les seguirán las Quenopodiáceas (ej.: acelga, remolacha) y Cucurbitáceas (ej.: zapallos) y, posteriormente, las Umbelíferas (ej.: perejil, cilantro, zanahoria) y liliáceas (ej.: ajo y cebolla).

Tabla n° 2. Familias de cultivos con ejemplos de cultivos para cada una.

Compuestas	Crucíferas	Solanáceas	Leguminosas
achicoria	repollo	berenjena	mabí
alcaucil	coliflor	tomate	garbanzo
cardo	rúcula	papa	arveja
escarola	rabanito	pimiento	haba
girasol	col de bruselas	ají	chauchas
lechuga	brócoli	batatas	lenteja
Cucurbitáceas	Quenopodiáceas	Liliáceas	Umbelíferas
calabacín	acelga	ajo	apio
calabaza	espinaca	cebolla	chirivía
melón	remolacha	chalote	hinojo
sandía	quinua	espárrago	perjil
pepino		puerro	zanahoria

Seleccionar cultivos con diferente tipo de órgano cosechable. Con el mismo criterio anterior, se debe buscar que en la rotación no se repitan cultivos con igual órgano cosechable (raíz, frutos, hojas, bulbos, flores y tallos), ya que de esta manera se estarán extrayendo nutrientes y agua de diferentes zonas del suelo (Tabla n° 3).

Por lo tanto lo conveniente es que luego de una planta de fruto, le siga una de raíz, luego una de hoja, seguida de una leguminosa y así sucesivamente, como muestra el esquema de rotación (Figura 14 y Tabla n° 4).

Tabla n° 3. Diferenciación de especies en la rotación que exploran diferentes profundidades de raíces

Superficiales (45 - 60 cm)	Intermedias (90-120 cm)	Profundas (+120 cm)
ajo	berenjena	alcachofa o alcaucil
apio	arveja o guisante	batata o boniato
brócoli o brécol	judía o frijoles	calabaza
cebolla	melón	chirivía o apio de campo
col o repollo	nabo	espárrago
coliflor	pepino	sandía
endivia	pimiento	tomate
espinaca	remolacha	cardo
lechuga	zanahoria	
maíz dulce	haba	
papa o patatas		
puerro		
rábano		

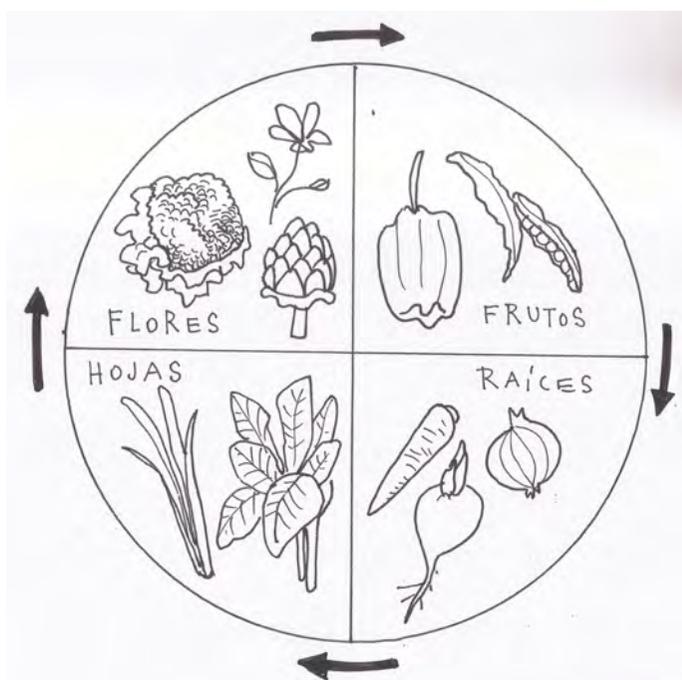


Fig. 14. Diferenciación de especies en la rotación por parte aprovechable

Tabla n° 4. Distribución de hortalizas que no deben repetirse (hojas, raíces y tubérculos, bulbos y tallos, y flor, semilla y fruto).

Raíces y tubérculos	Bulbos y tallos	Hojas
papa	cebolla	lechuga
zanahoria	ajo	escarola
remolacha	puerro	repollo
rábano	espárragos	acelga
rabanito	hinojo	espinaca
nabo	colinabo	apio
Flor, semilla y fruto		
Frijoles	coliflor	sandía
arveja	frutilla	melón
haba	calabaza	alcauciles
tomate	calabacín	maíz
pimiento	pepino	ají
berenjena	chauchas	anquito

Tenga en cuenta las asociaciones favorables o desfavorables (ver más adelante en el apartado Las Asociaciones). Para ello se requiere la evaluación de aquellas especies de plantas que pueden perjudicar o beneficiar las plantas cercanas. De este modo, podrá evitar la aparición de alelopatías.

Diseñar la rotación: según los criterios para cada cultivo se realizará un plan para establecer las combinaciones más efectivas en los tiempos de rotación. Finalmente se debe **diseñar la alternancia:** una vez diseñada la rotación de cultivos, se deben establecer los tiempos de alternancia en función de la cantidad de parcelas.

Propuestas de planes para la rotación de cultivos

La prioridad es mantener los suelos siempre cubiertos. Para cumplir con esta tarea se puede recurrir a cultivos de ciclos cortos y **abonos verdes**. Si hay plantas plurianuales, los nutrientes del suelo quedarán agotados rápidamente, por lo que se debe abonar orgánicamente una vez terminado el ciclo.

Una rotación bien realizada es aquella que, al culminar el ciclo de espera para la siguiente plantación, presenta características agronómicas mejores o iguales a los iniciales. Con esto nos referimos al estado sanitario de la tierra, la fertilidad, etc. Se aconseja establecer primero los **cultivos de cabecera**. Ejemplos pueden ser los que se dan en verano, tales como las solanáceas y cucurbitáceas.

Una vez establecido el cultivo principal, buscar el **cultivo precedente**. El mismo debería ser de ciclo corto, y capaz de aprovechar los restos de la fertilización orgánica. Es conveniente incluir Leguminosas y Crucíferas en la rotación de cultivos. Estas aportarán nitrógeno y movilizarán el potasio y otros minerales de las reservas del suelo.

Son innumerables las alternativas de rotaciones posibles que se pueden diseñar, lo importante es que las mismas se adecuen a las características y requerimientos antes mencionados. Aquí mostramos a modo de ejemplo un esquema de rotación para tres años, que puede servir como base para el desarrollo de uno propio (Tabla n° 5).

Tabla n° 5. Ejemplo de plan de rotación (Universidad de Cotopaxi, Ecuador)

	Después de estercolar	Después de fertilizar	Después de fertilizar y enmienda caliza
Primer año			
	Otras hortalizas	Hortalizas de raíz	Coles y crucíferas
	Berenjena, arveja	remolacha	repollo
	Frijoles, pimiento	zanahoria	col bruselas
	Apio, espinaca	escarola	coliflor
	Puerro, maíz dulce	chirivía	colinabo
	Lechuga, tomate	escorzonera	rábano
	Cebolla, pepino		nabo
Segundo año			
	Coles y crucíferas	Otras hortalizas	Hortalizas de raíz
	repollo	Otras hortalizas	remolacha
	col bruselas	Berenjena, arveja	zanahoria
	coliflor	Frijoles, pimiento	escarola
	colinabo	Apio, espinaca	chirivía
	rábano	Puerro, maíz dulce	escorzonera
	nabo	Lechuga, tomate	
		Cebolla, pepino	
Tercer año			
	Hortalizas de raíz	Coles y crucíferas	Otras hortalizas
	remolacha	Repollo	Berenjena, arveja
	zanahoria	col Bruselas	Frijoles, pimiento
	escarola	Coliflor	Apio, espinaca
	chirivía	Colinabo	Puerro, maíz dulce
	escorzonera	Rábano	Lechuga, tomate
		Nabo	Cebolla, pepino

Beneficios de las rotaciones

Además de la evidente mejora en la diversificación productiva, la rotación lleva a conseguir el objetivo de un suelo sano y con fertilidad, ya que la misma aporta a (Altieri y Nicholls, 2000): **A-** El incremento en el contenido de materia orgánica. **B-** El estímulo de la actividad biológica del suelo. **C-** El incremento de la mineralización de nutrientes. **D-** La conservación de suelo y humedad, disminuyendo la erosión, y mejorando su estructura. **E-** Una mayor captura y reciclaje de nutrientes. **F-** Un incremento de actividad micorrítica.

En suelo con bajos niveles de nitrógeno, por ejemplo, sería conveniente que el siguiente cultivo contenga plantas productoras de este elemento como podrían ser las leguminosas. Por su parte, un cultivo que tienda a compactar mucho la tierra, debería seguirle uno que la deje mullida. Si se tratara de uno que desarrolla raíces superficiales, debería seguirle uno de raíces profundas.

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, 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) (Sarandón y Flores, 2014).

Rotar los cultivos permite modificar el ciclo de desarrollo y proliferación de enfermedades y plagas, haciendo que su incidencia en la salud del cultivo sea menor. Un ejemplo claro es el mal de pie, patología ocasionada por el hongo *Gaeumannomyces graminis* (pudrición de raíces), que aparece frecuentemente en las raíces del trigo. Sin embargo, al incluir leguminosas como la arveja, lenteja o lupino en la rotación, se reduce su incidencia. Por su parte, algunas oleaginosas (soja, girasol, maní) son capaces de eliminar organismos patógenos del suelo mediante la producción de exudados radicales como los isotiacianatos. Estos también están en residuos de crucíferas; en este último caso se conoce que la incorporación al suelo de los restos de la cosecha de la col (fragmentada) fermentada reduce sustancialmente a los nemátodos, hongos y otras plagas del suelo por la formación de compuestos tóxicos como el amoníaco, varios compuestos sulfurosos e isotiacianatos (Vázquez Moreno, 2011). Cuando se trata del control de espontáneas o malezas, al igual que ciertas enfermedades, se encontrará que están asociadas a un tipo específico de planta. Si además se repite la plantación de un mismo cultivo consecutivamente, habrá

más probabilidades de aumentar la población de maleza. La forma más sencilla de impedirlo, es interrumpir el ciclo de crecimiento de estas hierbas al incluir nuevas especies vegetales. En relación a las plagas, estas también interrumpirán su desarrollo una vez realizada la primera rotación de cultivos.

La asociación de cultivos como buena práctica en el campo



Fig. 15. Asociación de lechuga, albahaca y perejil.

La asociación de cultivos es una técnica que posee numerosas ventajas cuando se quiere conservar los suelos y fortalecer la respuesta de las plantas a la captación de nutrientes. Los policultivos, cultivos mixtos, cultivos consociados o asociaciones son sistemas de cultivos múltiples (Fig. 15), donde dos o más cultivos crecen juntos en la misma superficie de tierra durante parte o todo su ciclo.

Retomando el concepto de nicho (desarrollado anteriormente), por ejemplo en el sistema mixto de milpa (Gómez Betancur et al., 2018) como es el caso de la milpa mexicana (Fig. 16), se complementa maíz, calabaza, chile (ají), y chaucha, además de otras especies espontáneas con uso comestible (quelites).

Además de tener diferentes nichos espaciales y morfológicos (crecen de manera diferenciada tanto arriba del suelo, como en profundidad de raíces ocupando distintos lugares), tienen distintos requerimientos y se complementan nutricionalmente (el poroto fija el nitrógeno atmosférico que utilizan los otros cultivos). Se obtiene así un beneficio global del sistema que supera la producción de cada especie si hubiese sido sembrada por separado.



Fig. 16. Milpa mexicana: maíz, poroto, zapallo, hierbas comestibles en estado tierno llamadas quelites (quinoa y amaranto), ají, el hongo carbón del maíz, flor del zapallo. Lupa superior: carbón del maíz. Lupa inferior: flor de calabaza. Todo es comida mexicana.

Principios y objetivos para la asociación de cultivos

La asociación de cultivos es una técnica desarrollada con el fin de establecer un equilibrio natural que beneficie las relaciones entre las distintas especies de las plantas. Con esta se logra una **distribución más equitativa de recursos**, favoreciendo el crecimiento y desarrollo de los cultivos.

También reduce el riesgo de pérdida total por cualquier factor de estrés físico o enfermedad de alguna de las especies. Por su parte, cuando el rendimiento de un cultivo disminuye aumenta el de los otros. Esta técnica busca, incluso, sustituir la utilización de productos químicos como fertilizantes, abonos y plaguicidas. Todo ello al imitar ecosistemas naturales y aumentar la producción de distintas especies por unidad de área.

Para que la asociación resulte favorable, el agricultor debe tener en cuenta en qué medida la utilización de recursos de cada especie coincide en espacio y tiempo, de modo que exista un equilibrio entre los recursos disponibles y los requerimientos del cultivo. Las asociaciones como todo policultivo son específicas de cada lugar (Sarandón y Flores, 2014) es decir que los resultados no pueden extrapolarse linealmente de un sitio a otro. Por ello, es fundamental entender los principios ecológicos en que se basan.

Como vimos anteriormente, las relaciones ecológicas que pueden ocurrir en un sistema de policultivo son la competencia y la facilitación. La facilitación es una relación comensalista donde una especie se ve beneficiada de la relación mientras la otra especie puede permanecer neutral en la relación. Un ejemplo clásico es el de la asociación tomate albahaca: la albahaca genera sustancias volátiles que repelen polillas que desovan en el tomate y afecta la calidad de sus frutos (Fig. 17).



Figura 17. Ejemplo de facilitación: cultivo de tomate con albahaca

Tipos de asociación de cultivos

Existen distintas formas en las cuales se pueden asociar los cultivos para aprovechar al máximo la captación de recursos. La utilización de cada sistema va a depender siempre de las características de cada cultivo (Fig. 18).

Diseño espacial					Sistema
XXXX	OO	XXXX	OO	XXX	Cultivos en franjas
XXXX	OO	XXXX	OO	XXX	
XXXX	OO	XXXX	OO	XXX	
XOX	OXO	XOX	OXO	XOX	Cultivos intercalados
XOX	OXO	XOX	OXO	XOX	
XOX	OXO	XOX	OXO	XOX	
O	XX	O O	X O	O O	Cultivos asociados y mezclados
X O	O	O O	X O	O	
O	X X	X	O	X	
O	O	X X	O	O X	
					O: cultivo 1
					X: cultivo 2

Fig. 18. Sistemas de policultivo y diseño espacial (Salazar Navarro, 2016).

Los tipos de asociación de cultivos son:

- **Cultivos intercalados:** Es la siembra simultánea de dos o más cultivos en el mismo terreno, en surcos independientes pero vecinos (Fig. 19).

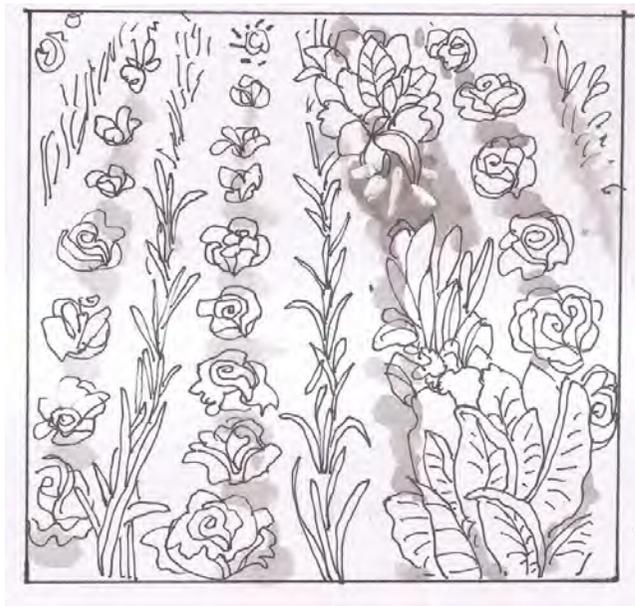




Fig. 19. Cultivos intercalados de: Lechuga, puerro, espinaca (arriba). Cultivos intercalados de apio y cebolla (abajo).

- **Cultivos mezclados o mixtos:** Consiste en sembrar simultáneamente dos o más cultivos en el mismo terreno, sin organización de surcos. Aquí los cultivos están mezclados (Fig. 20).



Fig. 20. Cultivos mixtos de avena y vicia.

- **Cultivos en franjas:** Consiste en la siembra simultánea de dos o más cultivos en el mismo terreno, pero en franjas amplias. Esto permite un manejo independiente de cada cultivo (Fig. 21).



Fig. 21. Franjas de hortícolas y maíz

Cultivos de relevo: Consiste en la siembra de dos o más cultivos en secuencia, sembrando o trasplantando el segundo antes de la cosecha del primero. Luego de la cosecha del primer cultivo, el segundo aprovecha el mayor espacio y los residuos para su desarrollo (Fig. 22).



Fig. 22. Cultivo de relevo: sobre un maíz que finalizó su ciclo se siembran porotos intercalados (izquierda). Cultivo de zapallo sembrado sobre cosecha de trigo (derecha).

- **Cultivos de relevo para abono verde:** Una forma importante de asociación la constituyen los cultivos de relevo, especialmente con leguminosas, que pueden servir de abono verde e incluso de forraje, además de las bondades que poseen en favor del suelo, por su buena cobertura, así como en el control o represión de plagas, enfermedades y malezas. La ventaja generada es el bajo costo de producción. Como cultivos de relevo se pueden usar leguminosas de cobertura, cultivos forrajeros o asociaciones de éstos. Son instalados sin preparación especial, por ejemplo dentro de los cereales (Fig. 23). No exis-

ten reglas fijas que determinen el momento de siembra. Este depende de las características varietales de la planta, del ambiente, de las prácticas culturales etc. Debe evitarse que por competencia, el cultivo de relevo límite al cultivo principal (Vásquez Moreno, 2011).



Fig. 23. Cultivo de relevo para abono verde: sobre una vicia (que puede cortarse o rolarse) se siembra maíz para grano.

Criterios a la hora de pensar las asociaciones

Para la selección de los cultivos a asociar o policultivos es necesario tener en cuenta (Ecured, 2018):

Duración del ciclo vegetativo. La asociación entre especies de ciclos vegetativos similares, ofrece ventajas derivadas solamente de la utilización del espacio, mientras que con ciclos vegetativos diferentes, puede permitir una ganancia en el rendimiento total del sistema (ver calendario de siembra). Además este mismo criterio podría aplicarse para combinar especies perennes (frutales, vides) con especies anuales (gramíneas o leguminosas) (Fig. 24).



Fig. 24. Policultivo de vid y porotos (Salazar Navarro, 2016).

Hábito de crecimiento. Se debe tener en cuenta el hábito de crecimiento de las especies involucradas, a fin de combinar portes altos con portes bajos (Fig. 25).

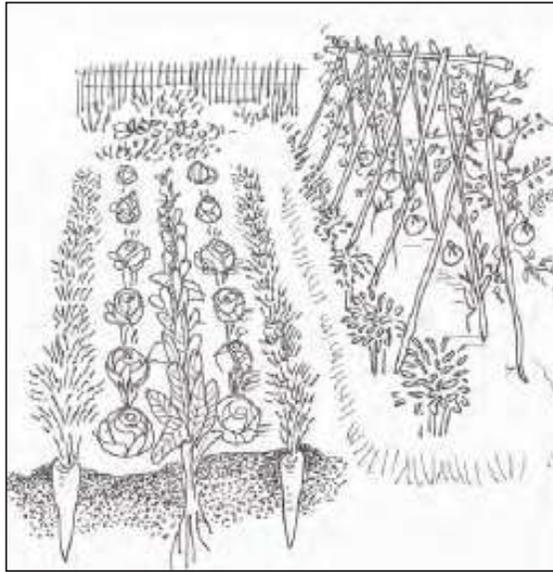


Fig. 25. Asociación de especies de porte bajos (zanahoria, repollo) y altos (acelga, tomate).

Formas de las hojas. Una buena recomendación es combinar especies de hojas anchas y hojas estrechas, preferiblemente estas últimas con porte alto, para permitir una mayor entrada de luz a los estratos inferiores (Fig. 26).

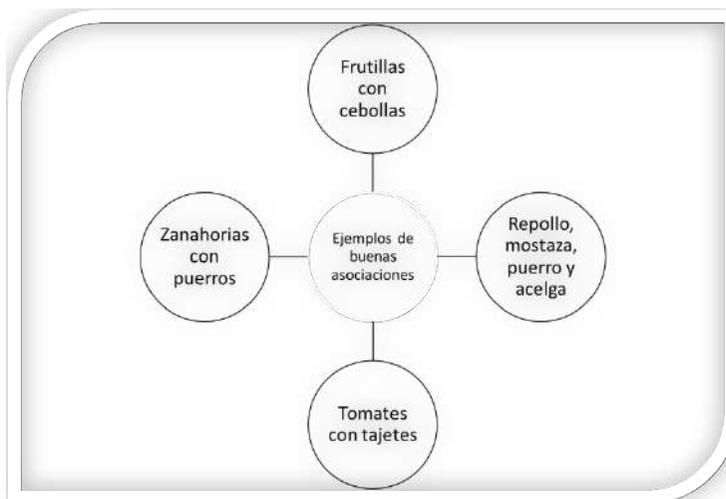


Fig. 26. Asociación de cultivos con hojas anchas (acelga, frutilla, repollo, mostaza, tomates) con cultivos de hojas estrechas (puerro, cebolla de verdeo, perejil, tagetes como flores comestibles).

¿Cómo evaluar la conveniencia o no del policultivo? Para la evaluación de la eficiencia biológica de los policultivos, lo cual corresponde al mismo tiempo con la eficiencia del uso de la tierra, se ha propuesto el concepto de Uso Equivalente de la Tierra (UET); Índice Equivalente de la Tierra (IET) o lo que es igual Land Equivalent ratio (LER), donde se consideran individualmente los rendimientos de los cultivos tanto en policultivo como en monocultivo (Fig. 27).



Fig. 27. Izquierda, monocultivo de Lechuga: el rendimiento total por superficie está dado por una sola especie, tiene menores rendimientos finales y mayor riesgo a adversidades. Derecha, policultivo de lechuga, apio, zapallito zucchini, perejil, etc.; los rendimientos por superficie están dado por la sumatoria de los cultivos, mayores rendimientos finales y menos riego a adversidades.

Las ventajas de producción de los policultivos están a menudo asociado con el uso de una mayor proporción de luz, agua y nutriente disponible (captación mayor de recursos) o con el uso más eficaz de una determinada unidad de recursos (mayor eficacia de conversión de recursos). Estas formas de mejorar la utilización de recursos reflejan tres fenómenos: complementación en el uso de ellos, como también la facilitación entre especies y cambios en la partición de recursos.

En términos ecológicos, la complementación minimiza la superposición de nichos entre las especies asociadas y, de tal forma, disminuye al mínimo la competencia por recursos. La complementación puede considerarse como temporal cuando las mayores demandas de recursos de los cultivos se producen en períodos diferentes; espacial cuando los doseles o raíces captan recursos en diferentes zonas; fisiológica cuando existen diferencias bioquímicas entre los cultivos en cuanto a sus respuestas frente a los recursos del medio ambiente (Liebman, 1999).

Es importante mencionar que, según los efectos inhibidores o estimulantes, las asociaciones de cultivo, o policultivos, se clasifican en:

Policultivo Inhibitorio: la interacción entre los cultivos tiene un efecto negativo neto sobre todas las especies. Por ejemplo, el cultivo intercalado que involucra a la caña de azúcar. También se evaluaron relaciones negativas entre policultivos de leguminosas y especies de la familia de las liliáceas (cebolla, puerro, ajo, etc), lechuga o melón con girasol, berenjenas o tomates con pepino, e hinojo con la mayoría de las hortalizas (Salazar Navarro, 2016).

Policultivo Monopolístico: la interacción entre las especies de cultivos tiene un efecto positivo neto en una especie y un efecto negativo neto en la otra. Es decir, que una de las especie monopoliza todo el efecto positivo, mientras la otra se ve afectada negativamente. Aquí se analiza el efecto neto total, para verificar la conveniencia del sistema. Por ejemplo, el uso de cultivos de cobertura en huertos.

Policultivo Amensalístico: la interacción entre las especies de cultivos tiene un efecto negativo en una especie y ningún efecto observable en la otra. Por ejemplo: plantas anuales intercaladas entre plantas perennes.

Policultivo Comensalístico: la interacción entre las especies de cultivo tiene un efecto positivo neto sobre una especie y ninguna sobre la otra, como por ejemplo las especies aromáticas intercaladas para controlar plagas de algún cultivo: tomate-albahaca, tomate-tagete, así como otros ejemplos ya citados (Tabla n° 6).

Tabla n° 6. Policultivos comensalísticos (Salazar Navarro, 2016).

Especies asociadas	Beneficio
Cebolla /puerro/ zanahoria	La cebolla y el puerro reducen el daño por la mosca de la zanahoria (<i>Psila rosae</i>) y la zanahoria contra la mosca de la cebolla que ataca también al puerro (<i>Hylemia antiqua</i>)
Leguminosas (arvejas, habas, lentejas, garbanzos o porotos) + gramíneas (maíz, arroz o cereales).	Aprovechamiento de la fijación de nitrógeno atmosférico gracias a las leguminosas
Leguminosas /crucíferas (coles, repollos, brócolis, nabos o coliflores)	Aprovechamiento de la fijación de nitrógeno atmosférico gracias a las leguminosas
Leguminosas / umbelíferas (zanahorias, apio, perejil o comino)	Aprovechamiento de la fijación de nitrógeno atmosférico gracias a las leguminosas
Ajos / tomates	Ayuda contra el mildiu en tomates
Berenjenas, porotos / papas	Ayuda al control del escarabajo de la papa (<i>Leptinotarsa decemlineata</i>)

Propuestas de planes para la asociación de cultivos

Retomando los criterios de los cultivos en el policultivo antes descritos, podríamos clasificar a las asociaciones entre los cultivos como: **A-** Muy compatibles (o Favorables). **B-** Compatibles (o neutras). **C-** Incompatible (o desfavorable)

En Tabla n° 7 se ejemplifican las asociaciones recomendadas y las no recomendadas para establecer un esquema de asociaciones en nuestros predios.

Tabla n° 7. Asociaciones favorables y desfavorables.

Cultivo	Asociaciones Favorables	Asociaciones Desfavorables
Cebolla	Berenjena, calabacín, col, escarola, espinaca, fresa, melón, pepino, remolacha, sandía, tomate, zanahoria, manzanilla, puerro, lechuga, perejil y tomate.	Guisante, judía, papa, col, puerro.
Tomate	Zanahoria, apio, col, espinaca, cebolla, perejil, puerro.	Remolacha, arveja.
Maíz	Calabaza, guisante, haba, judía, melón, papa, pepino, sandía, tomate.	Apio, remolacha
Ajo	Zanahoria, frutilla, cebolla, puerro, tomate, pepino.	Col, (leguminosas)
Frutilla	Ajo, cebolla, espinaca, lechuga, puerro, tomillo.	Repollos
Zanahoria	Ajo, arveja, cebolla, puerro, tomate, col, rabanito.	Apio, remolacha
Pimiento	Apio, berenjena, cebolla, col, escarola, espinaca, lechuga, patata, pimiento, remolacha, tomate, zanahoria.	Papa
Papa	Berenjena, calabacín, col, haba, judía, maíz, puerro, rábano, zanahoria.	Apio, calabaza, pepino, pimiento, tomate.
Pepino	Albahaca, apio, col, espinaca, lechuga, cebolla.	Berenjena, papa, tomate.

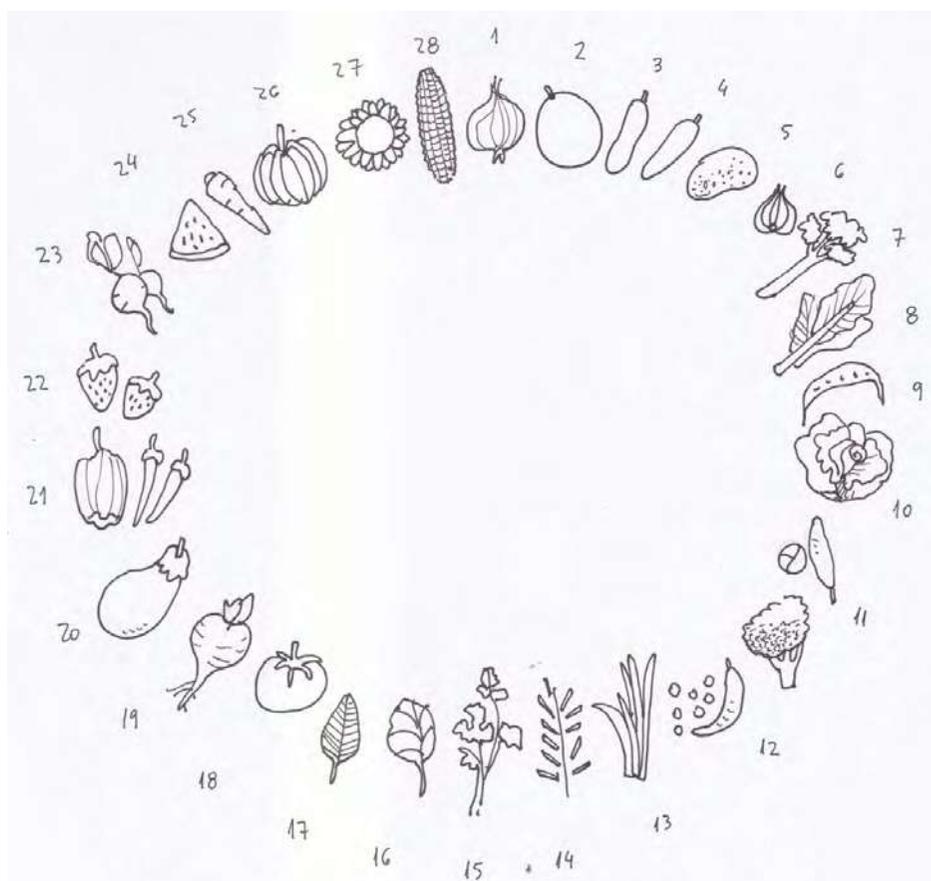


Fig. 28. Asociaciones de cultivos: 1 Cebolla, 2 Melón, 3 Calabacín, 4 Pepino, 5 Papa, 6 Ajo, 7 Apio, 8 Espinaca, 9 Frijoles, 10 Lechuga, 11 Crucíferas, 12 Arveja, 13 Cebollín o ciboulette, 14 Romero, 15 Perejil, 16 Albahaca, 17 Menta, 18 Tomate, 19 Remolacha, 20 Berenjena, 21 Pimiento, chile, 22 Fresa, 23 Rabanito, 24 Sandía, 25 Zanahoria, 26 Zapallo, 27 Girasol, 28 Maíz.

Tabla n° 8. Propuestas de planes para 28 asociaciones de cultivos (Fig. 28)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28		
Cebolla						x												x	x	x		x			x					
Melón																														
Calabacín											x															x				
Pepino						x			x	x	x	x	x										x		x					
Papa											x								x					x						
Ajo																														
Apio								x				x						x												
Espinaca							x												x											
Frijoles				x	x				x	x	x	x	x						x	x		x			x				x	
Lechuga	x			x		x			x		x	x	x						x						x					
Crucíferas																														
Arveja				x	x		x			x			x						x						x					x
Cebollín							x							x				x				x								
Romero										x																x				
Perejil	x								x																					
Albahaca				x																										
Menta											x																			
Tomate	x					x	x				x			x	x	x	x									x				
Remolacha	x									x	x	x																		
Berenjena					x	x		x																						
Pimiento chile						x							x	x																
Fresa								x																						
Rabanito		x		x	x							x														x				
Sandía																														

Beneficios de la asociación de cultivos: Entre las principales ventajas que trae consigo poner en práctica un sistema de asociación de cultivos podemos encontrar las siguientes: **A-** Promueve una mayor diversidad biológica. **B-** Al cubrir la superficie del cultivo con diversas plantas, se crea un sistema de protección para el suelo que impide la erosión. **C-** Reduce y retrasa el ataque de patógenos. **D-** Impide la formación de maleza o malas hierbas. **E-** Reduce la incidencia de plagas gracias a la acción repelente de algunas especies asociadas. **F-** Aumenta el aprovechamiento de recursos naturales presentes en el ecosistema, tales como la luz, el agua, y nutrientes. **G-** Permite al agricultor mantener un ritmo constante de producción. Todo ello gracias a un mejoramiento de la productividad por unidad de superficie.

Desventajas de la asociación de cultivos: **A-** Si las asociaciones no se realizan adecuadamente, la competencia por los recursos puede generar desequilibrios en el desarrollo y crecimiento de las plantas. **B-** Si agricultor no determina correctamente la distancia y proximidad de las plantas, la asociación puede resultar de igual modo desfavorable para alguna de las especies. **C-** La inversión en tanto a planificación y tiempo, es alta. **D-** Si alguna de las especies asociadas se encuentra enferma por algún patógeno, se corre el riesgo de contagiar el resto de los cultivos.

Otras Recomendaciones: Para elegir los cultivos que se van a asociar se deben considerar los siguientes criterios: **A-** Para que la asociación resulte favorable asegúrese de que **la velocidad de crecimiento de ambas especies sea diferente**. De este modo la competencia por los nutrientes será mucho menor. **B-** Trate de **no plantar especies de la misma familia** en la misma parcela. **C-** La asociación de cultivo influye en factores como el sombreado, afectando así el proceso de fotosíntesis. Es por ello que el agricultor debe asegurarse de evitar siempre sembrar plantas de altura con especies que crecen poco. Sin embargo, si se llegara a dar este caso, debe sembrar primero la especie de menor tamaño. Posteriormente, pasadas 2 a 3 semanas sembrar la grande, y de este modo ambas tendrán un tamaño similar al momento de la primera cosecha.

También, **D-** Recuerde que, para que la asociación se encuentre sincronizada según los requerimientos de agua, ambas deben tener necesidades similares. En este contexto, trate de evitar la asociación de cultivos con especies como la papa, espárrago, frijoles, etc. ya que estos, al estar próximos a la cosecha, requieren periodos de corte de agua para madurar. **E-** Coloque los

cultivos a una distancia prudencial, que facilite las labores de mantenimiento. **F-** Si desea asociar un cultivo que se conduce en espalderas (palos, cuerdas, etc.), debe usar aquellos de corto periodo de vida, para que se cosechen antes de que el primero empiece a crecer rápidamente y lo cubra (quedando bajo sombra).

Por otra parte, **G-** Si se quiere disminuir la incidencia de plagas o insectos, lo más recomendable es asociar las plantas susceptibles con especies que segreguen sustancias repelentes. **H-** La asociación de frutas y hortalizas con plantas aromáticas o florales puede resultar bastante útil para el control de plagas. Además de atraer insectos benéficos para el cultivo. **I-** Recuerde que las leguminosas son una buena fuente de nitrógeno y otros nutrientes que se incorporan al suelo durante su cultivo. **J-** Los chauchas y arvejas se pueden asociar con casi todas las hortalizas. Además, también aportan grandes cantidades de nitrógeno a los suelos.

Referencias bibliográficas

- Altieri M. 1999. Agroecología: Bases científicas para una agricultura sustentable. Editorial Nordan–Comunidad, Montevideo, 339 pag.
- Altieri M. A., Koohafkan P., Gimenez, E. H. 2012. Agricultura verde: Fundamentos agroecológicos para diseñar sistemas agrícolas biodiversos, resilientes y productivos. *Agroecología* 7: 7-18.
- Altieri M., Nicholls C. 2000. Agroecología: Teoría y práctica para una agricultura sustentable. 1ª edición- Serie Textos Básicos para la Formación Ambiental- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente- Red de Formación Ambiental para América Latina y el Caribe. México D.F., México.
- Azpilicueta C., Rodríguez A., Reybet G., Galará M. V., Vasquez P. A. 2016. Nematodos en cultivos hortícolas. Estación Experimental Agropecuaria Alto Valle. Agencia de Extensión Rural Cipolletti. INTA. Facultad de Ciencias Agrarias de Cipolletti. <https://inta.gob.ar/documentos/nematodos-en-cultivos-hortícolas>
- Blanco Y. 2006. La utilización de la alelopatía y sus efectos en diferentes cultivos agrícolas. *Cultivos Tropicales*. 27: 5-16.
- Denison R. F. y Kiers E. T. 2004. Why are most rhizobia beneficial to their plant hosts, rather than parasitic? *Microbes and Infection* 6 (13): 1235–1239.
- Ecured. 2018. Proyecto de enciclopedia en red del gobierno de Cuba. Ministerio de Informática y Comunicaciones. Gobierno de Cuba. En: <https://www.ecured.cu/Policultivo>. Consultado <https://www.ecured.cu/Policultivo>.
- Espinosa Cunuhay K. A. 2018. Asociación, rotación de cultivos y cultivos de franjas CONSERVA DE SUELOS. Universidad de Cotopaxi. En: <http://slideplayer.es/slide/13889865/> Consultado en febrero de 2020.

- Goites E. D. 2008. Manual de cultivos para la huerta orgánica familiar. INTA Pro Huerta. Ediciones INTA. https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-manual_de_cultivos_para_la_huerta_organica_familiar_-.pdf . Consultado en febrero de 2020.
- Gómez Betancur L. M., Márquez Girón S. M., Restrepo Betancur L. F. 2018. La milpa como alternativa de conversión agroecológica de sistemas agrícolas convencionales de frijol (*Phaseolus vulgaris*), en el municipio El Carmen de Viboral, Colombia. *IDESIA (Chile)*, 36: 123-131.
- Karlen D. L., Wollenhaupt N. C., Erbach D. C., Berry E. C., Swan J. B., Each N. S. y Jordahl J. L. 1994. Crop residue effects on soil quality following 10-years of no-till corn. *Soil Tillage Research* 31: 149-167.
- Liebman M. 1999. Sistemas de policultivos. Capítulo 9. En Altieri M. 1999. *Agroecología: Bases científicas para una agricultura sustentable*. Editorial Nordan-Comunidad, Montevideo, 191 - 202.
- Pianka E. E. 1982. *Ecología Evolutiva*, Ediciones Omega, 365 pag.
- Primavesi A. 1984. *Manejo ecológico del suelo*. Ed. El Ateneo. Buenos Aires. 449 p
- Pro Huerta. Manual de Huerta Orgánica. Pro Huerta. Planificador Hortícola. En: https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/planifica_tu_huerta.pdf
- Salazar Navarro J. M. 2016. Aprovechamiento de recursos y manejo de suelo ecológico. AGAU0108 - Agricultura Ecológica. I C Editorial. Málaga.
- Sarandón S. y Labrador Moreno J. 2002. El uso de policultivos en una agricultura sustentable. En: Sarandon (ed) *Agroecología. El camino hacia una agricultura sustentable*. Ediciones científicas Americanas. La Plata.
- Sarandón S. J. y Flores C. C. 2014. *Agroecología: bases teóricas para el diseño y manejo de agroecosistemas*. Ed Universidad Nacional de La Plata. La Plata.
- Suárez Díaz E. 2005. Reduccionismo y biología en la era postgenómica. *Ciencias*, Universidad Nacional Autónoma de México, México, pp. 54-64
- Vandermeer J. 1989. *The ecology of intercropping*. Cambridge University Press. Cambridge, New York, 237 pp.
- Vasquez, D. Kolmas, E. (1999). *Manual de Agricultura ecológica*. <http://innovacion.gob.sv/inventa/attachments/article/2188/14592.pdf>
- Vazquez Moreno L. 2011. *Manual para la Adopción del Manejo Agroecológico de Plagas en Fincas de la Agricultura Suburbana*. Vol I, 279 p. Ed INISAV.
- Vázquez Moreno L., Matienzo Brito Y., Alfonso Simonetti J., Veití Rubio M., Paredes Rodríguez E. y Fernández González E. 2012. Contribución al diseño agroecológico de sistemas de producción urbanos y suburbanos para favorecer procesos ecológicos. INISAV. <https://www.researchgate.net/publication/265905305> Consultado en febrero de 2020.

Capítulo 6.

Evaluación de Sistemas del Cinturón Verde mediante Indicadores de Sustentabilidad (Mesmis)

Luciano Locati

Evaluación de sistemas de indicadores de sustentabilidad

Los sistemas productivos sustentables buscan realizar el potencial multifuncional de los recursos que los sostienen, esto es, brindar oportunidades ambientales, sociales y económicas para las generaciones presentes y futuras. El viejo paradigma de maximizar rendimientos y retornos económicos debe dar paso al objetivo de balancear y optimizar la productividad con la equidad social, la viabilidad económica y la conservación de los recursos naturales (Masera et al., 2000). Por lo tanto, cualquier intento dirigido a evaluar la sustentabilidad de los sistemas de manejo de recursos naturales debe combinar medidas de estabilidad productiva con medidas de aceptación sociocultural, protección del ambiente y mejora económica. La evolución de la transición agroecológica puede ser monitoreada por un conjunto de indicadores de sustentabilidad que estiman la calidad del suelo y la salud del cultivo, entre otros (Altieri y Nicholls, 2007).

El **MESMIS** es un marco metodológico novedoso que captura la complejidad del manejo de recursos naturales. Permite derivar indicadores que, reflejen el comportamiento de los aspectos más relevantes de un sistema de manejo y muestren las tendencias del sistema para alcanzar los diferentes objetivos de los sistemas sustentables, es decir: A- Que mantengan o mejoren la productividad y reduzcan los riesgos. B- Que aumenten los servicios ecológicos y socioeconómicos. C- Que protejan la base de recursos y prevengan la degradación de suelos, agua y agrobiodiversidad. D- Que sean viables económicamente. E- Que sean socialmente aceptables y culturalmente compatibles.

Al aplicar esta metodología, se podrán monitorear los cambios en la calidad de los recursos y la eficiencia en el uso de estos y de los insumos, así como analizar cada indicador de sustentabilidad en relación a una matriz más amplia que los integra para sus análisis. Uno de los aspectos más importantes del MESMIS es que, a partir de una evaluación comparativa del estado actual de un agrosistema, permite proponer modificaciones para optimizar el estado de cada componente o factor clave, mediante distintas alternativas de manejo agroecológicas. El MESMIS proporciona una metodología clara y efectiva para que los productores y las organizaciones que trabajan en el desarrollo agropecuario y forestal puedan evaluar el estado de un sistema de manejo en forma integral y sistémica, monitoreando el impacto de las diferentes intervenciones, con el fin de proponer cambios para mejorarlo (Masera et al., 2000).

Se aplicó la “Metodología para la evaluación de sustentabilidad mediante el uso de indicadores” (MESMIS) ya que la misma permite un enfoque participativo (plural e interdisciplinario), sistémico, multiescalar y multicriterio, realiza una validación mediante estudios de caso, aporta elementos concluyentes para mejorar los sistemas de manejo e involucra análisis y retroalimentación para mejorar las posibilidades de éxito de las propuestas de manejo. Además la misma tiene una estructura flexible para adaptarse a distintos niveles de información y capacidades técnicas.

Propósito del MESMIS

El MESMIS como herramienta metodológica (Masera et al., 2000):

- A. Ayuda a evaluar la sustentabilidad de sistemas de manejo de recursos naturales, con énfasis en el contexto de los productores campesinos y en el ámbito local, desde la parcela hasta la comunidad.
- B. Brinda una reflexión crítica destinada a mejorar las posibilidades de éxito de las propuestas de sistemas de manejo alternativos y de los propios proyectos involucrados en la evaluación. El MESMIS se propone como un proceso de análisis y retroalimentación. Se busca evitar que el análisis proporcione simplemente una calificación de los sistemas de manejo en escalas de sustentabilidad.
- C. Busca entender de manera integral las limitantes y posibilidades para la sustentabilidad de los sistemas de manejo que surgen de la intersección de procesos ambientales con el ámbito social y económico.
- D. Evalúa la sustentabilidad comparativa de los sistemas de manejo, ya sea mediante la confrontación de uno o más sistemas alternativos con un sistema de referencia o bien mediante la observación de los cambios de las propiedades de un sistema de manejo particular a lo largo del tiempo.
- E. Presenta una estructura flexible para adaptarse a diferentes niveles de información y capacidades técnicas disponibles localmente. Asimismo, propone un proceso de evaluación participativo que enfatiza dinámicas de grupo y una retroalimentación continua del equipo evaluador.
- F. Constituye una herramienta en desarrollo. La experiencia de su aplicación permitirá mejorar el modelo. En este sentido, debe entenderse al MESMIS como un método para organizar (más no agotar) la discu-

sión sobre sustentabilidad y la forma de hacer operativo el concepto.

Se pretende que esta metodología no sea un instrumento meramente calificador de opciones, sino que sirva como punto de apoyo para hacer operativo el concepto de sustentabilidad en la búsqueda de un desarrollo social más equitativo y ambientalmente sano de las comunidades rurales. Para lograr esta meta, el MESMIS propone una **estructura cíclica**, adaptada a diferentes niveles de información y capacidades técnicas. Tiene una orientación práctica y se basa en un **enfoque participativo** mediante el cual se promueve la discusión y retroalimentación de evaluadores y evaluados. Intenta además brindar una **visión interdisciplinaria** que permita entender de manera integral las limitantes y posibilidades para la sustentabilidad de los sistemas de manejo que surgen de la intersección de procesos ambientales con el ámbito social y económico.

La evaluación de sustentabilidad es de **carácter comparativo**, es decir, se basa en el análisis simultáneo del sistema de manejo de referencia y de un sistema alternativo o en el análisis de un mismo sistema a lo largo del tiempo. Este procedimiento permite: (a) examinar en qué medida los sistemas alternativos son efectivamente más sustentables, (b) identificar los **puntos críticos** para la sustentabilidad, con el fin de impulsar cambios. Esto último, combinado con la estructura cíclica propuesta, convierte al proceso de evaluación en una valiosa herramienta de planeación, ya que sienta las bases para diseñar, implementar y evaluar de forma dinámica estrategias que tiendan a mejorar las características socioambientales de los sistemas de manejo, así como para afinar la metodología utilizada para la evaluación.

Atributos sistémicos de la agricultura sustentable

Con el fin de establecer una definición operativa del concepto de sustentabilidad, se requiere identificar una serie de propiedades o atributos generales de los agroecosistemas sustentables (Maserá *et al.*, 2000). Estos atributos servirán de guía para el análisis de los aspectos relevantes del sistema y para derivar indicadores de sustentabilidad durante el proceso de evaluación.

Se pueden identificar cuatro propiedades básicas que debe poseer un agroecosistema agroecológico: **productividad, estabilidad, sustentabilidad y equidad** (Conway y Barbier, 1990 y 1994 en Maserá *et al.*, 2000). El conjunto de atributos señalado trata de considerar los aspectos básicos que debe cumplir un sistema de manejo de recursos naturales con el fin de ser sustentable. Sobre

esta base y tomando en cuenta los atributos identificados por otros autores, en el MESMIS se proponen siete atributos básicos de sustentabilidad (Tabla n° 1) (Massera *et al.*, 2000):

Productividad. Es la capacidad del agroecosistema para brindar el nivel requerido de bienes y servicios. Representa el valor del atributo (rendimientos, ganancias, etc.) en un periodo de tiempo determinado. Por ejemplo, se puede medir como el valor del atributo deseado en el año de estudio o como un promedio en cierto intervalo de tiempo.

Estabilidad. Con este término nos referimos a la propiedad del sistema de tener un estado de equilibrio dinámico estable. En otras palabras, implica que sea posible mantener los beneficios proporcionados por el sistema en un nivel no decreciente a lo largo del tiempo, bajo condiciones promedio o normales. Normalmente se asocia con la noción de constancia de la producción (o beneficios), aunque, estrictamente hablando, una producción constante a lo largo del tiempo es sólo un caso particular de un sistema en estado de equilibrio dinámico.

Resiliencia. Es la capacidad del sistema de retornar al estado de equilibrio o mantener el potencial productivo después de sufrir perturbaciones graves. Por ejemplo, después de un evento catastrófico como una granizada, un incendio o la caída drástica del precio de uno de los productos fundamentales del agroecosistema.

Confiabilidad. Se refiere a la capacidad del sistema de mantener su productividad o beneficios deseados en niveles cercanos al equilibrio, ante perturbaciones normales del ambiente.

Adaptabilidad (o flexibilidad). Es la capacidad del sistema de encontrar nuevos niveles de equilibrio, es decir, de continuar siendo productivo o, de modo más general, brindando beneficios, ante cambios de largo plazo en el ambiente (p. ej., nuevas condiciones económicas o biofísicas). Bajo adaptabilidad incluimos también la capacidad de búsqueda activa de nuevos niveles o estrategias de producción (es decir, la capacidad de generación de nuevas opciones tecnológicas o institucionales para mejorar la situación existente). En otras palabras, el concepto de adaptabilidad incluye desde aspectos relacionados con la diversificación de actividades u opciones tecnológicas hasta procesos de organización social, de formación de recursos humanos y de aprendizaje.

Equidad. Es la capacidad del sistema para distribuir de manera justa, tanto intra como intergeneracionalmente, los beneficios y costos relacionados con el manejo de los recursos naturales.

Finalmente, incluimos la **autodependencia** (o autogestión, en términos sociales). Es la capacidad del sistema de regular y controlar sus interacciones con el exterior. Se incluye aquí los procesos de organización y los mecanismos del sistema socioambiental para definir endógenamente sus propios objetivos, sus prioridades, su identidad y sus valores. La Tabla n° 1 resume los atributos centrales de los agroecosistemas sustentables y ejemplifica los criterios de diagnóstico usuales que se asocian con cada uno de ellos (Masera *et al.*, 2000).

Tabla n° 1. Relación entre los atributos de los sistemas de manejo sustentables y los criterios de diagnóstico (Masera *et al.*, 2000)

Atributo	Criterios de diagnóstico usuales
Productividad	Eficiencia Retornos promedios obtenidos (por ej. rendimientos). Disponibilidad de recursos
Estabilidad, confiabilidad y resiliencia	Renovabilidad del uso de los recursos Diversidad biológica y económica del sistema Relación entre los ingresos del sistema y los costos de oportunidad Mecanismos de distribución del riesgo (seguros, economía moral)
Adaptabilidad	Rango de opciones teórica y económicamente disponibles. Capacidad de cambio e innovación Fortalecimiento de los procesos de aprendizajes y capacitación
Equidad	Distribución de costos y objetivos entre participantes / grupo objetivo Democratización del proceso de toma de decisiones Evolución de los empleos generales
Autodependencia (autogestión)	Participación Dependencia de insumos y factores externos Organización Control sobre el sistema y la toma de decisiones (económico, política)

Estructura operativa del Mesmis

Para dar concreción a los atributos generales, se definen una serie de **puntos críticos** para la sustentabilidad del sistema de manejo que se relacionan con tres áreas de evaluación (**ambiental, social y económica**).

En cada área de evaluación se definen **criterios de diagnóstico e indicadores**. Este mecanismo asegura una relación clara entre los indicadores y los atributos de sustentabilidad del agroecosistema (Fig. 1).

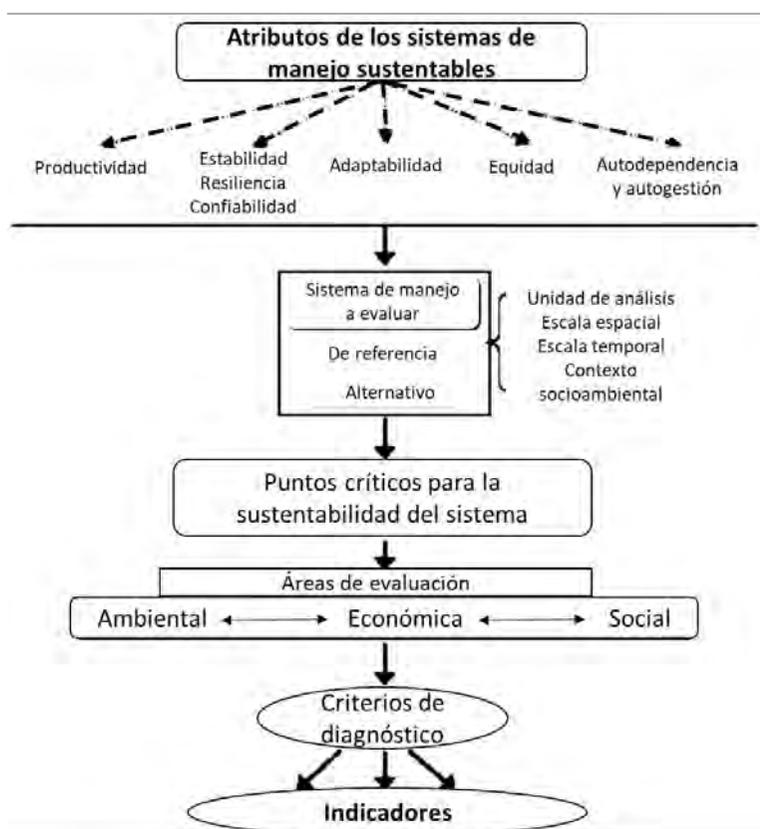


Fig. 1. Esquema general del Mesmis: relación entre los atributos y los indicadores (Masera *et al.*, 2000; López –Ridaura *et al.*, 2002).

La información obtenida mediante los diferentes indicadores se integra finalmente utilizando técnicas de análisis multicriterio, con el fin de emitir un juicio de valor sobre los sistemas de manejo y brindar sugerencias para mejorar su perfil socioambiental. Para aplicar la metodología, se propone un **ciclo de evaluación** que comprende una serie de pasos (Fig. 2).

1. Paso 1. Determinación del **objeto** de la evaluación. En este paso se definen los sistemas de manejo que se han de evaluar, sus características y el contexto socioambiental en donde se desarrolla. La caracterización de los sistemas debe considerar e incluir una descripción clara de:
 - A. Componentes** biofísicos del sistema (clima, suelo, vegetación original, características fisiográficas).
 - B. Insumos** requeridos y extraídos del sistema (entradas y salidas), así como otras posibles interacciones con el exterior. La herramienta usada es un diagrama con descripción cualitativa de entradas y salidas del sistema, relaciones entre sus diferentes componentes y procesos (Por ejemplo: flujo de energía y ciclo de nutrientes).
 - C. Prácticas** (técnicas/tecnologías) que involucra cada sistema (especies relevantes y variedades: cultivos, silvicultura y ganadería, organización cronológica y espacial como cronograma de cultivos, frecuencias, secuencia y diseño (monocultivo, policultivo), tipo y cronograma de prácticas de manejo, tecnologías empleadas, manejo del suelo, preparación y tipo de fertilizantes aplicados, manejo de plagas, malezas y enfermedades, manejo integrado de plagas, control biológico, prácticas culturales, subsistemas agrícolas como rotación de cultivos anuales, policultivos, etc.
 - D. Características socioeconómicas** de los productores y hogares, objetivo de la producción, escala de producción, tipo de unidad productiva (familiar, empresa, mixta), cantidad de participantes en la unidad productiva bajo análisis, características de la organización productiva, incluir tipo de organización (comunitaria, asociación civil, cooperativa, empresarial, etc.), niveles organizativos.
 - E. Interacciones** existentes entre los sistemas y subsistemas (pecuario, agrícola, granja, forestal, sociocultural, familia, etc.).evaluación.
2. Paso 2. Determinación de los **puntos críticos** que pueden incidir en la sustentabilidad de los sistemas de manejo que se van a evaluar. En esta etapa de la evaluación se determinarán los puntos críticos, que son las **fortalezas** y **debilidades**. Se debe identificar: **A-** Cuáles son los aspectos o procesos que limitan (hacen vulnerable, presentan problemas). **B-** Cuáles fortalecen (o donde es más robusta) su capacidad para sostenerse en el tiempo. **C-** Cabe preguntarse: ¿cuáles son los factores o procesos ambientales, productivos, sociales y económicos que, de modo individual o combinados pueden tener un efecto negativo o

positivo en los criterios de diagnóstico como rentabilidad, eficiencia, conservación de recursos de los sistemas de manejo?

3. Paso 3. **Selección de indicadores.** Aquí se determinan los criterios de diagnóstico y se derivan los indicadores estratégicos para llevar a cabo la evaluación. En función de las **fortalezas y debilidades** detectadas se deberá identificar los diferentes criterios de diagnóstico e indicadores estratégicos que permitirán evaluar el grado de sustentabilidad de los sistemas de manejo propuestos. Los indicadores son particulares a los procesos de los que forman parte, no existe una lista de indicadores universales, sino que los mismos se elaboran y seleccionan según las características específicas del problema bajo estudio, de la escala del proyecto, del tipo de acceso y la disponibilidad de datos.

Los indicadores no son “genéricos”, son particulares del proceso del que forman parte. El indicador más adecuado a un sistema dependerá de las características particulares del mismo. Son variables que describen o dan información confiable de un proceso específico (ambiental, social o económico) de un sistema de manejo. Permiten monitorear los sistemas de manejo. Son herramientas para: (1) reducir la complejidad de la descripción de los sistemas e (2) integrar la información compleja de los sistemas.

Características deseables de los indicadores: - Ser sensibles a un amplio rango de condiciones y a los cambios en el tiempo. - Presentar poca variabilidad natural durante el período de muestreo. - Tener habilidad predictiva. - Ser directos: a mayor valor más sustentables. - Ser expresados en unidades equivalentes mediante transformaciones apropiadas en escalas cualitativas. - Ser de fácil recolección y uso y confiables. - No ser sesgados (independencia del observador o recolector). - Ser sencillos de interpretar (no ambiguos). - Brindar la posibilidad de determinar valores umbrales. - Ser robustos e integradores (brindar y sintetizar buena información). - De características universales pero adaptados al caso de estudio en particular.

4. Paso 4. **Medición y monitoreo** de los indicadores. Este paso incluye el diseño de los instrumentos de análisis y la obtención de la información deseada. A- Se debe determinar el procedimiento que se utilizará para su medición y monitoreo. B- Una vez que ya se seleccionaron los indicadores y se poseen resultados para los indicadores, los mismos deben ser en principio estandarizados:
 - A. Construcción de **escalas**: construir escalas sencillas, por ejemplo de 5 categorías, donde al escenario menos favorable se le asigna el menor valor y al más favorable el máximo.
 - B. Determinación de **nivel de desempeño**: la determinación del ín-

dice Nivel de Desempeño permite estandarizar los indicadores a través de valores de referencia. Será necesario elaborar un juicio de valor sobre lo que consideramos o no adecuado.

5. Paso 5. Presentación e integración de **resultados**. Aquí se compara la sustentabilidad de los sistemas de manejo analizados y se indican los principales obstáculos para la sustentabilidad, así como los aspectos que más la favorecen. La integración de los indicadores es un paso fundamental a fin de no quedarse en una simple lista de indicadores difícil de interpretar. Esto constituye un aspecto crítico en cualquier evaluación de sustentabilidad. Pueden utilizarse para ello:
 - A. **Índices:** éste método simplifica el resultado a un único valor pero al hacerlo puede perderse gran cantidad de información.
 - B. **Representaciones gráficas:** Los métodos gráficos permiten mostrar el nivel de desempeño de cada indicador por separado, pero a la vez tratan de mantener un análisis integral. Permiten visualizar con facilidad el nivel de desempeño de cada indicador en particular lo que favorecerá la toma de decisiones sobre cuáles indicadores resulta prioritario mejorar y las prácticas de manejo a adoptar para mejorar su nivel de desempeño.

El principal reto metodológico que se enfrenta en este paso es que se trabaja con una serie de indicadores que condensan información de tipo muy variado y por lo tanto difícilmente agregable. Por estos motivos es prácticamente indispensable trabajar con métodos multicriterio.

Para poder integrar y sintetizar adecuadamente la información obtenida en el monitoreo de indicadores, es conveniente cubrir cinco aspectos:

1. Reunir los resultados obtenidos por indicador y sistema en una sola tabla o matriz, utilizando las unidades originales de cada indicador.
2. Determinar umbrales o valores de referencia para cada indicador.
3. Construir índices por indicador a partir de los valores de referencia o umbrales. Estos índices pueden partir de información de base tanto cualitativa (por ejemplo, alto, medio o bajo) como cuantitativa.
4. Presentar los resultados de manera conjunta, ya sea en forma de gráficas o tablas, utilizando técnicas de análisis multicriterio. Genéricamente podríamos decir que existen tres tipos de enfoques para la presentación e integración de resultados: (a) técnicas cuantitativas; (b) técnicas cualitativas, y (c) técnicas gráficas (gráficos de araña o ameba gráficos 3,4, y 5) o mixtas.
5. Examinar las relaciones incluyendo los efectos de retroalimentación positivos o negativos entre indicadores.

En general, las relaciones entre indicadores pueden ser bastante complejas, ya sea sinérgicas (cuando la mejora de un indicador ayuda a mejorar otro), de competencia (cuando la mejora de un indicador implica el empeoramiento de otro, también conocidas como *trade-offs* en inglés), o mixtas (por ejemplo, cuando para ciertos niveles de los indicadores los atributos se refuerzan, mientras que para otros niveles compiten).

Existe un ejemplo en la literatura donde aplican las técnicas mencionadas para la evaluación de sistemas de producción. Así, en la comparación de dos sistemas de producción de maíz en Michoacán, México, se utilizó un diagrama tipo ameba, consideraron los siguientes indicadores: el rendimiento de grano, la disponibilidad de rastrojo, la adaptabilidad del sistema, la autosuficiencia alimentaria, el nivel de erosión, la diversidad de especies, la innovación tecnológica, la tolerancia a cambios del entorno socio-ambiental, la participación de los productores en los talleres e independencia de insumos externos (Masera *et al.*, 2000).

Otro ejemplo, en comparaciones con indicadores de sustentabilidad ambientales, sociales, productivos y económicos, se consideró por ejemplo dos sistemas productivos, un sistema de referencia y otro alternativo. Así, con este objetivo se utilizaron las variables que destacan resiliencia, adaptabilidad, equidad y autogestión: número de especies y variedades presentes y cobertura del suelo como medidas de la resiliencia; la relación beneficio / costo y el rendimiento como medidas de la productividad; cantidad de trabajadores capacitados y potencial de implementar innovaciones en el caso de adaptabilidad; participación de los trabajadores en la toma de decisiones y participación de productores en ganancias para Equidad; las variables que pusieron en relieve la autogestión fueron manejo de registros, e índice de dependencia de insumos externos (Masera *et al.*, 2000).

En el caso de comparaciones entre en un sistema orgánico (4 años) y en transición (1 año) de producción de café en Costa Rica (Altieri y Nicholls, 2007) los indicadores de sustentabilidad que se utilizaron en los dos sistemas estuvieron relacionados con el suelo y fueron: estructura y textura del suelo, compactación e infiltración, profundidad del suelo, estado de residuos orgánicos; color, olor y materia orgánica; retención de humedad, desarrollo de raíces, cobertura del suelo, erosión, y actividad biológica.

6. Paso 6. **Conclusiones y recomendaciones.** Por último, en este paso se hace una síntesis del análisis y se proponen sugerencias para fortalecer la sustentabilidad de los sistemas de manejo, así como para mejorar el proceso mismo de evaluación. En esta instancia se cierra el primer ciclo de evaluación. Es el momento en el que se deben elaborar las conclusiones sobre los resultados del análisis, para ello el equipo evaluador deberá desarrollar:

- A. Una valoración de cómo se compara el sistema de referencia con el alternativo en cuanto a la sustentabilidad. Por ejemplo: “el sistema aparece como más sustentable en ciertos indicadores pero como más problemático en otros”.
- B. Una discusión. En esta instancia también deberá realizarse un esfuerzo por implementar técnicas participativas entre todos los involucrados en el proceso de evaluación (técnicos, productores, investigadores, etc.).
- C. Las conclusiones a las cuales se haya arribado sobre la sustentabilidad del sistema de manejo deberán permitirnos decidir cuáles serán los aspectos prioritarios sobre los cuales diseñar estrategias alternativas que mejoren e innoven el sistema de manejo durante el próximo ciclo de evaluación

Estructura operativa del Mesmis

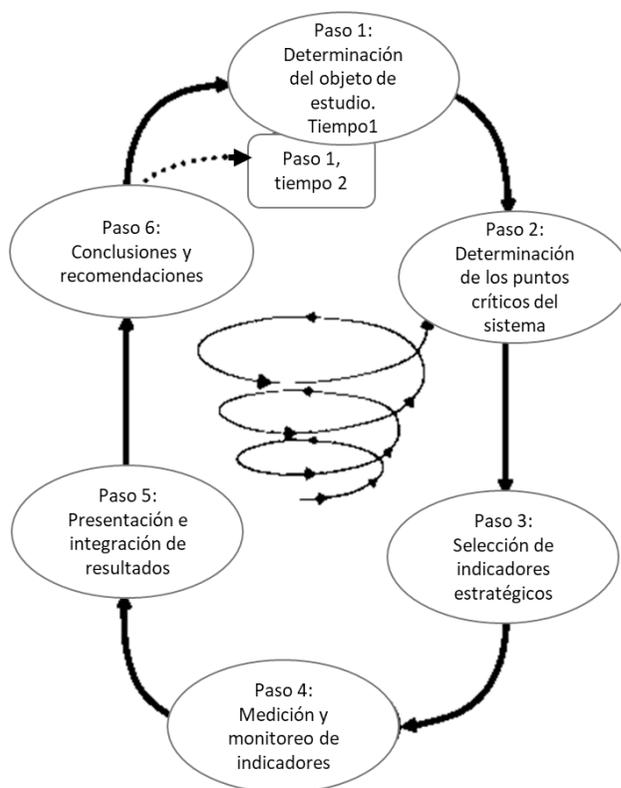


Fig. 2. Pasos en el ciclo de evaluación del marco MESMIS (Masera et al., 2000; López-Ridaura *et al.*, 2002).

DIAGNÓSTICO A TRAVÉS DE INDICADORES DE SUSTENTABILIDAD EN SISTEMAS HORTÍCOLAS DEL CINTURÓN VERDE DE CÓRDOBA

El Equipo de Ordenamiento Territorial de la UNC-ISEA en conjunto con el Movimiento de Agricultoras y Agricultores Urbanos de Córdoba (MAUC), desarrollaron durante el período 2016 - 2018 un proyecto de extensión universitaria denominado “*Construcción e implementación participativa de diseños agroecológicos con productores de hortalizas del Cinturón Verde de Córdoba*” (Barchuk *et al.*, 2016), el proyecto fue avalado y financiado por la Secretaría de Extensión Universitaria de la Universidad Nacional de Córdoba. Se trabaja integradamente con el MAUC ya que es una organización social que realiza emprendimientos productivos fruti-hortícolas en el Cinturón Verde de Córdoba con experimentación agroecológica y las difunde en el territorio. Los destinatarios fueron las familias productoras de hortalizas que están aplicando el proceso de transición agroecológica, primero a través de prácticas y luego el rediseño agroecológico, dispuestas a trabajar en talleres-encuentros participativos.

En el equipo existe una visión de trabajo a gran escala ya que se basa en que los modelos de producción agroecológica deben estar conectados con corredores biológicos que permitan mantener la diversidad productiva, la integración de las unidades productivas con las unidades paisajísticas como relictos de bosques, arboledas, espejos de agua, entre otros; atenuar los efectos climáticos adversos y los nuevos escenarios de cambio climático. También, reconoce a beneficiarios indirectos, todas las familias que viven en la periferia de la ciudad y que, en la mayoría de los casos están afectados por la agricultura contaminante. Así es que también el objetivo del proyecto fue el desarrollo de una alternativa productiva para el Cinturón Verde de Córdoba, debido a que la zona está limitada en el uso de agroquímicos según la Ley Provincial (Ley de Productos Químicos o Biológicos de uso agropecuario n° 9164, artículo 58°), y por la Ley Provincial N° 9841 de Regulación de los usos del suelo en la región metropolitana de Córdoba. También, responder a la demanda creciente de conocimientos y prácticas agroecológicas sobre el manejo agroecológico

por parte de los agricultores y contribuir a la recuperación de los conocimientos de la agricultura tradicional.

Se aplicó la “Metodología para la evaluación de sustentabilidad mediante el uso de indicadores” (MESMIS) ya que la misma tiene un enfoque participativo, sistémico, multiescalar y multicriterio. Dicha metodología flexible se utilizó en los talleres realizados con los objetivos: - Definir y describir los sistemas que serán evaluados como punto de partida para la posterior evaluación en estudios longitudinales donde se harán comparaciones multitemporales para ver el efecto de las prácticas realizadas. - Determinar las fortalezas y debilidades de los sistemas de manejo e identificar cuáles son los puntos críticos en general para un análisis. – Seleccionar los criterios de diagnóstico e indicadores estratégicos y su medición mediante discusión de expertos y técnicos del equipo. – Integrar y presentar los resultados (Astier *et al*, 2008).

Se establecen valores de referencia para cada indicador. Para cada atributo de sostenibilidad, los indicadores fueron ponderados para reflejar la diferente importancia que tienen en la explicación de la sostenibilidad del sistema. Los valores se transformaron en una escala de valor de 0 (peor) a 10 (mejor). Estos valores y sus pesos se utilizan para el cálculo de los atributos de sostenibilidad. Posteriormente los indicadores son agrupados dentro de Luego, los valores obtenidos por cada sistema de producción estudiado y para cada pilar de la sostenibilidad, son utilizados para proponer las mejoras de cada sistema de producción (Sarandón *et al*, 2002). Este también es el momento de reflexionar sobre el propio proceso de evaluación, y de plantear estrategias y recomendaciones que permitirán iniciar un nuevo ciclo de evaluación de los sistemas de manejo en un estado cualitativamente diferente. En este punto también se hicieron en forma participativa la evaluación crítica de los indicadores seleccionados para su ajuste y corrección.

Relevamiento de información para Indicadores Económicos y Sociales en agroecosistemas hortícolas

En el diagnóstico se plantearon los siguientes objetivos: - Analizar la sustentabilidad agroecológica de un sistema de producción hortícola a escala de predio. - Analizar la biodiversidad funcional en relación a la “salud” del suelo y el cultivo como agroecosistema.

Aquí presentamos la información obtenida organizada de la siguiente manera:

- Planillas del relevamiento diagnóstico: Indicadores Económicos y Sociales (Tabla n° 2); Salud de suelo (Tabla n° 3); Salud del cultivo (Tabla n° 4) e Indicadores de actividad de insectos (Tablas n° 5-7).
- Integración de resultados mediante la construcción de gráficos tipo arañas o amebas característicos de la metodología Mesmis (Tablas n° 8, 9 y 10).

En una primera instancia, a partir del diálogo con el/la productor/a acerca de las actividades que se desarrollan en el establecimiento y las características ecológicas del mismo, se obtendrán los primeros datos para poder realizar una caracterización económico-social del sistema productivo (Tabla n° 2).

Tabla n° 2. Indicadores Económicos y Sociales (Modificado de Sarandón et al., 2006).

Indicadores Económicos		
Indicador	Descripción de escala	Cuantificación vista a campo
Autosuficiencia alimentaria [Es un indicador compuesto, para obtener su ponderación: (Diversificación de la producción + superficie de producción + autoconsumo) /3]		
Diversificación de la producción.	<ul style="list-style-type: none"> - No alcanza a satisfacer el nivel nutricional de la familia: menos de dos productos (1) - Alcanza medianamente a satisfacer el nivel nutricional de la familia: de 5 a 3 productos (5) - Satisface el nivel nutricional de la familia: más de 6 productos (10) 	
Superficie de producción de autoconsumo.	<ul style="list-style-type: none"> - La superficie destinada a la producción de alimentos para el autoconsumo no es adecuada con relación a los integrantes del grupo familiar $\leq 0,1$ has. (1). - La superficie destinada a la producción de alimentos para el autoconsumo es parcialmente adecuada con relación a los integrantes del grupo familiar 1 a 0,5 Has. (5). - La superficie destinada a la producción de alimentos para el autoconsumo es adecuada con relación a los integrantes del grupo familiar más de 1 Ha. (10). 	

Autoconsumo	Solo especies vegetales, bajo número y poca variedad nutricional (1) Más de tres especies vegetales para autoconsumo, con o sin incorporación de animales (5) Más de cinco especies vegetales y animales para autoconsumo (10)	
Riesgo económico [Es un indicador compuesto, para obtener su ponderación: (Diversificación para la venta + Número de vías de comercialización + Dependencia de insumos externos) /3]		
Diversificación para la venta.	- No puede comercializar más de 1 producto, y si sufriera alguna pérdida o daño del mismo, no podría compensarlo (1) - Puede comercializar más de 1 producto, 2 a 3 productos (5) - Puede comercializar más de 1 producto, más de 3 productos (10)	
Número de vías de comercialización	- Un solo canal de comercialización (1) - Dos a tres canales de comercialización (5) - Más de tres canales de comercialización (10)	
Dependencia de insumos externos.	- Depende de entre el 80 al 100% de insumos externos (1). - Depende de entre el 40 al 60% de insumos externos (5). - Depende de entre el 0 al 20% de insumos externos (10).	
Ingreso neto mensual	- Ingresos que no le permiten cubrir los costos (1) -Ingresos que cubren los costos pero no permiten hacer una reinversión en el sistema (5) - Ingresos que cubren costos y permiten reinvertir en el sistema todos los años (10)	

Indicadores Sociales		
Indicador	Descripción de escala	Valoración
Satisfacción de las necesidades básicas [Es un indicador compuesto para obtener su ponderación: (Vivienda + Acceso a la educación + Acceso a salud y cobertura sanitaria + servicios)/4]		
Vivienda	<ul style="list-style-type: none"> - Sin terminar, deteriorada, piso de tierra (1) - De material sin terminar (5) - De material terminada (10) 	
Acceso a la educación	<ul style="list-style-type: none"> - Sin acceso a la educación (1) - Acceso a escuela o primaria (5) - Acceso a educación superior y/ o cursos de capacitación (10) 	
Acceso a salud y cobertura sanitaria	<ul style="list-style-type: none"> - Sin centro sanitario (1) - Centro sanitario mal equipado y sin personal idóneo o sin (5) - Centro sanitario con médicos permanentes e infraestructura adecuada (10) 	
Servicios	<ul style="list-style-type: none"> - Sin luz y sin fuente de agua potable cercana (1) - Instalación de luz y agua de pozo (5) - Instalación completa de agua potable y luz (10) 	
Aceptabilidad del sistema de producción	<ul style="list-style-type: none"> - Está desilusionado con la vida que lleva, no lo haría más. Está esperando que se le presente una oportunidad para dejar la producción (1) - Está contento, pero antes le iba mucho mejor o no está del todo satisfecho. Se queda porque es lo único que sabe hacer (5) - Está muy contento con lo que hace. No haría otra actividad aunque ésta le reporte más ingresos (10) 	

Integración social (Se evaluó la relación con otros miembros de la comunidad)	<ul style="list-style-type: none"> - No se relaciona. (1) - Media. Se vincula con vecinos, realiza eventualmente intercambios, encuentros, préstamos de maquinaria, etc. No está asociado con otros productores. Se relaciona con instituciones como INTA, SAF u otras. (5) - Alta. Se vincula con otros productores en organizaciones de diferente tipo (cooperativa, movimiento, grupo, etc.), participa de ferias y espacios con la comunidad. Se vincula con instituciones como INTA, SAF, Etc. 	
Régimen de tenencia de la tierra	<ul style="list-style-type: none"> -Arrendamiento o comodato sin contrato (1) -Arrendamiento o comodato con contrato (5) -Propio (10) 	
Disponibilidad de agua para riego [Es un indicador compuesto, para obtener su ponderación: (Cantidad + calidad)/2]		
Cantidad	<ul style="list-style-type: none"> Accede al agua a través de un consorcio y riega según turno , o riega con agua de red (1) Accede al agua por consorcio, y tiene puede almacenar el agua del turno en un reservorio (ej.: represa) (5) Cuenta con una perforación y accede al agua según la necesidad (10) 	
Calidad	<ul style="list-style-type: none"> -El agua es salina o tiene contaminación (biológica u otras) (1) -El agua posee contaminación variable y de bajo grado, y no es salina (5) -El agua no es salina ni posee contaminantes (10) 	

Relevamiento de información para la determinación del estado o “Salud del suelo”

Aunque ya nos hemos referido al tema suelos en el Capítulo 4 de este libro, ahora presentaremos algunas técnicas para realizar un diagnóstico y presentaremos un texto explicativo introductorio al tema de indicadores de salud del suelo (Tabla n° 3)

Nos vamos a ocupar de pensar el **suelo y su importancia como pilar fundamental de la agricultura**. Primero tenemos que preguntarnos *a qué nos referimos cuando hablamos de suelo?* Podemos decir que es la parte superficial de la tierra que sostiene la vida y como tal, es la base del desarrollo y salud de plantas y animales, incluidos los seres humanos. Estamos errados cuando lo visualizamos como un material inerte que provee simplemente elementos minerales (nutrientes) a las plantas y les da un soporte físico a sus raíces. Un suelo saludable es un sistema complejo que está vivo y en continua transformación.

En esa delgada capa, encontramos numerosos **componentes que interactúan** y se pueden agrupar en lo que muchos llaman las tres M (**Minerales, Materia orgánica y Microorganismos**), **agua y aire** (Fig. 3).

Minerales: La fracción mineral del suelo es muy abundante (45%) y está formada por numerosas partículas de diferentes tamaños, desde la roca madre u originaria, gravas hasta polvo de rocas (arena, limo y arcillas). Son ejemplos de nutrientes minerales contenidos en estas partículas: hierro, manganeso, calcio, cobre, cobalto, azufre, fósforo, sodio, potasio, y muchos más.

Materia orgánica: restos de seres vivos (mantillo o broza, rastrojo, guano, animales muertos, etc) que quedan en la superficie y primeras capas del suelo.

Microorganismos: vasta comunidad de organismos propios del suelo. La masa microbiana (bacterias, hongos, protozoos, nematodos, etc) en un suelo bien nutrido puede llegar a pesar 40 tn /ha. Además, encontramos numerosos insectos y lombrices del suelo.

Agua: Es fundamental para la vida. Humedece y hace posible el crecimiento de las plantas.

Aire: muy importante para el desarrollo de todos los seres vivos compuesto de oxígeno, nitrógeno y dióxido de carbono.

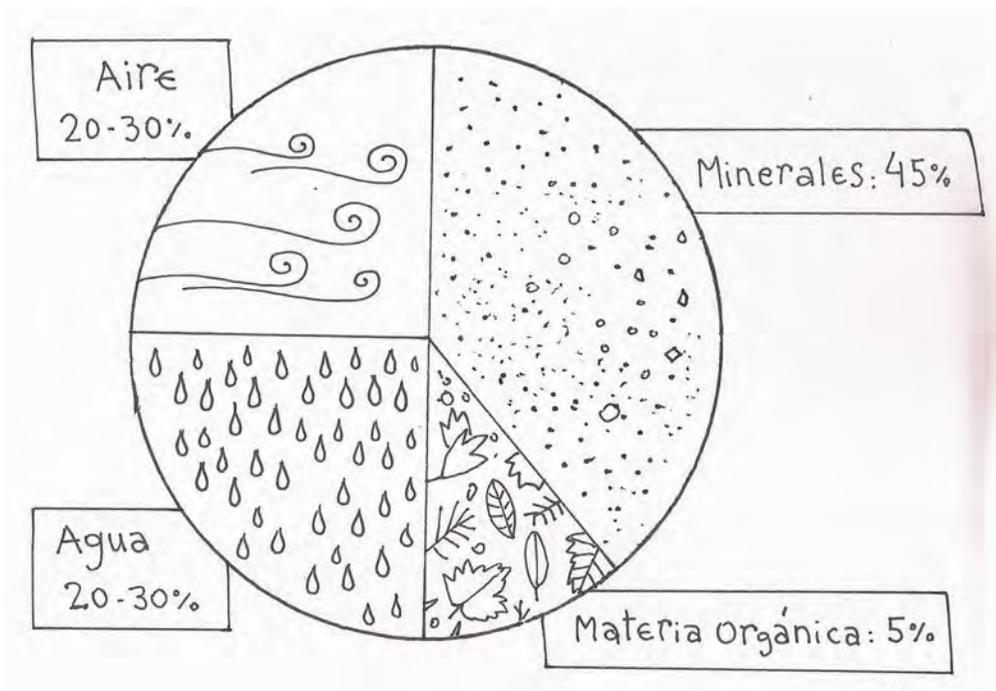


Fig. 3. Composición del suelo (Barchuk *et al.*, 2018).

Todos conocemos la importancia de los nutrientes para el crecimiento de las plantas, por lo cual los/as agricultores/as suelen poner especial atención en ellos. Lo que a veces se nos pasa por alto es que esos **nutrientes tienen que estar disponibles** para ser absorbidos por las raíces de los cultivos, es decir, tienen que estar **disueltos (ser solubles) en el agua**. Pero ¿de qué depende dicha solubilidad de los nutrientes?, de la vida del suelo. Los microorganismos que habitan el suelo son los encargados de digerir la materia orgánica y minerales (más lentamente), dejando sus nutrientes disponibles de manera paulatina para las plantas, dándoles solubilidad.

En definitiva de lo que estamos hablando es de la Fertilidad del suelo, es decir, la capacidad del mismo de sostener la vida. Allí comienza todo el ciclo que permite que los seres vivos nos desarrollemos en el planeta tierra y de esa fertilidad depende la salud de todos esos seres. Actualmente, el gran uso de fungicidas, insecticidas, herbicidas y fertilizantes mata continuamente la vida del suelo, por lo que los nutrientes que pudiera aportar la materia orgánica que dejan “yuyos”, cultivos y animales, no son solubles y por lo tanto, no están accesibles, con lo cual la fertilidad se ve deteriorada.

Esto se puede ver en las plantas como problemas en el crecimiento (ama-

rillamiento, falta de fuerza, hojas pequeñas, etc.), que suele ser resuelto por los/as agricultores/as con la compra de costosos fertilizantes solubles que se aplican en un momento determinado a manera de “shock de nutrientes”, aportando solo una parte de lo que las plantas necesitan debilitándolas, y perdiéndose la mayoría de ellos por lavado con el agua o evaporación. Esto representa un gran negocio de pocas empresas que los fabrican y una mayor degradación al ambiente, volviendo al/la agricultor/a dependiente de la compra de los mismos para lograr una producción.

Por eso decimos que si queremos un suelo sano y vigoroso, que se traduzca en cultivos sanos y productivos, es importante dejar de aplicar productos químicos y dentro de los componentes del suelo, dedicarle mayor atención a **la materia orgánica**, ya que la descomposición de la misma constituye la fuente principal de nutrientes para los vegetales. Es por esto que el/la agricultor/a debe poner mucha energía y dedicación en **aportar al suelo la cantidad** de materia orgánica necesaria para que los microorganismos puedan multiplicarse, digerirla y dejar sus nutrientes disponibles.

Es por esto que concebimos esta manera práctica y simple de valorar el estado del suelo, también técnicas que permitan aumentar la diversidad y cantidad de vida en el mismo, aportar materia orgánica y nutrientes de forma natural, equilibrada y a bajo costo, con menor dependencia de la compra de insumos para la producción y para una producción sana y de calidad. Es decir, que aporten a recuperar la fertilidad del suelo, principal fuente de salud y vida.

¿Cómo evaluamos el estado y la vida del suelo?

Existen muchas maneras, a continuación ponemos a disposición algunas prácticas sencillas para evaluar la materia orgánica y la vida en nuestro suelo.

Evaluación de materia orgánica en el suelo mediante prueba del agua oxigenada. Se requiere Agua oxigenada de 10 volúmenes y se realiza el siguiente procedimiento: se toma una muestra de suelo o de lo que se quiera evaluar y se hecha un chorro de agua oxigenada y se observa. La materia orgánica y la vida del suelo se oxidan ante la presencia de agua oxigenada generando una reacción de ebullición o burbujeo. Cuanto mayor sea dicha reacción, mayor será la presencia de materia orgánica en el suelo. Esto se puede realizar en un perfil a diferentes profundidades para ver como varía con la profundidad.



Fig. 3. Restos de mantillo o broza con suelo con burbujeo ante el agua oxigenada.

Reproducción de hongos en trampas de arroz

El medio de cultivo de hongos más utilizado es el arroz (Fig. 4). Básicamente consiste en colocar arroz pre cocido en un recipiente plástico y elaborar una trampa para ser colocada en el suelo. Esto tiene varios usos, entre ellos diagnosticar e identificar hongos de suelo, trasladar microorganismos (M.O.) de un suelo sano a otro enfermo, coleccionar M.O. en el bosque, control de calidad de productos a base de hongos y replicar cultivos de los mismos.

Se utilizan los siguientes **materiales**: -Una taza de arroz. - Una tasa de agua y una cucharada de melaza. -Recipiente plástico tipo bandeja o baso de ensalada de frutas o miel. - Gaza o tul para cubrirla (o tela porosa). - Gomita para atar.



Fig. 4. Trampas de arroz para Microorganismos.

Se procede de la siguiente manera:

1. Se hierve el agua y luego se coloca el arroz. Precocer el arroz con una taza de agua y la melaza de 2 a 3 minutos de manera que no se cocine demasiado (lo que se llama “al dente”).

2. Se coloca el arroz recién cocinado bien colado en el recipiente plástico y se cubre con la gaza o tul atado con una gomita para que no se desate. El arroz tiene que cubrir una medida de un dedo o uno y medio de la profundidad del recipiente.
3. Se hace un pocito 5 cm más profundo que la altura total del recipiente. Se coloca el mismo en el agujero y se cubre con tierra y hojarasca del lugar sin compactar. Para cuidar de la lluvia, se coloca un techito plástico u hojas grandes que protejan.
4. Se deja entre 3 y 5 días, se saca y se observa el micelio en la trampa, lo cual nos indicará el estado de salud del suelo.

¿Cómo se interpretan estos resultados? Si no hay nada es preocupante porque quiere decir que no hay hongos de suelo presentes. Si predominan los hongos blancos, cremosos, verdes claros a oliva y naranjas, estos son los considerados benéficos e indican salud del suelo. Se pueden extraer y multiplicar para aplicar al suelo. Si predominan hongos negros, grises y rosados o rojos, son indicadores de baja salud de nuestro suelo e indica que hay que mejorar la actividad biológica y diversidad en el mismo. Ej: hongo negro es *Rizhophus*, indicador de suelos compactados o con falta de oxígeno. Cuanto mayor es la diversidad de colores, mejor es, porque hay diversidad de hongos, entonces, si entre todos aparecen 3 o 4 colonias de colores negros o grises es normal porque son parte de la diversidad del suelo.

En el caso de ver alguna planta o cultivo decaído o débil se puede colocar la trampa al pie de la misma para evaluar si el problema es por hongos.

Galleta microbiológica o microscopio campesino

Esta práctica sirve para identificar y diferenciar bacterias y hongos en el suelo, es decir saber ¿qué microorganismos hay en el suelo? Para esta observación se requiere como materiales: una caja de Petri o frasco de vidrio transparente, alcohol y agua destilada.

Se realizan los siguientes pasos: se toma una muestra de suelo (se sacan palitos, hojas, etc), se la humedece y se forma una galleta o tortita con la misma (Fig. 5). Se la coloca en un recipiente transparente tipo caja de Petri o frasco de dulce. A esta galleta se la alimenta con una solución de alcohol en agua al 50%. Para esto se utiliza agua limpia, de preferencia destilada o de lluvia hervida fría. Se colocan 3 o 4 gotas de esta solución en la galleta cada 24 horas. La misma se tapa de manera no hermética y guarda en un lugar oscuro y cálido durante 3 días. Luego se observa: - si se ven como gotas de agua o gel,

esto corresponde a colonias de bacterias, o sea cada gota es una colonia. En cambio, los hongos se observan como pelitos blancos o micelios.

¿Cómo se interpretan estos resultados? Si predominan las bacterias es porque el suelo está degradado (bacterias trabajan más en procesos degradativos). Si predominan los hongos habla de un suelo bien estructurado, más vivo y activo (los hongos tienen una función de construcción en el suelo, no todos, pero si su mayoría).

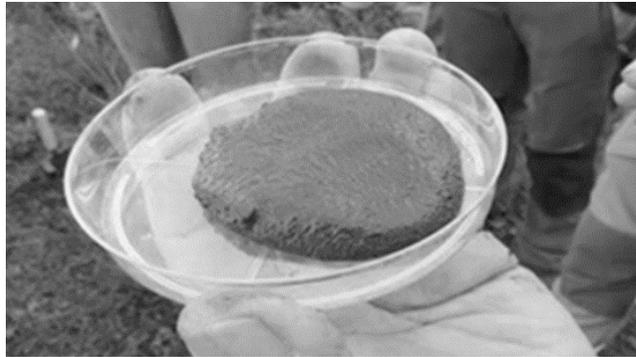


Fig. 5. Galleta microbiológica o microscopio campesino en una caja de Petri.

Tabla n° 3. Indicadores de la salud del suelo.

Calidad del Suelo		
Indicador	Descripción de escala	Cuantificación vista a campo
Estructura	<ul style="list-style-type: none"> - Suelo polvoroso sin gránulos visibles (1) - Suelo suelto con pocos gránulos que se rompen al aplicar presión suave (5) - Suelo friable y granular, los agregados mantienen la forma después de aplicar presión suave, aún humedecidos (10) 	
Capacidad de infiltración	<ul style="list-style-type: none"> - Compacto, se anega (1) - Presencia de capa compacta delgada, el agua se infiltra lentamente (5) - Suelo no compacto, el agua se infiltra fácilmente (10) 	

Color, olor y MO	<ul style="list-style-type: none"> - Suelo pálido, con mal olor o químico, y no se observa la presencia de materia orgánica o humus (1) - Suelo pardo claro, con poco olor y con algún grado de materia orgánica o humus (5) - Suelo de negro o pardo oscuro, con olor a tierra fresca, se nota presencia abundante de materia orgánica y humus (10) 	
Desarrollo de raíces	<ul style="list-style-type: none"> - Raíces poco desarrolladas, enfermas y cortas (1) - Raíces con crecimiento limitado, se observan algunas raíces finas (5) - Raíces con buen crecimiento, saludables y profundas, con abundante presencia de raíces finas (10) 	
Cobertura	<ul style="list-style-type: none"> - Suelo desnudo (1) - Menos de 50% del suelo cubierto por residuos, hojarasca o cubierta viva (5) - Más del 50 % del suelo con cobertura viva o muerta (10) 	
<p>Actividad biológica: [Es un indicador compuesto, para obtener su ponderación: (Actividad de macro y mesofauna + actividad microbiológica)/2]</p>		
Actividad biológica, meso y macrofauna	<ul style="list-style-type: none"> - Sin signos de actividad biológica, no se observan lombrices o vertebrados (insectos, arañas, centípedos, etc) (1) - Se observan algunas lombrices y artrópodos (5) - Mucha actividad biológica, abundantes lombrices y artrópodos (10) 	
Actividad microbiológica	<p>Predominan las bacterias sobre los hongos, los cuales son poco diversos (1 a 3 colores) , y más de la mitad son patógenos (1)</p> <p>Predominan hongos sobre bacterias, con diversidad media (3 o 4 colores) y aproximadamente la mitad de patógenos y la mitad benéficos (5)</p> <p>Predominan hongos benéficos y hay mucha diversidad (más de 5 colores) (10)</p>	

Relevamiento de información para la determinación del estado o “Salud del cultivo” y de las especies de crecimiento espontáneo o arvenses.

En este relevamiento nos debemos ubicar en uno de los sistemas de cultivos dentro del predio visitado, y podremos caracterizarlo completando la Tabla n° 4 en donde transformaremos las observaciones realizadas en indicadores de salud del cultivo.

Además podemos complementar esas observaciones con las de la Tabla n° 5, en donde nos concentramos en las observaciones para las especies espontáneas (malezas, buenezas, rudelales: arvenses) en las parcelas cultivadas y franjas de vegetación espontánea. La propuesta es una modificación de “Un método Agroecológico rápido para la evaluación de la sostenibilidad de cafetales” (Altieri y Nicholls, 2002).

Tabla 4. Indicadores de sustentabilidad sobre “salud del cultivo”.

Cultivo: _____		
Indicador	Descripción de escala	Valoración vista a campo
Apariencia	- Cultivo clorótico o descolorido, con signos severos de deficiencia de nutrientes (1)	
	- Cultivo verde claro, con algunas decoloraciones (5)	
	- Follaje verde intenso, sin signos de deficiencia (10)	
Incidencia de plagas y enfermedades	- Susceptible a enfermedades, más del 50% de plantas con síntomas (1)	
	- Entre 20-45% de plantas con síntomas de leves a severos (5)	
	- Resistentes, menos del 20% de las plantas con síntomas leves (10)	
Competencia por malezas	- Cultivos estresados dominados por malezas (1)	
	- Presencia media de malezas, cultivo sufre competencia (5)	
	- Cultivo vigoroso, se sobrepone a malezas, o malezas que no causan problemas de competencia (10)	

Competencia Intraespecífica	- Cultivos estresados por alta densidad de siembra (1)	
	- Cultivo sembrado a mediana densidad, el cultivo sufre competencia (5)	
	- Cultivo vigoroso, la densidad del cultivo no causa problemas de competencia (10)	
Rendimiento actual y potencial (entrevista al productor)	- Bajo con relación al promedio de la zona (1)	
	- Medio, aceptable con relación al promedio de la zona (5)	
	- Bueno o alto, con relación al promedio de la zona (10)	

Tabla n° 5. Indicadores de sustentabilidad sobre Diversidad de cultivos y de especies arvenses o de crecimiento espontáneo.

Indicador	Descripción de escala	Valoración vista a campo
- Genética	- Pobre, domina una solo variedad del cultivo (1)	
	- Media, dos variedades (5)	
	- Alta, más de dos variedades (10)	
- Vegetal	- Monocultivo (1)	
	- Más de 2 cultivos (5)	
	- Varios cultivos y malezas circundantes (10)	
- Vegetación circundante y auxiliar	- Rodeados por otros cultivos, campos baldíos o ruta (1)	
	- Rodeados al menos en un lado por vegetación natural o arboledas (5)	
	- Rodeado al menos en un 50% de sus bordes por vegetación natural o arboledas (10)	
Sistema de manejo	- Monocultivo convencional, manejado con agroquímicos (1)	
	- En transición a orgánico, con sustitución de insumos (5)	
	- Orgánico diversificado, con poco uso de insumos orgánicos o biológicos (10)	

Relevamiento de información para la determinación de la diversidad de insectos y arañas

La metodología propuesta busca reconocer la importancia de la reconstrucción de las tramas tróficas en el agroecosistema como ya fue desarrollado en el capítulo 3 de este libro. Así se busca describir las interacciones presa-depredador, parásito-parasitoide y planta-herbívoro más relevantes en los agroecosistemas hortícolas, y desarrollar criterios para el manejo de agroecosistemas que promuevan la reconstrucción de la biodiversidad.

El desarrollo de agroecosistemas de cultivos ecológicamente sostenibles se basa en el manejo de comunidades diversas, conformada por poblaciones que cumplen papeles fundamentales en la definición de los resultados del sistema. Se trata de comunidades que pueden ser muy complejas e involucran a diferentes niveles tróficos como ya fue desarrollado en los capítulos 2 y 3. Bajo el enfoque agroecológico es necesario reconocer esos niveles y conocer cómo se regulan esas poblaciones interactuantes a fin de reducir la dependencia del uso de plaguicidas.

Es fundamental estimular una conversación con el/la Agricultor/a para que comente cómo maneja las poblaciones de insectos, malezas y enfermedades. También, se comparten experiencias de aplicación de bioinsumos como reguladores poblacionales de especies potencialmente dañinas (Barchuk *et al.*, 2018)

Muestreo de la comunidad de insectos.

En el muestreo de la comunidad de insectos se utilizan conocimientos del Manual para la transición agroecológica (Barchuk *et al.*, 2018). También se puede utilizar el libro “Insectos. Guía completa para explorar su mundo” (Valladares *et al.*, 2019). Se deberá contar con elementos necesarios y ubicar una serie de trampas de insectos junto con el/la agricultor / a. La variable a observar es riqueza de insectos fitófagos y depredadores. En base a lo encontrado en cada trampa se va construyendo una planilla de muestreo (Tabla n° 6) para colocar el tipo de insectos y la cantidad de los mismos.

Los tipos de insectos que reconoceríamos son: fitófagos (comen plantas), predador (caza y comen inmediatamente insectos fitófagos) y parasitoides (se alimentan de un insecto fitófago y lo matan lentamente). La planilla también posee casilleros para anotar datos generales como: fecha de muestreo, nombre del campo, coordenadas del lote, cultivo muestreado y observaciones que aporten a la identificación de los insectos.

Tabla n° 6. Modelo de planilla para relevar insectos y arañas desde las trampas con ejemplos.

PLANILLA DE MUESTREO DE INSECTOS			
Nombre del campo	Campo de Los Agricultores Urbanos		
Coordenadas			
Fecha de muestreo	6 de septiembre 2017.		
Tipo de trampa	Recolección manual		
Cultivo o lugar de recolección	En repollos chicos		
Observación que aporte al reconocimiento	Al lado había flores de rúcula		
Insecto o araña	Fitófago o Herbívoro	Predador	Parasitoide
Vaquita de san antonio	No	Sí, come pulgones	No
Juanita	No	come varios insectos	No
Chienche verde	Sí, come plantas	No	No

Observaciones: esta tabla se construye con la cartilla de insectos, los manuales mencionados y la interacción con los técnicos y agricultores/as.

Metodología de muestreo de insectos fitófagos, depredadores y parasitoides

El propósito del muestreo, es estimar la relación predador/ presa como indicador biológico de la biodiversidad (Capítulo 3), en lotes hortícolas de campos agroecológicos del cinturón verde de Córdoba.

Las herramientas necesarias para muestrear son pinzas, pinceles, frascos, pala de mano, bolsas de plástico, rótulos, cámara de foto, líquido conservante (formol, alcohol), libreta y lápiz, cinta adhesiva, lupa de mano, tijeras y cajas para recolectar las muestras tomadas y aspirador de boca.

Los frascos deben ser de distintos tamaño con tapa de buen cierre preferentemente de plástico, transparentes para verificar la presencia del insecto en su interior. El mismo frasco se puede utilizar para atrapar a aquellos insectos que no son tan escurridizos. Un modo de usarlo es acercando la boca del frasco al insecto que se encuentra posado sobre alguna planta y con la tapa se lo obliga a ingresar, cerrando la tapa inmediatamente. Luego se introduce algún

líquido conservante. Lo ideal es llevar las etiquetas de distintos tamaños a las que sólo haya que completar los datos, para agilizar trabajo y luego pegarlas en los frascos muestreados.

El aspirador de boca: es útil para la captura de insectos pequeños y frágiles. Además sirve para atrapar insectos que se encuentran en lugares donde es difícil extraerlos por otros medios como en lo profundo de una flor o como complemento para sacar pequeños insectos que quedan en el fondo de una red. Consiste simplemente de un frasco plástico con tapa a rosca o a presión, a la que se le practican dos agujeros por donde pasarán dos tubos de goma (manguerita). En uno de los agujeros se coloca una manguera corta de 20 cm, mientras que el otro lleva un trozo de 40 cm de longitud y es el que se lleva a la boca. La manguera irá cubierta con tul o algún tipo de malla (como filtro) en el extremo interno del trozo de mayor longitud. Esto es a los fines de que los insectos que ya se encuentran en el interior del frasco no sean aspirados por el captor. Su uso consiste en acercar el tubo de menor longitud al insecto y aspirar con fuerza por el otro extremo, se crea así un vacío parcial dentro del frasco y el ejemplar es succionado al interior del frasco.

Los mejores días para capturarlos son los calurosos, no el primer día de calor, sino aquellos en que el calor viene desde días atrás, con noches de 20 -25° C aproximadamente. Los insectos no pueden regular su temperatura (poiquilotermos) y necesitan adecuada temperatura ambiente para desarrollar sus actividades.

A los insectos se los debe buscar en aquellos lugares en donde se encuentran o refugian como flores, hojarasca, bajo troncos caídos, etc. En las flores o dentro de estas se encuentran también insectos pequeños que no son fácilmente visibles, en este caso es recomendable cortar la flor o inflorescencia y meterla en un frasco. Las cochinillas se pueden encontrar en las hojas de árboles (orden Homóptera). Bajo hojarasca y ramas secas se encuentran insectos de diversos órdenes. Las ramas o trozos de madera suelen ser alimento de pequeños coleópteros. Se recomienda llevar una mochila o bolsa o caja que permita transportar los distintos recipientes cómodamente. Observar detenidamente el lugar de colecta. Llevar cuaderno de apuntes para registrar fecha, lugar y cómo se colectó el material. Colectar solamente los ejemplares necesarios. Evitar el contacto directo con los animales que puedan ser peligrosos (arañas, abejas). Utilizar distintos frascos para insectos de diferentes tamaños. Al utilizar frascos mortíferos no aspirar los vapores emergentes. Dejar el lugar de colecta igual como lo encontramos.

Tipos de trampas de muestreo

Trampas cromáticas de agua: Se utilizan como trampas, palanganas de colores con agua y un poquito de detergente o formol o alcohol al 70 % (7 partes de alcohol y 3 partes de agua) los insectos quedan atrapados en el líquido, sirve para capturar insectos voladores. Se pueden colocar en los canchales de cultivos hortícolas, entre líneas etc. Este tipo de muestreo podría ser realizado en el mismo día de visita a campo, ya que no invaden demasiado los cultivos, ni ahuyentan los insectos.

Se usaran distintos frascos para recolectar los insectos de cada palangana. Se deberá verter el contenido de la palangana a un frasco para su posterior análisis en el laboratorio. Las muestras deben ir con un poquito de agua de la misma trampa más el líquido conservante. Cada frasco deberá llevar rótulo (fecha de muestreo, nombre de campo muestreado, tipo de trampa aclarar color de palangana, cultivo/planta hospedera y observaciones).

Red de Tul: Es una herramienta de muestreo para coleccionar insectos posados sobre las plantas, se realiza durante 10-15 minutos. Por cada cultivo y para bordes de plantas con flores aromáticas y silvestres. La frecuencia de este muestreo debe ser quincenal. Se deben dar golpes suaves y coleccionar los insectos de cada pasada. Luego se usará un frasco para recolectar los insectos de cada cultivo. Dentro de cada frasco debe ir papel de diario o servilletas para que disminuya la humedad, nunca con agua.

Colectar insectos posados: Para coleccionar insectos posados en plantas al azar de cada cultivo y borde de flores aromáticas, se debe caminar sobre las hileras y observar a ambos lados de las hojas en algunas plantas. También, se colocan los insectos en un frasco con alcohol al 70 % (solo para depredadores e insectos plagas) y dentro de cada frasco debe colocarse papel para que disminuya la humedad.

Trampas de caída: Las trampas de caída o pitfall o Barber se utilizan para la captura de artrópodos de hábito caminador. Consiste en un recipiente enterrado en el suelo. Para evitar la huida de los mismos se coloca agua con un chorro de detergente. La revisión de la trampa se realiza al otro día.

Método del paño: Apropiado para muestrear en árboles y arbustos. Se coloca una sábana paño abajo del árbol y se sacude. Se colecciona los insectos que caen. También se pueden muestrear ramitas por árbol para detectar luego en laboratorio si están habitadas.

Por último se llevaran las muestras al laboratorio, donde los insectos serán cuantificados, identificados y clasificados en Orden taxonómico. Además se

les determinara su hábito alimenticio a fin de discriminar insectos benéficos de insectos fitófagos, y poder estimar así la relación predador/presa, de los lotes agroecológicos. Para sistematizar todos estos datos se usara una planilla de muestreo que especifica los distintos órdenes de insectos, a su vez subdividida en insectos fitófagos, depredadores y parasitoides, también posee casilleros para anotar datos generales como: fecha de muestreo, nombre del campo, coordenadas del lote, cultivo muestreado y observaciones que aporten a la identificación de los insectos (Tablas n° 6).

¿Cómo se interpretan los resultados?

Se logra después del muestreo tener una idea bastante adecuada de la composición y riqueza de insectos y arañas asociados a plantas de cultivos y florecidas en los sistemas hortícolas. Una vez que los artrópodos se agruparon según sus hábitos en cuatro grupos funcionales (fitófagos, depredadores, parasitoides y polinizadores), se construye la tabla n° 7.

Tabla n° 7. Indicadores surgidos a partir de las observaciones realizadas de insectos y arañas (modificado de Vázquez Moreno, 2013).

Indicador	Valoraciones de escala	Cuantificación visita a campo
Diversidad de polinizadores	-Si observa ninguna o una especie poner el n° 1 -Si observa dos especies poner el n° 5 (por ejemplo vimos 2 abejas y una avispa) -Si observa tres o más especies poner el n° 10	
Diversidad de reguladores naturales (predador o parasitoide)	-Si observa hasta dos especies de insectos poner el n° 1 (por ejemplo una especie de juanita y una especie de mariposa en estado larvario con parasitoides) -Si observa 3 o 4 especies poner el n° 5 -Si observa 5 o más especies poner el n° 10	
Diversidad de insectos fitófagos	-Si observa hasta dos especie poner el n° 1 (por ejemplo, una especie de pulgón) - Si observa 3 o 4 especies poner el n° 5 -Si observa 5 o más especies poner el n° 10	
Nivel de complejidad de la trama trófica	-Trama trófica simplificada, lineal, más semejante a una cadena poner el n° 1 (por ejemplo: un pulgón y una vaquita) - Trama trófica de complejidad intermedia con pocas especies e interacciones poner el n° 5 - Tramas tróficas complejas con numerosos grupos funcionales y nivel de interacción poner el n° 10	

Observaciones. Esta tabla se construye en interacción con los técnicos.

Resultados de Talleres participativos de diagnóstico en el campo del Movimiento de Agricultoras y Agricultores Urbanos de Córdoba (MAUC)

El equipo de trabajo realizó talleres en forma participativa con productores y productoras en transición agroecológica, donde se elaboraron diagnósticos de los predios visitados como etapa previa a la construcción de los rediseños agroecológicos. Se caracterizaban por la realización de distintos momentos de difusión de conocimientos, de enseñanza técnicas y prácticas para la evaluación del predio y de actividades rotativas para obtención de los datos para los indicadores de sustentabilidad. Finalmente, se destacaban los momentos finales de instancia de síntesis donde se realizaban propuestas de monitoreo a futuro y continuidad de los trabajos participativos.

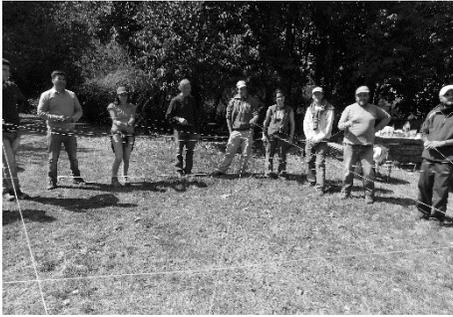
Taller participativo de diagnóstico en el predio agroecológico del MAUC

Se presentan los resultados de un taller realizado en el campo del MAUC, en la localidad de Guiñazu Cinturón Verde Norte de la Ciudad de Córdoba. La secuencia de actividades fueron las siguientes (Fig. 6):

Primer Momento: presentación a través de la dinámica grupal de los hilos, donde cada agricultor/ra se presentó y además sirvió de punta pie para comenzar conversar sobre los conceptos necesarios para el re-diseño que podría construirse.

Segundo Momento: nos dividimos en tres equipos y trabajamos en “postas” de suelo –insectos - plantas, recorriendo el campo del MAUC. Para estos se utilizaron Cartillas informativas y de planillas para la identificación y medición de indicadores de sustentabilidad. También se entrega un Kit agroecológico (Fig. 6) a cada equipo que le corresponda realizar las técnicas de diagnóstico.

Tercer Momento: puesta en común de los datos, reflexión de los resultados y expectativas de cada uno de los agricultoras/es presentes con respecto al diseño agroecológico del campo.



Presentación de participantes y expectativas



Charla de inicio y diagnóstico



Diagnóstico salud del cultivo



Diagnóstico de insectos



Diagnóstico de la salud del suelo



Conjunto de elementos para diagnóstico de insectos y suelo (Kit agroecológico)

Fig. 6. Diferentes momentos del taller diagnóstico en el campo de MAUC.

Diagnóstico indicadores de sustentabilidad: Indicadores ambientales

En los resultados de los indicadores de salud del cultivo, calidad de suelo y diversidad de insectos relevantes para MAUC, se aplicaron los procedimientos para medir la sostenibilidad del predio, independiente de la diversidad de situaciones que existen de cultivo. Para que las mediciones realizadas sean comparables en el tiempo, o con otros campos en otros estados de transición, se deberán tomar los mismos indicadores. En este caso el Mauc puede visualizar el estado de su predio observando cómo están los atributos del suelo o de los cultivos en relación a un umbral preestablecido. Cada indicador se estima en forma separada y se le asigna un valor de 1 a 10 (siendo 1 el valor menos deseable, 5 un valor moderado o medio y 10 el valor más preferido).

Los requerimientos de sostenibilidad de los cultivos: apariencia o vigor, sistemas de manejo, incidencia de plagas y enfermedades, diversidad de cultivos, suelo cubierto por el cultivo (competencia intraespecífica), competencia por malezas, rendimiento actual y potencial (Fig. 7), mostraron niveles adecuados. Por ejemplo en el caso del indicador diversidad de cultivos, se asigna un valor 1 en caso de monocultivos, un valor de 1 a la alta competencia de malezas y un valor 10 a valores de rendimiento de los cultivos reales iguales a los potenciales.

Se seleccionaron 6 indicadores de calidad de suelo y 4 de indicadores diversidad de insectos. Estos indicadores resultaron de la interpretación de los materiales y datos obtenidos por los/las agricultores/as (la metrología fue previamente presentada). Los indicadores de suelo fueron estructura, capacidad de infiltración, color, olor y materia orgánica, desarrollo de raíces, cobertura, actividad biológica, meso y microfauna. Los indicadores de insectos fueron diversidad de polinizadores, diversidad de reguladores (incluye parasitoides y predadores (Fig. 8). Los resultados de los indicadores de insectos se destacan los polinizadores y la alta valoración el nivel de complejidad de la trama trófica (Fig. 9).

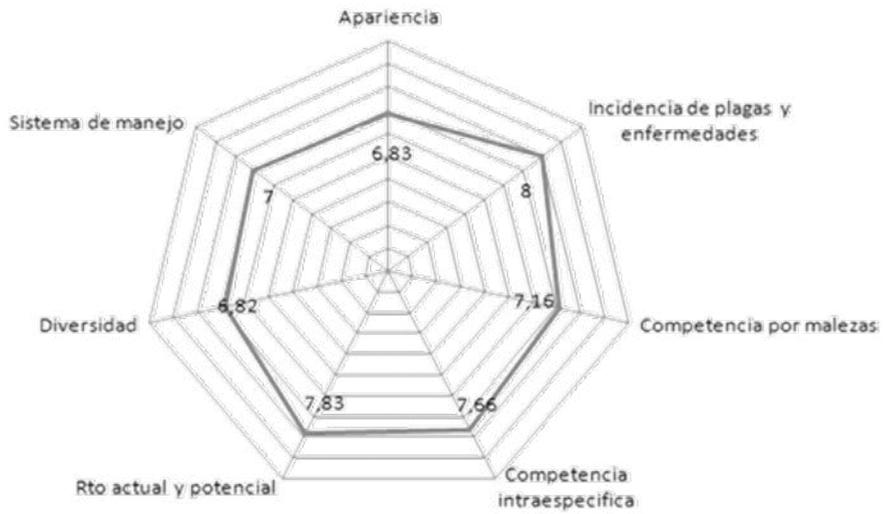


Fig. 7. Gráfico de Ameba de Indicadores de salud del cultivo

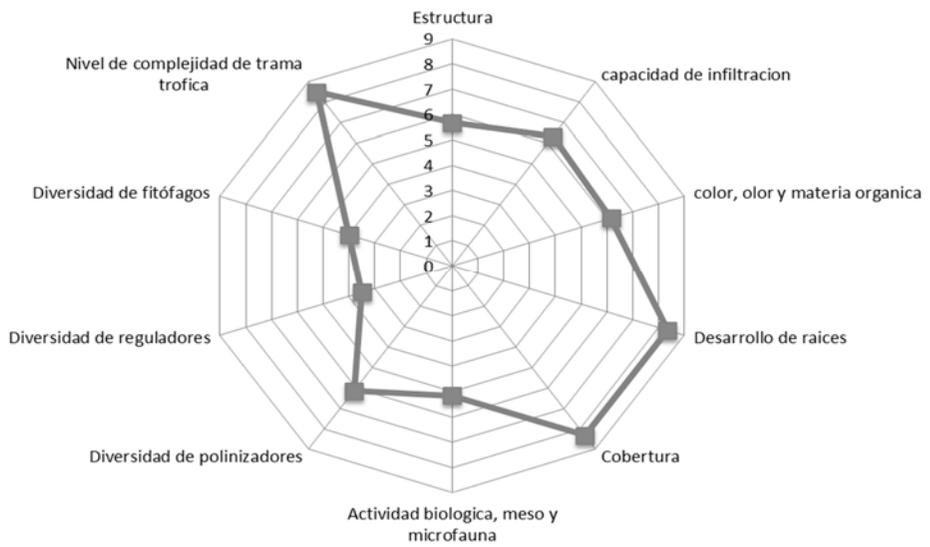


Fig. 8. Gráfico de Ameba de Indicadores de calidad de suelo y diversidad de insectos

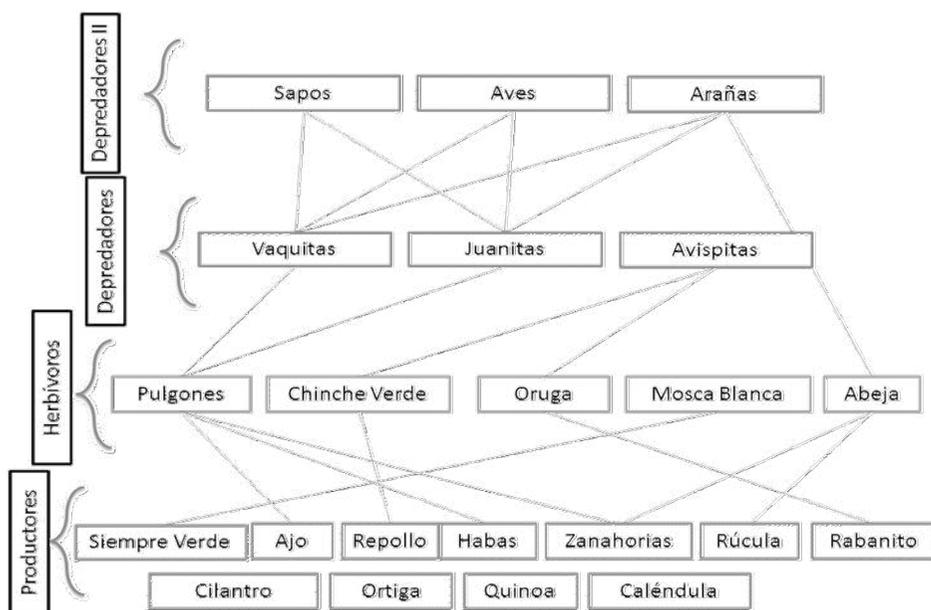


Fig. 9. Trama trófica en el campo de MAUC.

Diagnóstico indicadores de sustentabilidad: Indicadores económicos y sociales

Los indicadores de sustentabilidad económica y social fueron integrados por varias variables más simples por la posibilidad de su valoración cuantitativa. Así, el indicador Autosuficiencia alimentaria (valor de 7,11), es un indicador compuesto por tres variables: diversificación de la producción, superficie de producción y autoconsumo. Por otra parte, el Riesgo económico, integrado por la diversificación para la venta, el número de vías de comercialización y la dependencia de insumos externos, tuvo un valor bastante bueno (8,63). En cambio la Satisfacción de las necesidades básicas, indicador compuesto por vivienda, acceso a la educación, acceso a salud y cobertura sanitaria y servicios, estuvo en los valores satisfactorios (6,91), pero salta a la vista que el Ingreso neto mensual y el régimen de tenencia de la tierra son dos problemas a resolver (Fig. 10).

El requerimiento más necesario para el predio es el agua y fue considerado su acceso como indicador de sustentabilidad. Así, la Disponibilidad de agua para riego, indicador compuesto por la ponderación de cantidad más calidad de agua, alcanzó para ponerlo entre las debilidades del sistema productivo del

MAUC (Tabla nº 8). Los resultados de la Ameba de la Fig. 10 donde se integran los Indicadores de la sustentabilidad económica y social e Indicadores ambientales son analizados finalmente como Fortalezas y Debilidades (Tabla nº 8).

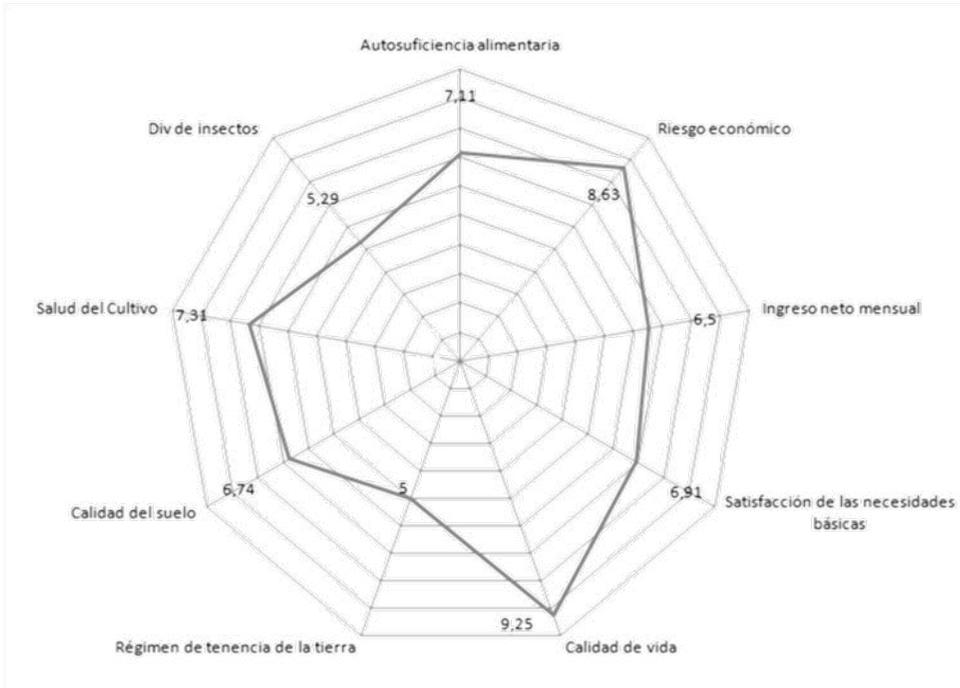


Fig. 10. Gráfico de Ameba de Indicadores de la sustentabilidad económica y social e Indicadores ambientales reunidos del MAUC.

Tabla nº 8. Debilidades y Fortalezas, resultados del Diagnóstico del MAUC.

Debilidades	Fortalezas
✓ Los problemas de riego	✓ Gran diversidad de cultivos
✓ La diversidad de insectos fitófagos es baja y eso repercute en baja diversidad de depredadores.	✓ Presencia de controladores biológicos naturales y de una trama trófica de insectos y arácnidos reguladora
✓ Existe una alta cobertura de especies de crecimiento espontáneo y esta competencia requiere mejor regulación y ordenamiento espacial.	✓ Cuentan con asesoramiento profesional
✓ Falta de árboles frutales que moderen las temperaturas y sirvan de refugio de controladores y aporten materia orgánica	✓ Bajo costos

✓ Falta de un tractor que permita organizar y realizar las tareas en tiempo y en forma	✓ Producción de alimentos sanos (sin uso de agroquímicos)
✓ Elevado riesgo económico	✓ Fuerte compromiso observado por parte de los integrantes del movimiento
	✓ Cercanía a la población que permite la comercialización y el transporte de los productos

Taller participativo de diagnóstico en un campo agroecológico de Colonia Tirolesa

Se presenta brevemente algunas instancias del trabajo realizado en el campo de 8 hectáreas del productor agroecológico *HC* en Colonia Tirolesa. Aquí también se continuó el trabajo con la metodología MESMIS. Se evaluó el sistema de producción de manera participativa a través de los mismos indicadores seleccionados previamente, aunque se ajustaron y corrigieron la expresión de algunos de ellos (Tabla nº 9; Figuras 11 y 12).

Tabla nº 9. Diagnóstico de indicadores de sustentabilidad del campo de Colonia Tirolesa

	Indicador	Subindicador	Subvaloración	Valoración	
Económicos	Autosuficiencia alimentaria			5.7	
		Diversificación de la producción para autoconsumo	5		
		Superficie de producción para autoconsumo	5		
		Producción para la venta	7		
	Riesgo económico				5.7
			Diversificación para la venta	7	
			Número de vías de comercialización	5	
	Dependencia de insumos externos	5			
	Ingreso neto mensual		5	5	

Sociales	Satisfacción de Necesidades Básicas			10
		Vivienda	10	
		Educación no formal	10	
		Acceso a la educación	10	
		Acceso a la salud y cobertura sanitaria	10	
		Servicios	10	
	Calidad de vida			9
		Aceptabilidad del sistema de producción	7	
		Régimen de tenencia de la tierra	10	
		Integración social	10	
Ecológicos	Calidad del suelo			5.7
		Estructura	7	
		capacidad de infiltración		
		color, olor y MO	7	
		Cobertura viva o Muerta	4.5	
		Actividad biológica, meso y macrofauna	5	
	Insectos (evaluación de la trama trófica)			8
		Diversidad de polinizadores		
		diversidad de reguladores naturales	10	
		Nivel de complejidad de la trama trófica	7	

Ecológicos	Salud del cultivo		8
	Apariencia	7	
	Incidencia de plagas y enfermedades	8.75	
	Competencia por malezas	6.75	
	Competencia intraespecífica	9.25	
	Rendimiento actual y potencial	5	
	Diversidad (genética+vegetal+vegetación circundante y auxiliar/3)	$7 + 8.5 + 8.75 : 24.25/3 = 8.08$	
Sistema de manejo	8		



Fig. 11. Instancias de trabajo para la realización de papelógrafos donde se dibujaron re-diseños del predio productivo de Colonia Tirolesa.

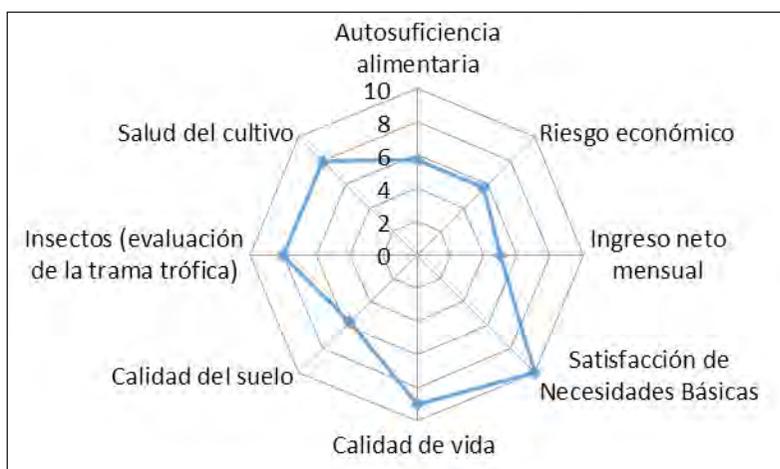


Fig. 12. Gráfico de Ameba de Indicadores de la sustentabilidad económica y social e Indicadores ambientales reunidos, en el campo de Colonia Tirolesa.

Primeros pasos de la aplicación del método MESMIS

En cuanto a la implementación de diseños agroecológicos, se avanzó en la metodología MESMIS construyendo y ajustando participativamente el conjunto de indicadores de sustentabilidad de los predios que se utilizaron para realizar el diagnóstico inicial y luego, realizar el seguimiento de los diseños a implementar en el futuro.

En los talleres a campo para productores agroecológicos y en transición del cinturón verde de Córdoba se evaluaron suelo, cultivo, biodiversidad y condiciones socioeconómicas.

Las actividades se basaron en el hecho que la agroecología es un saber y una práctica que se fundamenta en las relaciones ecológicas de los agro-ecosistemas. Los diversos conocimientos de las agricultoras y agricultores urbanos y de los académicos se combinaron para buscar una adecuada intervención de los ecosistemas por medio de los cultivos hortícolas, que a la vez permiten el aumento de la producción. Los saberes y prácticas agroecológicas fueron una apuesta política y técnica para superar las prácticas agrícolas fundamentadas en el monocultivo y la revolución verde.

En general se ha trabajado con agricultoras y agricultores que están al comienzo de la transición agroecológica. Los elementos presentados en los materiales complementarios (Tabla nº 10) forman parte de las técnicas agroecológicas que ayudaron a la evaluación de los sistemas productivos hortícolas.

La evaluación del suelo se realizó desde una mirada holística (Minerales, Materia orgánica y Microorganismos) con técnicas sencillas: -reproducción de hongos (trampas de arroz); evaluación de materia orgánica en el suelo (prueba del agua oxigenada; “galleta microbiológica o microscopio campesino”). Para la estimación de insectos se aplicaron metodologías de muestreo de insectos fitófagos (que se alimentan de plantas) e insectos benéficos (depredadores y parasitoides de fitófagos) y se construyó una guía de insectos. También se elaboró una guía para la evaluación del cultivo / especies espontáneas / biodiversidad, entre otros (Tabla nº 10).

Para la unidad productiva completa se consideraron Indicadores Económicos y Sociales en la Evaluación de la sustentabilidad de sistemas agrícolas. Estos indicadores generaron entre los agricultores/as, reflexiones acerca del tamaño del predio, el acceso a los recursos, la tenencia y residencia en el predio, aspectos estructurales que inciden en la pequeña y mediana agricultura familiar.

Tabla nº 10. Materiales y herramientas de conocimiento producidas por el equipo y utilizadas en los talleres.

Listado
- Cartilla para la identificación de insectos plaga-benéficos.
- Cartillas para la identificación y medición de indicadores de sustentabilidad
- Mapas en base al Google Earth del cinturón verde
- Conjunto de elementos básicos para muestreo de insectos, diagnóstico de salud del cultivo y del suelo (kit agroecológico)
- Papelógrafos y otros accesorios para registro de la información
- Herramientas comunicacionales de diseño gráfico publicitario como “flyer”
- Visitas a campo a los/las productores/as en forma individual
- Difusión a través de los técnicos de terreno de la SAF , INTA prohuerta y O-AUPA
- Grupo de Whatsapp de los participantes en talleres y otros
- Difusión en la Feria Agroecológica de Córdoba
- Guía para la evaluación del cultivo / especies espontáneas / biodiversidad
- Manual de Buenas Prácticas para la transición agroecológica (Barchuk <i>et al.</i> , 2018)
- Elaboración de Guías didácticas para la elaboración diagnóstica de los predios visitados. Las mismas fueron utilizadas en los talleres y también en instancias de enseñanza-aprendizaje del curso de Ecología Agrícola de la FCA durante las visitas a campo a algunos de los productores participantes (Barchuk <i>et al.</i> , 2017).

Se han avanzado en el cumplimiento de los objetivos en brindar herramientas cognitivas a los productores de hortalizas agroecológicas para aumentar la eficiencia biológica general, y mantener la capacidad productiva y autosuficiente del agroecosistema; emprender la evaluación a campo de indicadores agroecológicos de la sustentabilidad previo y durante el diseño, y promover instancias comunicacionales que integren conocimientos agroecológicos, de agricultor/a a otro/a agricultor/a.

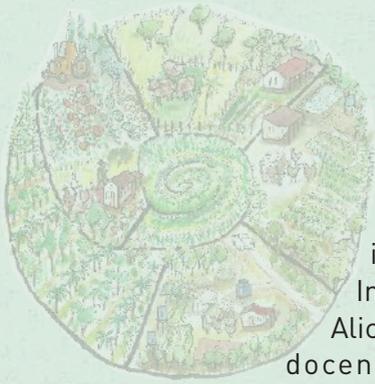
En términos generales los talleres permitieron fortalecer un grupo de trabajo a manera de red comunicacional y de experiencias, ya que en un diagnóstico inicial se evaluó que la mayoría de los productores y las productoras en transición agroecológica se encuentran aislados/as en el territorio y con pocos vínculos a nivel local e institucional. En este sentido, el trabajo realizado por el equipo constituyó una oportunidad para la integración y organización de los/as agricultores/as, siendo ambas, la integración y la organización, pilares fundamentales en la dimensión social de la Agroecología.

El trabajo en equipo permitió fomentar un buen clima de trabajo y se renovaron las relaciones de confianza. Los participantes conocieron las actividades que realizan sus pares, mejorando la comunicación y el intercambio. Tomaron las metas con compromiso y determinación para integrar a más personas en el grupo.

Referencias bibliográficas

- Altieri M. A., Nicholls C. I. 2007. Conversión agroecológica de sistemas convencionales de producción: teoría, estrategias y evaluación. 2007. Revista científica de Ecología y Medio ambiente Ecosistemas 16 (1): 3-12.
- Altieri M. y Nicholls C. 2002. Un método Agroecológico rápido para la evaluación de la sostenibilidad de cafetales. Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica) No. 64: 17 – 24.
- Astier M., Masera O., Galván A. 2008. Evaluación de sustentabilidad. Un enfoque dinámico y multidimensional. Fundación Instituto de Agricultura Ecológica y Sustentable. España. https://www.researchgate.net/publication/319325816_Evaluacion_de_sustentabilidad_Un_enfoque_dinamico_y_multidimensional
- Barchuk A. H., Suez L. S., Locati L., Guzmán M. L., Silbert V. 2018. Manual para la transición agroecológica. Guía para agricultoras y agricultores agroecológicos. Córdoba, Editorial Brujas, 2° Edición, 100 pág.
- Barchuk, A.; Locati, L.; Suez, L. 2016. Resultados del proyecto de Extensión “*Construcción e implementación participativa de diseños agroecológicos con productores de hortalizas del Cinturón Verde de Córdoba*” -2016-2018, avalado

- y financiado por la Secretaría de Extensión Universitaria de la Universidad Nacional de Córdoba. UNC.
- Barchuk A., Boetto M., Zamar J. L., Locati L., Suez L. 2017. Planificación de actividades y guía de estudio, parte IV. Ecología Agrícola. Facultad de Ciencias Agropecuarias. UNC.
- Ley Provincia de Córdoba N° 9164. 2004. Productos químicos o biológicos de uso agropecuario. Boletín oficial de la provincia de Córdoba.
- Ley Provincial N° 9841. 2010. De Regulación de los usos del suelo en la región metropolitana de Córdoba -sector primera etapa. Boletín oficial de la provincia de Córdoba.
- López-Ridaura S., Masera O., Astier M. 2002. Evaluating the sustainability of complex socio-environmental systems. The MESMIS framework. *Ecological Indicators* 2: 135–148.
- Masera O., Astier M. y López-Ridaura S. 2000. Sustentabilidad y manejo de recursos naturales. El marco de evaluación MESMIS. Grupo interdisciplinario de tecnología rural apropiada. A.C., México. Libro verde.
- Sarandón S. J., Zuluaga M. S., Cieza R., Gómez C., Janjetic L., Negrete E. 2006. Evaluación de la sustentabilidad de sistemas agrícolas de fincas en Misiones, Argentina, mediante el uso de indicadores. En: *Agroecología*. 1: 19-28.
- Valladares G., Salvo A. y Defagó M. T. 2019. Insectos. Guía completa para explorar su mundo. Edición: Primera. – Editorial de la UNC, 524 pp.
- Vázquez Moreno L. 2013. Diagnóstico de la complejidad de los diseños y manejos de la biodiversidad en sistemas de producción agropecuaria en transición a la sostenibilidad y la resiliencia. *Agroecología* 8: 33-42.



Manual de buenas prácticas para diseños Agroecológicos

El Equipo de Ordenamiento Territorial (ISEA, SECYT, UNC), integrado por el Ingeniero Agrónomo Luciano Locati, y las Ingenieras Agrónomas Luciana S. Suez, María Laura Guzmán y Alicia H. Barchuk, ha desarrollado un papel muy activo en la docencia, investigación y extensión para la agricultura agroecológica. Además, están concentrados en generar herramientas tecnológicas y/o metodológicas que permitan aportar a los procesos de ordenamiento territorial participativo con enfoque agroecológico, y que aquellas cooperen en la generación de políticas públicas de promoción de la Agroecología. Los autores de este libro contribuyen en seis capítulos a las bases para buenas prácticas para los diseños agroecológicos. En el capítulo 1, "Diseño de la agricultura. Impacto y riesgo ambiental", se aborda la cuestión de la agroecología, la soberanía y seguridad alimentaria, los derechos campesinos y el concepto de agricultura tradicional. El capítulo 2, "Bases ecológicas para el diseño de predios agroecológicos", aporta elementos teóricos para comprender la estructura y el funcionamiento (flujo de energía, ciclo de nutrientes y agua), las relaciones tróficas, las relaciones bióticas (positivas, negativas y mixtas) en un agroecosistema. En el capítulo 3, "Diseños agroecológicos para promover el control biológico y la reconstrucción de trama tróficas", se explican técnicas de manejo del hábitat para promover la biodiversidad. En el capítulo 4, "Manejo Ecológico del suelo", se auxilia en el manejo ecológico del suelo como base de la fertilidad, salud y estabilidad del agroecosistema. En el capítulo 5, "Diseños espacio - temporales en la agricultura", se presentan muchas configuraciones de cultivos para una agricultura sustentable, productiva y eficiente, de manera que provea alimentos saludables y servicios ecosistémicos. En el capítulo 6, "Evaluación de Sistemas del Cinturón Verde mediante Indicadores de Sustentabilidad (MESMIS)", se aplica un marco metodológico para evaluar la complejidad del manejo del agroecosistema.