

SECUENCIA 3D

Sistemas agrícolas-ganaderos integrados de gran escala



MOOC AGROECOLOGÍA

Secuencia 3D: SISTEMAS AGRÍCOLAS- GANADEROS INTEGRADOS DE GRAN ESCALA

INDICE

Objetivos de la semana	2
Especialistas de la secuencia	3
Introducción	3
Presentación de diferentes situaciones de cultivos asociados	3
Los cultivos asociados presentan muchas ventajas.....	3
El desafío de la nutrición de las plantas cultivadas	5
Plantas y nutrientes	5
Los nutrientes en el ecosistema.....	6
Aportes de nutrientes para alimentar las plantas.....	6
Problemas relacionados con el uso de fertilizantes sintéticos.....	7
¿Cómo podemos resolver el “problema” de la nutrición de las plantas?.....	8
Los procesos ecológicos activados en los cultivos asociados.....	8
Adquisición del nitrógeno en los cultivos asociados.....	8
Fijación simbiótica del nitrógeno	9
Adquisición de N: los diferentes procesos de interacción.....	10
Interacciones (conocidas y por descubrir) para la adquisición de fósforo	11
Fósforo: ¡un elemento esencial pero de difícil acceso!.....	11
¿Cómo adquieren el fósforo las plantas?.....	12
En un cultivo asociado de cereal y leguminosa.....	13
Fósforo: pensando en el balance de entradas y salidas del sistema en sistemas integrados de agricultura y ganadería.....	12
La elección de las plantas a asociar.....	17
Sistemas de siembra.....	17
La disposición de las diferentes especies.....	18
La densidad de la siembra	18
Fechas de siembra y de cosecha	19
Balance de nutrientes	21
Conclusión	22
Consideraciones de investigadores sobre los sistemas agrícolas-ganaderos integrados y los cultivos asociados	22
Cómo un investigador ecólogo aborda el tema de la activación de procesos de interacción positiva en los cultivos asociados	23

SECUENCIA 3D:

Sistemas agrícolas-ganaderos integrados de gran escala

Las interacciones positivas serían mayores en caso de una disponibilidad limitada de nutrientes. La hipótesis del gradiente de estrés	23
La experiencia del lupin-trigo.....	25
Aportes para la agroecología.....	25
Trabajando con productores agropecuarios del centro-sur de la provincia de Buenos Aires	29
Apuntes sobre dos casos: Simon Boudsocq ecólogo del INRA y la Chacra Experimental Integrada Barrow (INTA-MAIBA)	31



Este material es difundido bajo licencia Creative Commons – BY – NC – SA. Es posible copiar, utilizar y transmitir esta obra, con la condición de mencionar a los autores y de no hacer uso comercial. Si se modifica o transforma esta obra o alguno de sus elementos, se debe distribuir el resultado bajo la misma licencia Creative Commons.

OBJETIVOS DE LA SEMANA

Al finalizar la tercera secuencia de Mooc Agroecología, habrán podido lograr:

1. Descubrir cómo se pueden implementar los principios de la Agroecología en una de estas cuatro situaciones:
 - **Horticultura,**
 - **Agroforestería,**
 - **Ganadería o**
 - **Sistemas Agrícola ganaderos integrados de gran escala.**
2. Comprender cuáles son los procesos ecológicos que se intentan activar y qué instrumentos de acción lo permiten.
3. Profundizar en el estudio de caso sobre una de las cuatro situaciones propuestas.

Si eligieron el camino de inmersión, podrán:

4. Finalizar su investigación y publicarla para que sea visible, compartida y discutida en la secuencia 4.



IMPORTANTE

Se sugiere recorrer las cuatro partes de la secuencia 3 y participar en la realización de las actividades de una de sus secciones a, b, c o d.

SECUENCIA 3D:

Sistemas agrícolas-ganaderos integrados de gran escala

ESPECIALISTAS DE LA SECUENCIA

Agustín Barbera



Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP. Becario en la Chacra Experimental Integrada Barrow.



Martín Sergio Zamora

Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional de La Plata. Postgrado en Agroecología y agricultura sustentable, UNLP. Magíster Scientiae en Producción Vegetal, Universidad Nacional de Mar del Plata. Coordinador de Investigación en INTA Barrow, en sistemas productivos sustentables.

SECUENCIA 3D:

Sistemas agrícolas-ganaderos integrados de gran escala

PRESENTACIÓN



Agustin Barbera INTA

INTRODUCCIÓN

Los sistemas productivos a gran escala o extensivos, son establecimientos en los cuales se realizan cultivos de cosechas (cereales y oleaginosas) o forraje minimizando el trabajo humano, mediante la mecanización y/o insumos externos.

Decimos que son sistemas extensivos integrados, cuando se asocia la ganadería con la agricultura en todo el establecimiento, es decir, que todos los lotes van rotando cultivos agrícolas con los cultivos destinados para forraje en un período de tiempo.

La interacción de la ganadería con la agricultura resulta fundamental para potenciar los procesos biológicos dentro de los agroecosistemas. Por un lado, el aporte de bosta por los animales se asemeja a realizar un compostaje in situ. Por otro, aumenta la biodiversidad del agroecosistema, tanto por la incorporación del animal, como por la utilización de diferentes especies de plantas tanto espacial como temporalmente. El aumento de la biodiversidad es uno de los principales principios agroecológicos para manejar sistemas productivos de una manera sustentable.

Los sistemas de cultivo asociados (CA) son otra manera de aumentar la biodiversidad de especies dentro del agroecosistema. Se cultivan en un mismo espacio, al mismo tiempo, al menos dos especies de plantas. Estos sistemas buscan aprovechar las interacciones de proximidad entre las especies.

Antes de la modernización, simplificación y especialización de la producción agropecuaria, era habitual utilizar cultivos asociados por los productores. En el vídeo se muestran algunos ejemplos de cultivos asociados para estos sistemas.

PARA PROFUNDIZAR



¿Cómo un conocimiento minucioso de estos procesos de interacción puede ayudarnos a revisar la nutrición de las plantas y concebir agroecosistemas sustentables?

INTRODUCCIÓN Y PRESENTACIÓN DE DIFERENTES SITUACIONES DE CULTIVOS ASOCIADOS



Los cultivos asociados presentan muchas ventajas

Si los agricultores han desarrollado sistemas complejos de cultivos asociados, es porque han encontrado en ellos ventajas:

- **En primer lugar, a nivel de la economía de su establecimiento:**

Los agricultores aprecian la diversificación de la alimentación o las fuentes de ingresos.

- Los cultivos asociados también pueden estabilizar los ingresos obtenidos de un año a otro, por ejemplo, ante imprevistos de precios o contingencias climáticas. De hecho, si una de las especies cultivadas se desarrolla mal, la otra especie sembrada puede en algunos casos sobre-desarrollarse y compensar parcialmente el déficit.
- Otro ejemplo es el de los cultivos forrajeros sembrados por los ganaderos, o pasturas polifíticas, para alimentar a sus rebaños: aquí la asociación de diferentes especies permite una cantidad de forraje equilibrado para todo el año, teniendo en cuenta las diferentes tasas de crecimiento de cada especie.

- **También tienen ventajas ecológicas y agronómicas:**

- Los cultivos asociados son importantes para limitar los problemas de plagas y malezas, disminuyendo así las necesidades de plaguicidas o mejorando la calidad de las cosechas.



Crédito de foto: Agustín Barbera

SECUENCIA 3D:

Sistemas agrícolas-ganaderos integrados de gran escala

- En el ejemplo de las fotos, el trébol rojo (*Trifolium pratense*) inicia su ciclo con el trigo pan (*Triticum aestivum*), y se van desarrollando juntos, aunque el crecimiento del trigo supera al del trébol inicialmente. De esa manera, el trébol cubre el entre-surco ocupando un nicho ecológico que, de no estar, podría ser ocupado por malezas (foto izquierda). Luego de la cosecha del trigo, el trébol desarrolla normalmente, ganando en competencia a posibles malezas que puedan emerger, aporta abundante forraje de calidad, cubre el suelo durante el verano y aporta grandes cantidades de nitrógeno a través de la fijación biológica.
- Otro mecanismo que puede darse con algunas especies de plantas utilizadas en cultivos asociados es la competencia hacia malezas. Un ejemplo para ello, podría ser el caso de *Avena sativa* con *Vicia sativa* o *Vicia villosa* asociadas como dos especies destinadas al forraje para los animales. Las vicias son especies volubles, de gran crecimiento, y en la extremidad de los tallos poseen sarcillos que le permiten “treparse” a tutores que encuentren, comúnmente la avena o malezas con las que compite y suprime su desarrollo.
- Otros ejemplos de asociaciones de cultivos para sistemas a gran escala podrían ser maíz (*Zea mays*) o sorgo (*Sorghum spp.*) con soja (*Glycine max*), maíz o sorgo con vicia, girasol (*Helianthus annuus*) con trébol rojo, girasol con caupí (*Vigna unguiculata*), girasol con vicia, entre otros.
- A su vez, cuando hay cultivos asociados, en contra posición a grandes extensiones con un solo cultivo, es más difícil que las enfermedades se vuelvan importantes, ya que la biodiversidad se comporta de barrera física, sobre todo con enfermedades que diseminan su inóculo con el viento como las royas en los cereales.
- También pueden utilizar los recursos (luz, agua, nutrientes) de manera diferente y complementaria. Esto puede llevar a un uso más eficiente de los recursos, un menor impacto ambiental e, inclusive, rendimientos más altos, es decir, una producción mayor por hectárea con cultivos asociados que con monocultivos.
- Son importantes para mantener la cobertura del suelo, evitando el aumento de temperaturas en verano, disminuyendo la erosión hídrica y eólica, y manteniendo la mayor parte del tiempo una cobertura viva sobre el suelo, potenciando los procesos biológicos que se dan en él.



Crédito foto: Claire Marsden

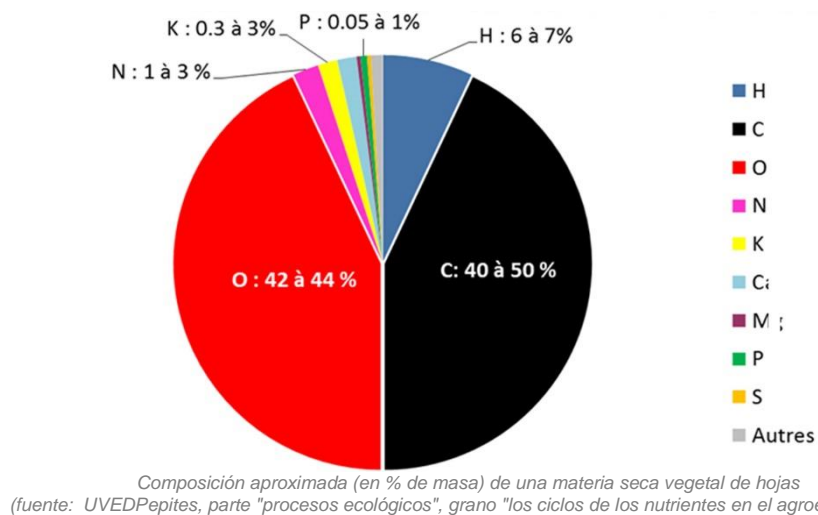
En esta parcela china en la provincia de Gansu, el agricultor obtiene un mayor rendimiento asociando Mijo (*Panicum miliaceum*) y Soja (*Glycine max*) que cultivándolos por separado.

EL DESAFÍO DE LA NUTRICIÓN DE LAS PLANTAS CULTIVADAS

Plantas y Nutrientes

Para crecer, las plantas necesitan construir materia vegetal, que se compone de varios elementos químicos diferentes:

- **De carbono C, oxígeno O e hidrógeno H:** representan más del 90% de la masa de la planta. C y O se obtienen del CO₂ de la atmósfera mediante el proceso de fotosíntesis, gracias a la energía lumínica. H proviene del agua del suelo.
- **De elementos que denominamos nutritivos:** aunque presentes en bajas concentraciones en las células vegetales, son esenciales para su crecimiento. Se extraen del agua del suelo, conocida como solución del suelo, por absorción radicular.



Entre estos nutrientes, los principales son el nitrógeno N, el fósforo P y el potasio K: su contenido en la planta es el más alto entre los elementos nutritivos, y la falta de uno de estos elementos es uno de los factores que más a menudo frena el crecimiento de las plantas cultivadas. Los otros elementos nutritivos son igualmente indispensables para las plantas, pero en menor cantidad y con menos frecuencia limitantes: azufre S, calcio Ca, magnesio Mg, hierro Fe, por ejemplo.

Los nutrientes en el ecosistema

Estos nutrientes circulan en el ecosistema bajo la influencia de organismos vivos, pero también de reacciones químicas y físicas del medio ambiente. Para describir esta circulación, hablamos de "ciclo biogeoquímico". El siguiente video describe este ciclo en un campo cultivado.

SECUENCIA 3D:

Sistemas agrícolas-ganaderos integrados de gran escala



Aportes de nutrientes para alimentar las plantas

En los sistemas extensivos o gran escala resulta muy difícil poder adicionar compost o materia orgánica de otros sitios, debido a las grandes superficies que se cultivan. Para lograr un correcto manejo de los agroecosistemas, y balancear los nutrientes que se extraen con los granos cosechados y carne, contribuyendo al reciclado de los mismos, resulta fundamental la integración de la ganadería con la agricultura en todas las dimensiones de los establecimientos productivos.

Con la utilización de cultivos asociados entre leguminosas y gramíneas, logramos fijar biológicamente el nitrógeno, y mediante el bosteo del animal buscamos reciclar los nutrientes y aportar material para la formación de materia orgánica (proceso de humificación). Para que los aportes sean homogéneos en toda la parcela de producción, necesitamos que los bosteos logren una distribución lo más uniformemente posible: ubicando las aguadas en el medio de los lotes, dando suplementos dietarios en las parcelas de forraje y/o pastoreando los recursos forrajeros con altas cargas animales instantáneas y de manera rotativa.

También podemos contar con los fertilizantes sintéticos, los cuales se producen industrialmente a partir de diferentes materias primas:

- Aire y petróleo para fertilizantes nitrogenados.
- Roca de fosfato y potasio extraídos de las minas para P y K.

Para el enfoque agroecológico, debemos realizar un diseño y manejo de los agroecosistemas de manera de evitar la inclusión de estos insumos en los establecimientos productivos, no solo porque son costosos sino también porque tienen problemas asociados:

Problemas relacionados con el uso de fertilizantes sintéticos

Después de varias décadas de uso de fertilizantes sintéticos, sabemos que esta "solución" también plantea muchos problemas:

- **De contaminación:** los nutrientes aportados a menudo no son consumidos completamente por las plantas. Son entonces desperdiciados, y luego se encuentran en exceso en las aguas de superficie y subterránea, causando muchos problemas ecológicos y de salud. Además, la producción de estos fertilizantes es una actividad industrial contaminante.
- **Al suelo:** la incorporación de fertilizantes sintéticos (sobre todo los nitrogenados) atenta contra la microbiología del suelo por los cambios bruscos de pH que ocasiona, siendo contraproducente para potenciar los procesos biológicos del suelo.
- **De sustentabilidad:** los fertilizantes se producen a partir de recursos no renovables - combustibles fósiles para fertilizantes nitrogenados, yacimientos minerales para fertilizantes fosfatados y potásicos. La explotación de estos recursos no es sustentable. Por ejemplo, se estima que, a este ritmo, los yacimientos de roca fosfatada se agotarán en el transcurso de los próximos cien años - y no tenemos ninguna opción que la reemplace.
- **Socio-económicos:** estos fertilizantes, producidos industrialmente en países desarrollados, no son accesibles a todos los agricultores. En muchas partes del mundo, los fertilizantes apenas están disponibles y son demasiado caros, fuera del alcance de los agricultores que a menudo tienen grandes necesidades cuando cultivan tierras degradadas.
- **Necesidad de utilización de una alta cantidad de energía para extracción, transporte, distribución** (como es el caso de la roca fosfórica y la necesidad de energía de petróleo para producción industrial de urea).

¿Cómo podemos resolver el “problema” de la nutrición de las plantas?

Ahora sabemos entonces que los fertilizantes sintéticos no son la panacea.

En agroecología, buscamos soluciones alternativas para asegurar una buena nutrición vegetal, minimizando o incluso eliminando el uso de fertilizantes sintéticos. Para ello nos inspiramos en los procesos ecológicos.

Por ejemplo, gracias a los cultivos asociados y la interacción animal-vegetal, buscamos aprovechar las capacidades de las diferentes especies vegetales para utilizar al máximo los recursos del suelo, hacer que el ciclo biológico sea lo más eficiente posible, maximizando la fijación biológica del nitrógeno y, por ende, limitando la necesidad de nutrientes externos.

SECUENCIA 3D:

Sistemas agrícolas-ganaderos integrados de gran escala

Los procesos ecológicos activados en los cultivos asociados



Procesos ecológicos de interacción para el acceso a los recursos del suelo: competencia, complementariedad de nicho, facilitación.



Adquisición del nitrógeno en los cultivos asociados

Los tres procesos de competencia, complementariedad de nicho y facilitación intervienen en la adquisición de nitrógeno por los cultivos asociados, especialmente en el caso frecuente de una asociación entre una planta perteneciente a la familia de las Fabáceas (o leguminosas) y una planta que no pertenece a ella (una Poaceae o cereal, por ejemplo).

La ventaja de este tipo de combinación de leguminosas y cereales es la capacidad de las leguminosas para lograr una fijación simbiótica del nitrógeno.

Veamos más de cerca lo que es esta fijación simbiótica y cómo funciona. Luego veremos cómo actúan las interacciones entre plantas fijadoras y no fijadoras para la adquisición de nitrógeno.

SECUENCIA 3D:

Sistemas agrícolas-ganaderos integrados de gran escala



Foto: un cultivo asociado de cereales y leguminosas en Lorraine, France (C. Marsden)

Fijación simbiótica del nitrógeno:

La fijación biológica del nitrógeno es una reacción de gran importancia, junto con la fotosíntesis. Esta reacción es responsable de la transformación de un gas inerte, el N_2 atmosférico, en formas reactivas de nitrógeno (N) que son cruciales para el funcionamiento de los ecosistemas.

Muchos microorganismos pertenecientes a la archaea (arqueas), las bacterias y las cianobacterias sintetizan la nitrogenasa y tienen la capacidad de fijar el nitrógeno, ya sea en combinación simbiótica o no con las plantas (fijadores libres).

En el caso de los simbióticos, la energía es suministrada por la planta huésped. Esta última opción permite un gran aporte de energía a partir de la fotosíntesis, y por lo tanto una fijación de nitrógeno muy acelerada en comparación con la de los organismos no simbióticos.

La asociación simbiótica de fijación de nitrógeno más conocida es la simbiosis rizobio-leguminosa. Esta simbiosis tiene lugar entre muchas especies de plantas de la familia de las Fabaceae (leguminosas), y muchas bacterias del género *Rhizobium* y *Bradyrhizobium*. La planta aloja las bacterias en estructuras simbióticas visibles a simple vista en el sistema radical, llamadas nodosidades o nódulos. En las nodosidades, la planta proporciona un ambiente favorable y una fuente de energía para las bacterias, que multiplican y fijan el nitrógeno de forma intensiva. De esta manera, la asociación beneficia a los dos simbioses: las bacterias acceden a una fuente de energía y las plantas recuperan los compuestos nitrogenados producidos en los nódulos.

Las leguminosas tienen así acceso a una fuente de nitrógeno a la que otras plantas no acceden y, por lo tanto, dependen menos que estas últimas de la disponibilidad de nitrógeno inorgánico en el suelo.

SECUENCIA 3D:

Sistemas agrícolas-ganaderos integrados de gran escala



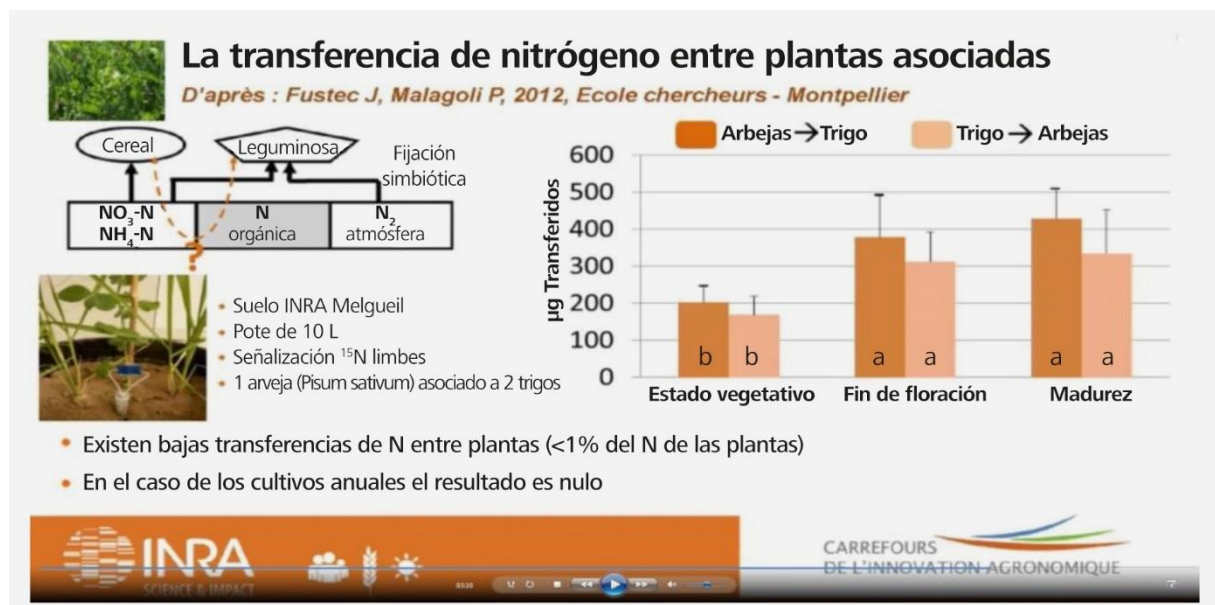
Foto: En este sistema de raíces de frijol (*Phaseolus vulgaris*), vemos pequeñas bolitas redondas: son nódulos.
Crédito de la foto: INRA, UMR Eco&Sols, Philippe Hinsinger

Foto: Nodosidades en Vicia sativa, observados como protuberancias blancas en las raíces.
Crédito de foto: Agustín Barbera, CEI Barrow (INTA- MAIBA), Tres Arroyos, Argentina.

La cantidad de nitrógeno fijada por la simbiosis rizobiana puede ser muy grande (alrededor de 60 kg de nitrógeno por hectárea al año para el maní, hasta más de 250 kg de nitrógeno por hectárea al año para los campos de alfalfa) pero también es muy variable según las condiciones ambientales. En particular, la presencia de una gran cantidad de nitrógeno mineral en el suelo inhibe la simbiosis: la planta no tiene ningún interés en invertir energía en nódulos si puede simplemente absorber nitratos del suelo.

En los sistemas a gran escala de la pampa argentina, luego de muchos años bajo el modelo de producción de carácter “industrial”, con una elevada utilización de insumos químicos, resulta fundamental inocular las semillas de leguminosas con las bacterias fijadoras de nitrógeno para lograr una correcta nodulación, y una fijación biológica considerable durante el cultivo.

Adquisición de N: los diferentes procesos de interacción



SECUENCIA 3D:

Sistemas agrícolas-ganaderos integrados de gran escala

Debido a esto, en los sistemas a gran escala integrados, resulta fundamental realizar una secuencia de cultivos y buscar la rotación sobre todo el establecimiento. Para aumentar la biodiversidad espacial y temporalmente aún más, los cultivos asociados con leguminosas son muy importantes.

Para lograr todos los beneficios antes mencionados por parte de la simbiosis, la secuencia de cultivos debería buscar tener cada cultivo asociado a una leguminosa, y de esa manera realizar un correcto balance de Nitrógeno de todo el sistema.

Así, las leguminosas asociadas a cada cultivo, van proveyendo el Nitrógeno necesario para los cultivos siguientes.

INTERACCIONES (CONOCIDAS Y POR DESCUBRIR) PARA LA ADQUISICIÓN DE FÓSFORO

Fósforo: ¡un elemento esencial, pero de difícil acceso!

El fósforo (P) es un nutriente muy importante para las plantas y a menudo es el elemento más limitante del crecimiento de las plantas. Sin embargo, es un recurso de difícil acceso en el suelo: ya sea porque no está muy presente (este es el caso de los suelos tropicales que a menudo son muy antiguos, que se han empobrecido en P con el tiempo), o porque está presente, pero en formas que están muy poco disponibles para las plantas; o por ambas razones a la vez.

En la agricultura, el aporte de fertilizantes fosfatados apunta a compensar la dificultad de acceso al fósforo y a sustituir el fósforo exportado por los cultivos. Pero estos aportes plantean 3 grandes problemas:

- Estos fertilizantes son elaborados a partir de roca de fosfato, que es un recurso mineral no renovable y se prevé que se agotará en los siglos venideros.



Mina de roca de fosfato. Fuente: wikipedia
Para más información visite el [sitio web de la FAO](#)



Fenómeno de eutrofización en la Deule en la ciudad de Lille [By F. lamiot \(own work\)](#)

SECUENCIA 3D:

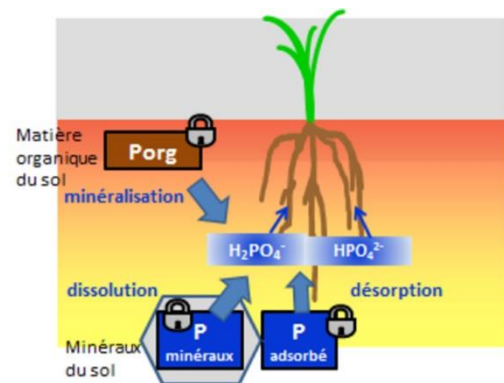
Sistemas agrícolas-ganaderos integrados de gran escala

- La fertilización excesiva puede resultar, mediante la erosión, en un exceso de nutrientes fosfatados en los cursos de agua, lo que puede provocar la eutrofización de los ecosistemas acuáticos.
- Sólo una pequeña fracción de los fosfatos introducidos es tomada por los cultivos. El resto interactúa rápidamente con los minerales del suelo y toma formas poco disponibles para las plantas. Los fertilizantes de fosfato son pues utilizados de manera muy ineficaz por las plantas.

Este triple problema hace que la adquisición de fósforo sea una cuestión muy importante para la agricultura. ¿Podemos encontrar sistemas agrícolas capaces de ser exitosos en condiciones de baja disponibilidad de fósforo? Esto nos lleva a plantearnos la siguiente pregunta: ¿pueden las interacciones de proximidad entre cultivos asociados ser importantes para la adquisición de fósforo?

¿Cómo adquieren el fósforo las plantas?

Las raíces son capaces de absorber iones fosfato, pero la gran mayoría del fósforo del suelo no se encuentra en esta forma y, por lo tanto, está muy poco disponible. Generalmente, se encuentra en formas orgánicas, integrado en la materia orgánica del suelo y en formas minerales.



Para que las plantas puedan transformar el fósforo de suelo que no está disponible, en fosfatos y absorberlos, las plantas utilizan un conjunto de mecanismos: adaptaciones de los sistemas radicales, simbiosis micorrítica y modificaciones químicas y biológicas de la rizosfera.

SECUENCIA 3D:

Sistemas agrícolas-ganaderos integrados de gran escala

Se sabe que las distintas especies y variedades de plantas utilizan todos estos mecanismos químicos y biológicos de diferentes maneras. Por esta razón, en un suelo dado, la cantidad de fósforo biodisponible difiere según la planta... y por lo tanto se puede esperar que los cultivos asociados tengan acceso a una mayor cantidad de fósforo en total que en monocultivos.

En un cultivo asociado de cereal y leguminosa

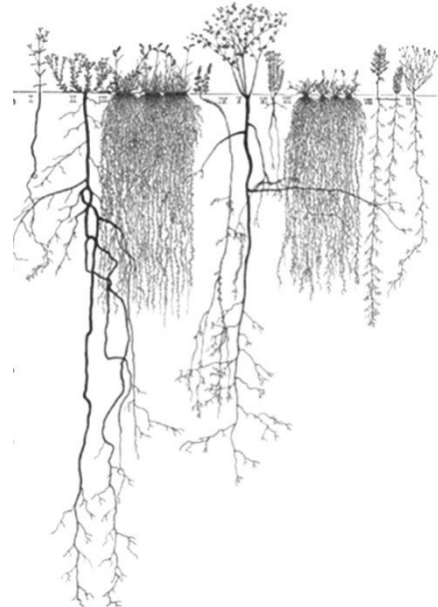
Philippe Hinsinger, director de investigación del INRA, y sus colaboradores franceses, chinos y alemanes, han trabajado mucho en dilucidar los mecanismos involucrados en la adquisición de fósforo en cultivos asociados.



Philippe Hinsinger (derecha), acompañado por colegas chinos y franceses durante una visita de campo de los sistemas de cultivo asociados en la meseta china de Loess. Foto: Claire Marsden

Sus trabajos nos enseñan que en un cultivo asociado puede haber complementariedad de nicho para la adquisición de fósforo:

- Una complementariedad espacial, a través de la diferenciación de arquitecturas radiculares de las plantas asociadas

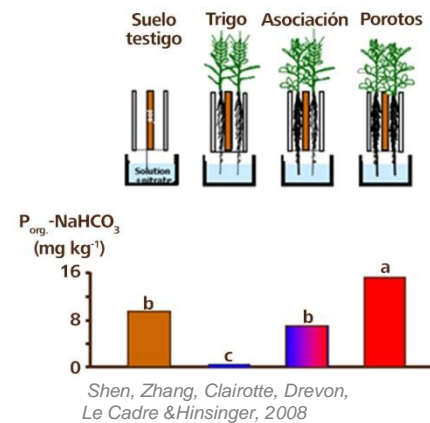


SECUENCIA 3D:

Sistemas agrícolas-ganaderos integrados de gran escala

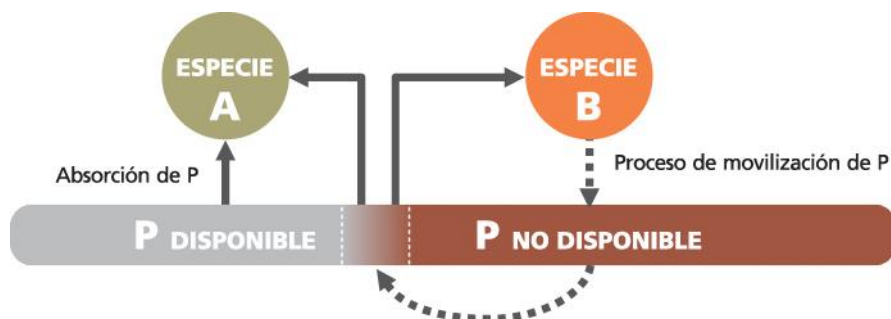
Esta representación de Kutschera (1960) de los sistemas radiculares de dos gramíneas coexistentes en un pastizal muestra que los diferentes sistemas están prospectando fracciones complementarias del suelo.

- Complementariedad biogeoquímica, si uno de los cultivos tiene la capacidad de movilizar una forma de P a la que el otro cultivo no tiene acceso.

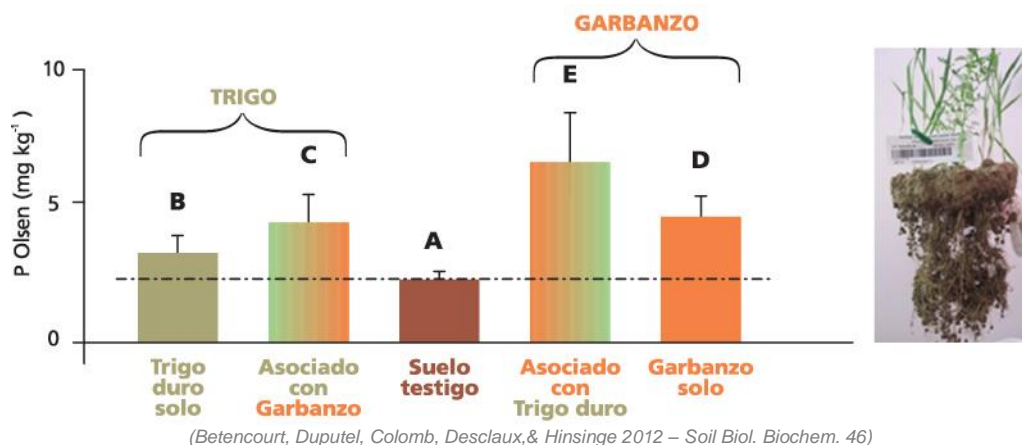


En el ejemplo de este experimento, los investigadores compararon el P orgánico de un fragmento de tierra en un suelo libre de plantas, un suelo de rizosfera de trigo, un suelo de rizosfera de frijol, y el suelo de rizosfera de trigo y frijol asociado. Los resultados parecen mostrar una complementariedad de nicho biogeoquímico, ya que el trigo ha utilizado P orgánico y no los porotos.

Pero estos investigadores también creen que puede haber un efecto facilitador de un cultivo a otro, es decir, una planta puede aumentar el volumen del P disponible, principalmente para sí misma pero también para la otra planta.



P por dos - Procesos rizosféricos implicados en la facilitación de la adquisición de P en un cultivo asociado (Hinsing, Betencourt, Bernard, Brauman, Plassard, Shen, Tang & Zhang 2001 - Plant Physiol. 156)

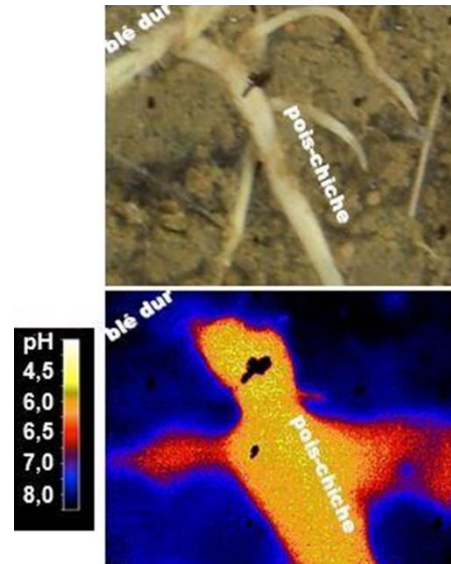


SECUENCIA 3D:

Sistemas agrícolas-ganaderos integrados de gran escala

En este ejemplo, P Olsen (uno de los indicadores P disponibles) fue sistemáticamente más alto en la rizosfera de Trigo y Garbanzo (*Cicerarietinum*) que en el suelo testigo (sin planta). Y estaba particularmente alto en la rizosfera de cada una de las especies de los cultivos asociados de Trigo y Garbanzo. Hubo entonces una interacción positiva entre estas dos plantas, que condujo a una mejor disponibilidad de P que en cultivos puros.

¿Qué mecanismo explica esta facilitación? Se pueden hacer varias hipótesis, por ejemplo, un efecto relacionado con el pH. Como se señaló anteriormente, la presencia de trigo puede haber causado que los garbanzos aumenten su actividad de fijación de N simbiótica. Ahora, la fijación de N es un proceso que conlleva la liberación de mucho H⁺ por las raíces, y por lo tanto a una acidificación.



(Blossfeld, Schreiber, Liebsch, Kuhn & Hinsinger 2013 – Ann. Bot.)

Fósforo: pensando en el balance de entradas y salidas del sistema en sistemas integrados de agricultura y ganadería

Si bien, como vimos hasta ahora, la asociación de cultivos podría ser beneficiosa al poner disponible el fósforo del suelo, en una mirada integral o sistémica, es importante mantener un balance al menos neutro entre el fósforo que sale del agroecosistema y el que podría ingresar.

Si realizamos un análisis del sistema en cuestión, al vender granos y/o animales, con ellos salen nutrientes que ya no tenemos dentro del suelo. Si queremos continuar realizando una producción sustentable, necesariamente tenemos que hacer ingresar esos nutrientes de algún modo. Una alternativa podría ser mediante fertilizantes sintéticos, pero ya vimos las problemáticas que pueden causar.

La utilización de compostaje u otras enmiendas o fertilizantes orgánicos pueden contribuir al balance de P, sin embargo, estas propuestas son difíciles de incorporar en sistemas a gran escala.

Una estrategia que resulta interesante para lograr el balance de fósforo en los agroecosistemas, es la suplementación de la dieta de los animales con sub-productos de la industria. Así, si tenemos una integración del ganado en todo el establecimiento, logramos que ingrese el fósforo como componente de un suplemento dietario de los animales y – mediante una correcta distribución de los bosteos- el fósforo llegue al suelo.

SECUENCIA 3D:

Sistemas agrícolas-ganaderos integrados de gran escala

Los suplementos dietarios pueden ser afrecho o salvado del trigo, expeler de girasol o de soja, entre otros. Así, no solo estaremos reponiendo fósforo sino otros microelementos y mejorando la dieta del animal si el suplemento lo utilizamos para balancearla (proteína, energía y fibra).

Por ejemplo, 1000 kg/ha de afrecho de trigo ofreciéndoselos a los animales como suplemento, tiene una cantidad de fósforo equivalente al que hay en 75 kg de Fosfato di-amónico (fertilizante sintético). Además, dándoselos cuando los animales están pastoreando un verdeo, se mejora la alimentación al balancear la dieta con fibra (por el afrecho), aumenta la producción de carne por hectárea, y también ingresan cantidades sustanciales de Calcio, Magnesio, Cobre, Hierro y Zinc.



Crédito de foto: Martín Zamora

En la foto, el afrecho de trigo ofrecido a los animales como suplemento, detrás de un alambrado eléctrico que delimita la parcela. Los animales lo comen mientras están pastoreando un verdeo de Avena asociada con Vicia.

Los sistemas de cultivos asociados pueden ser optimizados gracias a un conjunto de medidas agronómicas

Hemos visto que los cultivos asociados de plantas en los mismos estratos del ecosistema pueden beneficiarse de las interacciones positivas entre las plantas para la adquisición de nutrientes del suelo. Otros procesos ecológicos son potencialmente activados por la asociación de cultivos, como la distribución beneficiosa de los recursos lumínicos e hídricos o la reducción de la presión de malezas, plagas y enfermedades.

¡Pero no olvidemos! La magnitud de los beneficios para el agricultor/a y la sociedad de estos procesos ecológicos depende del enfoque y la gestión agronómica del sistema de cultivos asociados.

SECUENCIA 3D:

Sistemas agrícolas-ganaderos integrados de gran escala

Teniendo en cuenta que el agricultor implementa un itinerario técnico que acciona un conjunto de medidas agronómicas para establecer y manejar los cultivos asociados en su sistema integrado de agricultura y ganadería, les proponemos reflexionar sobre las potencialidades de las siguientes medidas que pueden optimizar los sistemas de cultivos asociados:

- La elección de las plantas a asociar.
- El sistema de siembra.
- La disposición de las diferentes especies.
- La densidad de siembra.
- Las fechas de sembrado y de cosecha.
- El aprovechamiento estratégico del forraje y suplementación.
- El Balance de nutrientes.

Pueden compartir sus respuestas a través del foro “Conjunto de medidas agronómicas”. También recorrer las respuestas formuladas por los/as colegas y comentar.

La elección de las plantas a asociar

El agricultor/a puede elegir las plantas que asociará en función de los beneficios ecológicos esperados por su combinación. Ciertas asociaciones de especies tienen de hecho, un interés particular: por ejemplo, aquellas que incluyen un cereal y una leguminosa pueden aprovechar al mismo tiempo los procesos de competencia y complementariedad de nicho.

Tanto la elección de especies a asociar, como la elección de variedades es igualmente importante. Es necesario tener en cuenta que las variedades más interesantes para cultivar asociadas no son necesariamente aquellas que rinden bien en un monocultivo.

La asociación de cultivos no siempre se realiza para buscar la cosecha o el aprovechamiento económico de todos los cultivos. En algunos casos, la leguminosa asociada puede cumplir un rol más bien ecológico, cubriendo los entre-surcos para ocupar el nicho y que no crezcan malezas, o simplemente fijar biológicamente nitrógeno para los cultivos siguientes.

PARA PROFUNDIZAR



- Folleto PerCom: <https://www6.montpellier.inra.fr/systerra-perfcom/Productions-PerfCom/Salons-plaquettes>
- Comportamiento de cultivares de trigo: https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_barrow_-_comportamiento_de_cultivares_de_trigo_b.pdf
- Actualización técnica en cultivos de cosecha fina 2016/17 (páginas 78 a 83): https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta-carpeta_fina_2016-17.pdf

Sistemas de siembra

El agricultor deberá priorizar también un sistema de siembra para realizar sus cultivos. Resulta fundamental buscar realizarla bajo el sistema de siembra directa, es decir sembrar los cultivos sin labranza (o con labranza mínima) dejando cobertura de suelo.

La siembra directa es un factor importantísimo para dejar cobertura de suelo, aportar residuos vegetales, disminuir la posible erosión eólica e hídrica, cuidar el suelo de las altas temperaturas del verano, entre otros; siempre y cuando esté acompañada de la rotación apropiada de cultivos, buena biodiversidad en el tiempo y espacio, y lograr el correcto funcionamiento de los ciclos biogeoquímicos.

El factor innovador dentro de este sistema de siembra en los sistemas extensivos, es que se busca realizar la siembra directa sin la utilización de herbicidas. Para lograr realizar la siembra de los cultivos sin labrar el suelo y sin la utilización de herbicidas, es fundamental que el cultivo anterior haya competido de manera correcta con las malezas (no las deje prosperar y semillar) y deje un residuo tal que la cobertura de suelo impida o retrase el nacimiento de nuevas especies espontáneas hasta que se establezca el cultivo siguiente y comience a competir.

Para ello, la integración de la ganadería con la agricultura resulta muy importante, ya que con estrategias como la competencia de los cultivos (forrajeros y de cosecha), la ocupación de nichos ecológicos con especies de interés y el pastoreo con altas cargas instantáneas, el productor o productora agropecuario puede minimizar el crecimiento de malezas.

No obstante, todos los conocidos beneficios de sembrar sin roturar el suelo, la labranza mecánica es a veces importante cuando la población de malezas complica la realización de la siembra en directa, o el suelo se observa muy pisoteado por el paso de los animales. De acuerdo con esto, el diseño y armado de la secuencia de cultivos y su rotación en el establecimiento resulta de vital importancia, ya que los cultivos asociados- sean para forraje o cosecha- deberán cumplir las funciones de competir con las malezas y evitar su semillazón, dejar el suelo con nutrientes disponibles para los cultivos siguientes, y ofrecer un producto e ingreso económico al agricultor/a.

La disposición de las diferentes especies

El agricultor puede elegir diferentes esquemas de siembra en sus combinaciones:

- Una mezcla al voleo
- Mezcladas en hilera (puede caer alguna de las semillas al voleo y la otra en hileras)
- Alternando entre hileras
- Intersiembras
- En franjas

Esta elección puede responder a un objetivo ecológico: por ejemplo, maximizar la proximidad entre los sistemas de raíces de las especies asociadas, o maximizar la intercepción de la luz; pero también puede estar condicionada por el equipamiento que disponga el agricultor/a (sembradoras, cosechadoras, etc.). Por ejemplo, la disposición en franjas de los agricultores chinos se asocia a menudo con el uso de maquinaria agrícola estrecha cuyo ancho corresponde al de la franja.

La disposición mezclada en la hilera implica que se necesita una solución técnica para cosechar y aprovechar las diferentes producciones. Esto no es obvio: de hecho, la cosecha mecanizada de los porotos no es la misma que la del trigo, por ejemplo.

Otra opción, como ya vimos, es que algunas de las especies asociadas solo estén cumpliendo un rol ecológico (aporte de nutrientes, cobertura de suelo, u ocupación de nicho para frenar malezas) y no sean destinadas a cosecha directa, sino aprovechadas en algún momento como forraje para los animales.

La densidad de la siembra

La densidad de siembra corresponde al número o peso de semillas sembradas por unidad de superficie (por ejemplo, por metro cuadrado). Generalmente, los agricultores/as conocen la densidad óptima de siembra para sus diferentes cultivos. Pero, ¿qué densidad de cada cultivo hay que elegir cuando los asociamos? La respuesta dista de ser obvia y depende de la asociación considerada, de las condiciones edafoclimáticas, y por supuesto de los objetivos del agricultor/a.

En los ejemplos que vimos de trigo con trébol rojo en el sur de la provincia de Buenos Aires, se utiliza una densidad normal del trigo (la que el agricultor/a está acostumbrado/a a realizar para su zona) y se adicionan entre 3-5 kg/ha de trébol rojo. En el caso de realizar una asociación de avena/vicia, se disminuye la densidad de avena (con respecto a cuándo se siembra sola), y se adicionan entre unos 15-40 kg/ha de vicia, quedando una mezcla que puede ser de aproximadamente 40 kg/ha de avena y entre 15-40 kg de vicia, según la especie, fecha de siembra y objetivo buscado.

En este último caso, la densidad de avena se disminuye en cultivos asociados ya que la vicia tiene un crecimiento importante y un carácter supresor frente a otras especies, como ya vimos.

Fechas de siembra y de cosecha

Por lo general, las especies no tienen el mismo ciclo biológico y no siempre es obvio o pertinente sembrar y cosechar las diferentes especies al mismo tiempo. Esto puede deberse a que los períodos óptimos de crecimiento no coinciden, o que se desea aprovechar o evitar la sincronización de las necesidades nutricionales de las diferentes especies vegetales. Puede entonces ser apropiado sembrar una de las dos especies primero, y luego la otra cuando la primera esté bien asentada.

A veces, esta práctica no es realizable en situaciones de sistemas a gran escala por el doble gasto en combustible y sembrado que tienen los agricultores/as. Debido a eso, se busca realizar la siembra en una sola vez con los cultivos asociados.

SECUENCIA 3D:

Sistemas agrícolas-ganaderos integrados de gran escala

Si bien a veces los cultivos elegidos para asociarse no tienen la misma fecha recomendada de siembra o sus periodos óptimos de crecimiento no coinciden, cuando asociamos cultivos en sistemas a gran escala buscamos que uno de ellos cumpla un rol ecológico (en algunas ocasiones también económico al ser pastoreado y transformado en kilos de carne) y otro económico, y aunque uno de ellos se siembra en una fecha no optima, igualmente logra un buen desarrollo y la función deseada en el agro-ecosistema.

Un ejemplo es el trigo con trébol rojo como vimos anteriormente. En este caso, el trébol se siembra en invierno junto con el trigo (la época optima de siembra del trébol es durante el otoño). Otro caso puede ser la asociación de sorgo (*Sorghum*) con Vicia, que vemos en la foto que se encuentra debajo, en el centro-sur de la provincia de Buenos Aires- Argentina. Aunque la época óptima de siembra para lograr un buen desarrollo de la vicia es durante el otoño, esta asociación se siembra durante la primavera avanzada y aun así la vicia logra establecerse correctamente entre el sorgo, cumpliendo un rol importante. Si este recurso es pastoreado, la vicia mejora la dieta al aportar grandes cantidades de proteína. Si se cosecha el sorgo, la vicia cubrió el entresurco evitando el nacimiento de malezas, aportó nitrógeno mediante fijación biológica, y puede ser un recurso para pastoreo luego de la cosecha del sorgo.



Crédito de foto: Agustín Barbera

En muchos casos, los agricultores/as practican también sistemas de “cultivos asociados en relevo”: esto significa que se siembra la segunda especie entre las hileras de la primera cuando esta ya se encuentra bien desarrollada o incluso al final de su ciclo, lo que es una forma de maximizar la utilización del espacio y la luz, y a menudo permite cultivar dos especies en una temporada en lugar de sólo una.

Por ejemplo, en el norte de Tailandia, muchos agricultores siembran garbanzos entre las hileras de maíz (*Zea mays*) una vez que éste empieza a madurar. El garbanzo se desarrolla entre los tallos del maíz cuando estos comienzan progresivamente a secarse y completa su ciclo luego de la cosecha del maíz. Si el garbanzo fuera sembrado luego de la cosecha del maíz, no tendría tiempo, la mayor parte de los años, para completar su ciclo antes del final de la temporada de crecimiento. En Argentina, puede implementarse este sistema de manera parecida, incorporando semillas “al voleo” de avena/vicia sobre los maíces en crecimiento. Esto hace que, al momento de la cosecha del maíz, haya un crecimiento importante de avena/vicia, que puede ser pastoreada por los animales con algunos aportes de los tallos de maíz (fibra) y algunos granos y marlos caídos en la cosecha (energía).

Las fechas de cosecha pueden ser calculadas para recolectar cada especie en su madurez, o bien para hacerlas coincidir en la madurez del cultivo más tardío. Siempre se encuentran condicionadas por las formas de cosecha y el tipo de equipamiento disponible, lo que puede permitir o no cosechar los cultivos por separado.

SECUENCIA 3D:

Sistemas agrícolas-ganaderos integrados de gran escala

Aprovechamiento estratégico del forraje y suplementación. Otra de las estrategias que debe tener en cuenta el agricultor/a, es el momento de aprovechamiento de los forrajes. Esta decisión también resulta fundamental para lograr el éxito de la siembra de los cultivos siguientes sin labrar el suelo ni utilizar herbicidas.

En la foto siguiente, podemos ver una avena asociada con vicia, que al momento de pastoreo está dejando cobertura de suelo y ha competido notoriamente con malezas. En algunos casos, el momento de pastoreo no es el óptimo en cuanto a la mejor calidad aprovechable de los cultivos, pero desde un enfoque sistémico es el mejor momento de realizarlo y poder sembrar posteriormente sin utilizar agroquímicos, y ofrecer un suelo en ideales condiciones nutricionales por la fijación biológica de las leguminosas.



Crédito de foto: Agustín Barbera y Martín Zamora

Otra de las decisiones que puede tomar el agricultor/a, es suplementar la dieta ofrecida al ganado con algún grano, u otro derivado de la industria, para balancearla y lograr mejores ganancias de peso diarias para aumentar su producción de carne.

Esta estrategia resulta muy utilizada en los establecimientos productivos a gran escala, y generalmente es ofrecida a los animales en bateas o alimentadores mientras están encerrados en una parcela pequeña de manera permanente durante 45-60 días, sobre todo cuando están en el último periodo productivo (terminación). Desde el punto de vista agroecológico, de esa manera se están acumulando las deposiciones (bosta y orina) en un único sector del campo, que generalmente no es introducido en la rotación de cultivos, dificultándose el reciclado de nutrientes. Sería conveniente que – de realizarse la suplementación – sea mientras los animales están comiendo forraje “en pie” y las bateas o alimentadores estén en las parcelas para eficientizar el reciclado de nutrientes mediante una homogénea distribución de los bosteos.

Balance de nutrientes

Cuando pensamos en las asociaciones de cultivos, tenemos que tener en cuenta una secuencia a realizar según el establecimiento productivo y los objetivos del productor/a. Para ello, cada especie asociada debe cumplir el rol de generar un ingreso económico, pero además dejar un suelo bien provisto de nutrientes disponibles y poca cantidad de malezas para el cultivo siguiente. Sólo de esta manera, logramos disminuir el uso de insumos de síntesis química en los establecimientos a gran escala.

SECUENCIA 3D:

Sistemas agrícolas-ganaderos integrados de gran escala

Para realizar cultivos con buen desarrollo y rendimientos aceptables, debemos tener un suelo provisto de nutrientes disponibles. Si buscamos minimizar el aporte de fertilizantes de síntesis química, el balance de nutrientes mediante procesos biológicos resulta fundamental.

Con el aporte de leguminosas asociadas a cada cultivo que se realiza, el nitrógeno está balanceado correctamente, aunque se podrían calcular las extracciones por parte de los granos cosechados, la hacienda vendida del establecimiento, y cuánto es el nitrógeno que ingresa estimativamente por fijación biológica de las leguminosas utilizadas. A su vez, se puede llevar un control mediante análisis periódico del suelo y analizando la evolución de su calidad.

De la misma manera, se busca realizarlo con el fósforo, haciendo un balance de todo el sistema y buscando una neutralidad entre las extracciones y el ingreso mediante sub-productos de la industria.

Conclusión

Finalmente, comprendemos bien que la implementación de un sistema de cultivos asociados necesita un verdadero cálculo agroecológico. Buscamos maximizar el beneficio en términos de servicios ecosistémicos ligados a las interacciones ecológicas entre las plantas y sobre el suelo, accionando medidas agronómicas a escala de la parcela, todo ello teniendo en cuenta la necesidad de la sociedad y de los agricultores.

PARA PROFUNDIZAR



- Interacción entre cultivos asociados y control de plagas, enfermedades y malezas: <https://www6.inra.fr/ciag/CIAG-Agriculture/Associations-vegetales>

Elección de variedades de plantas y selección de variedades para la utilización en cultivos asociados:

- Folleto del proyecto Percom: <http://www6.montpellier.inra.fr/systerra-percom/Productions-PerCom/Salons-plaquettes>
- CIAG de Bernadette Julier: <https://www6.inra.fr/ciag/CIAG-Agriculture/Associations-vegetales>

Consideraciones de investigadores sobre los sistemas agrícolas-ganaderos integrados y los cultivos asociados

En esta parte les proponemos seguir los procesos y cuestionamientos de diferentes investigadores que se han interesado en los sistemas agrícola-ganaderos integrados y los cultivos asociados. Verán que estos investigadores se interesan también por aspectos muy fundamentales, sobre el condicionamiento de los procesos ecológicos de interacción entre cultivos asociados a escala de un terrón de tierra, lo que tiene aspectos eminentemente prácticos sobre la implementación de los cultivos asociados, a escala del territorio y de la sociedad.

SECUENCIA 3D:

Sistemas agrícolas-ganaderos integrados de gran escala

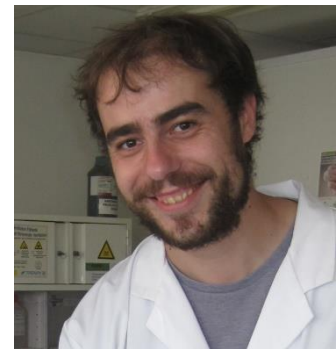
Primero veremos la opinión sobre los cultivos asociados de Simon Boudsocq, investigador ecólogo en el INRA, siguiéndolo en el invernadero experimental de la UMR Eco&Sols en Montpellier. Luego, veremos un ejemplo de la aplicación de la agroecología a gran escala: la investigación en la Chacra Experimental Integrada Barrow en Tres Arroyos, Provincia de Buenos Aires (INTA-MAIBA). Los resultados obtenidos de esta experiencia, dieron lugar a un trabajo de extensión con productores de la región iniciando una transición agroecológica en sus establecimientos.

1. Un investigador ecólogo examina los procesos de interacción en un invernadero experimental.
2. Un módulo demostrativo de INTA (CEI Barrow, Tres Arroyos, Argentina) compara el enfoque agroecológico con el modelo industrial actual de producción en sistemas a gran escala, y continua con un trabajo de extensión con productores agropecuarios de la región.

Cómo un investigador ecólogo aborda el tema de la activación de procesos de interacción positiva en los cultivos asociados

Nos centraremos aquí en la visión de un ecólogo sobre los cultivos asociados y sus beneficios en términos de nutrición de los cultivos.

Simon Boudsocq, ecólogo del INRA, se inspiró en una importante hipótesis de la ecología: la hipótesis del gradiente de estrés. El busca precisar y validar esta hipótesis en el caso de los cultivos asociados.



monBoudsocq (foto C Marsden)

Primero explicaremos cuál es esta hipótesis. Luego visitaremos a Simón en su laboratorio, en el corazón de un experimento realizado en la primavera de 2015, y finalmente nos preguntaremos cómo su investigación nutre la agroecología.

En esta sección, abordaremos:

1. ¿Las interacciones positivas serían mayores en caso de una disponibilidad limitada de nutrientes? La hipótesis del gradiente de estrés.
2. Un experimento de laboratorio para medir las interacciones positivas entre cultivos asociados en respuesta a un gradiente de estrés nutricional.
3. ¿Qué implicancias para la agroecología?

SECUENCIA 3D:

Sistemas agrícolas-ganaderos integrados de gran escala

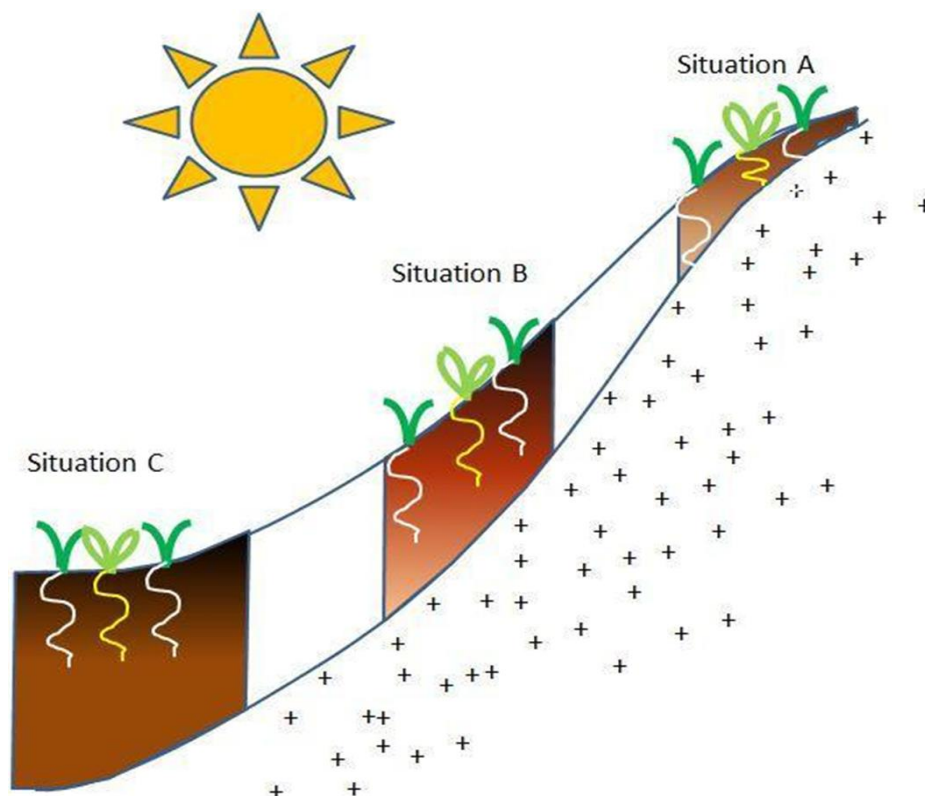
Las interacciones positivas serían mayores en caso de una disponibilidad limitada de nutrientes. La hipótesis del gradiente de estrés

Como hemos visto, la facilitación en las comunidades vegetales es cuando una planta ayuda a su vecina a establecerse, sobrevivir o crecer. Por lo tanto, es una interacción positiva, al igual que la complementariedad de nicho.

A menudo se ha observado la facilitación en entornos naturales. Sin embargo, las observaciones mostraron que la facilitación de una especie por otra no era necesariamente sistemática, y que parecía ser más importante cuando las condiciones ambientales eran más restrictivas para las plantas. Por ejemplo, en las zonas secas, el efecto positivo de la presencia de ciertos arbustos o árboles sobre la supervivencia de los plantines sería aún más visible en condiciones secas. Esta observación llevó a los ecólogos a proponer durante la década de 1990 la «Stress-GradientHypothesis », o hipótesis de gradiente de estrés:



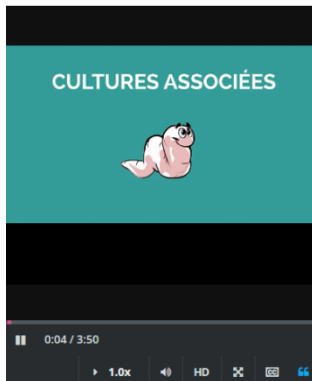
Según esta hipótesis, cuanto más "estresante" sea el entorno, más importantes son las interacciones positivas, e inversamente, cuanto menos estresante sea el entorno, más serán las interacciones negativas, como la competencia, las que prevalezcan.



SECUENCIA 3D:

Sistemas agrícolas-ganaderos integrados de gran escala

La experiencia del lupin-trigo



Aportes para la agroecología

Vimos a Simon y Camille en el invernadero y el laboratorio, realizando un experimento ecológico sobre especies vegetales de interés agronómico. ¿De qué manera los resultados de este experimento conducirán eventualmente a aplicaciones concretas en agroecología?

Un módulo demostrativo de INTA (CEI Barrow, Tres Arroyos, Argentina) compara el enfoque agroecológico con el modelo a base de insumos en sistemas a gran escala, y repercute en el inicio de transiciones agroecológicas en establecimientos de productores agropecuarios de la región.

En enero de 2011 se estableció un módulo de 8 hectáreas dentro de un lote de producción de la Chacra Experimental Integrada Barrow (INTA-MAIBA), ubicada en el partido de Tres Arroyos, provincia de Buenos Aires (Argentina). Sobre un suelo Paleudolpetrocálcico, con limitaciones en el perfil por presencia de un manto calcáreo que varía entre 0,3 y 0,6 m.



SECUENCIA 3D:

Sistemas agrícolas-ganaderos integrados de gran escala

Sobre el módulo AGROE, un equipo de trabajo planificó un manejo agroecológico de cultivos extensivos, teniendo como ejes centrales los principios de la Agroecología: visión sistémica, aumento de biodiversidad, integración agrícola-ganadera, balance y ciclado de nutrientes, utilización de cultivos de cobertura y el manejo integrado de plagas con el objetivo de disminuir progresivamente el uso de plaguicidas.

El resto del lote fue considerado como módulo de producción actual, y que realiza el manejo agrícola-ganadero predominante de la región: uso intensivo de insumos (fertilizantes y plaguicidas), simplificación de la biodiversidad y del sistema. En la Tabla 1 se indican las rotaciones y secuencias realizadas en cada uno de los módulos.

MÓDULOS	FECHAS DE SIEMBRA DE CADA CULTIVO									
	15/7/2010	1/3/2011	18/8/2011	21/7/2012	2/3/2013	20/11/2013	26/7/2014	2/3/2015	3/12/2015	1/8/2016
AGROE	Trigo candeal + Trébol rojo	Avena vicia	Sorgo grani-fero inter-sembrado con soja	Trigo candeal multivarietal + Trébol rojo	Avena vicia	Sorgo y maíz con vicia	Trigo candeal multivarietal + Trébol rojo y alfalfa	Avena vicia	Sorgo y maíz con vicia	Trigo Pan multivarietal + Trébol rojo
ACTUAL	Trigo candeal	Avena para verdeo	Soja 1ra	Trigo candeal	Avena vicia	Soja 1ra	Trigo candeal	Avena para verdeo	Soja 1ra	Trigo candeal

Tabla 1. Rotaciones y secuencias de cultivo en cada módulo.



Explicar el uso de insumos en los primeros años

En la tabla 2 se muestran los resultados productivos obtenidos:

AÑO	AGROECOLÓGICO			ACTUAL		
	Cultivo	Producto	Rendimiento (kg/ha)	Cultivo	Producto	Rendimiento (kg/ha)
2001	Avena-vicia	Carne	147	Avena	Carne	100
2011/12	Sorgo-soja	Carne	163	Soja	Grano	1200
2012	Trigo candeal + Trébol rojo	Grano	2900	Trigo candeal	Grano	3600
2013	Avena-vicia	Carne	305	Avena	Carne	467
2013/14	Sorgo	Carne	94	Soja	Grano	0*
2014	Trigo candeal + Trébol rojo	Avena para verdeo	3800	Trigo candeal	Grano	3800
2015	Avena-vicia	Carne	305	Avena	Carne	227
2015/16	Mz/Sg Vi	Carne	171	Soja	Grano	2200
2016	Trigo Pan + Trébol rojo	Avena para verdeo	2400	Trigo candeal	Grano	2000

Tabla 2. Producciones obtenidas en el módulo agroecológico y actual, para cada año. Se muestran los rendimientos (en kg/ha), ya sean en cantidad de carne producida o en cantidad de grano cosechados, por unidad de superficie.

SECUENCIA 3D:
Sistemas agrícolas-ganaderos integrados de gran escala

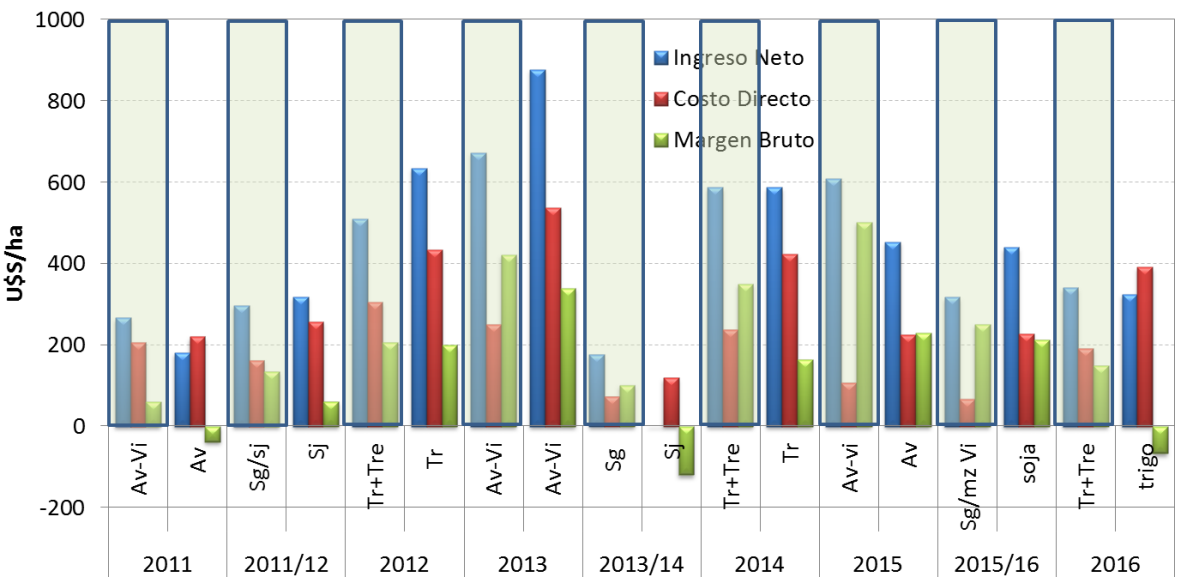


Figura 1. Costo Directo, Ingreso Neto y Margen Bruto según sistema productivo (U\$S/ha). En recuadros azules se indican los resultados del cultivo realizado bajo el modelo AGROE. *El costo incluye el picado para la confección de silaje de avena, utilizado para la producción de carne de ese año. Por falta de precipitaciones el cultivo de soja no prosperó.

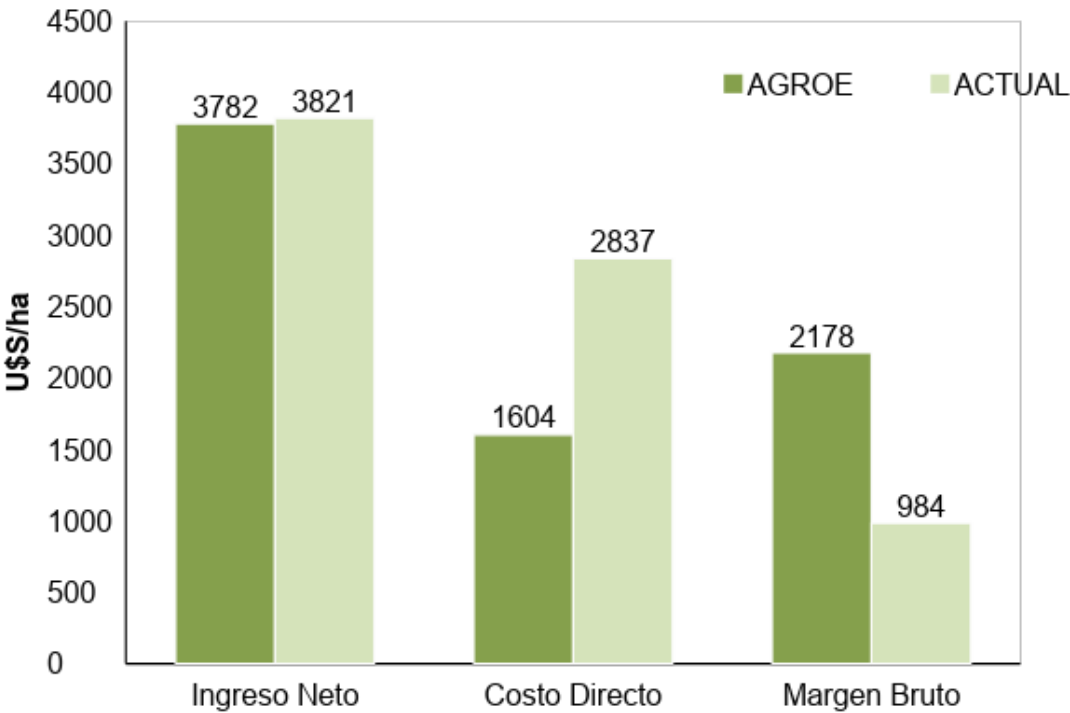


Figura 2. Ingreso neto, costo directo y margen bruto acumulado durante los 9 cultivos realizados, para cada modelo productivo.

SECUENCIA 3D:

Sistemas agrícolas-ganaderos integrados de gran escala

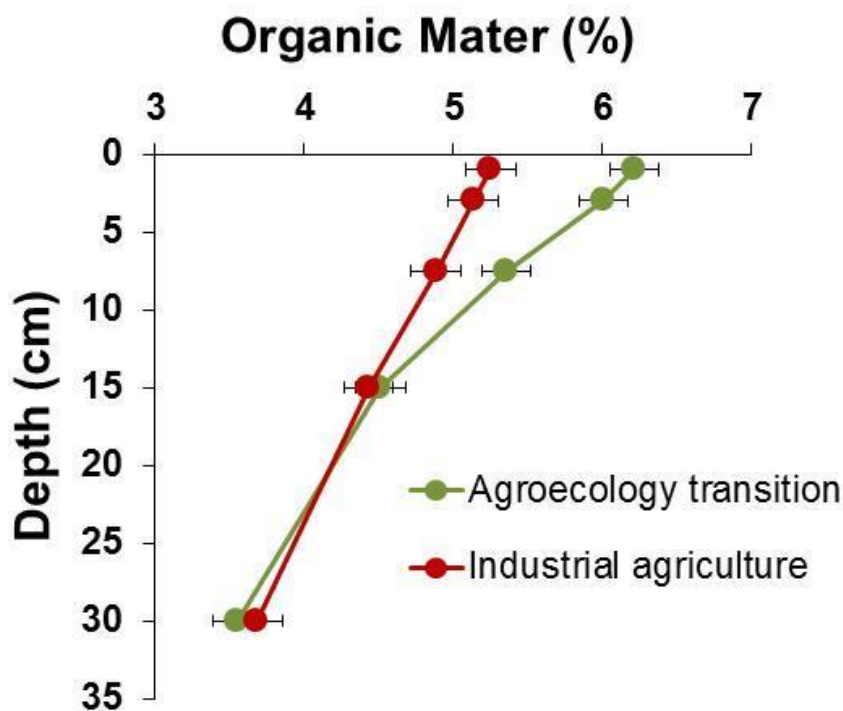


Figura 3. Distribución del contenido de material orgánica (expresada en % de suelo) en profundidad del módulo agroecológico (agroecology transition) y del módulo actual (industrial agricultura).

El lote para el año 2010 era en su totalidad manejado bajo el enfoque industrial de producción. Luego de 6 años de transición agroecológica en el AGROE, el contenido de materia orgánica aumentó de 4,98 a 5,6%.

Esta experiencia nos permitió demostrar que el margen bruto por cultivo y global fue mayor en el modelo AGROE, quedando enmascarado este resultado si solo se observa el ingreso neto.

La visión parcial y cortoplacista del modelo ACTUAL basado en la búsqueda de altos rendimientos, ha elevado los costos productivos, la dependencia de insumos de síntesis química y el riesgo de contaminación por agroquímicos. Por otra parte el modelo AGROE basa sus principios en el fortalecimiento de los procesos biológicos, las interacciones de los diferentes componentes del sistema, el aumento de la biodiversidad, que disminuyen la necesidad de la utilización de productos de síntesis química.

SECUENCIA 3D:

Sistemas agrícolas-ganaderos integrados de gran escala

Trabajando con productores agropecuarios del centro-sur de la provincia de Buenos Aires

Estos resultados han facilitado el inicio de un proceso de transición agroecológica en varios productores agropecuarios de la región. Los técnicos de CEI Barrow (INTA-MAIBA) acompañaron un proceso investigación-acción participativa, y buscando la co-construcción de conocimientos entre los agricultores y los técnicos de INTA, se han desarrollado diferentes experiencias que se multiplican año a año.

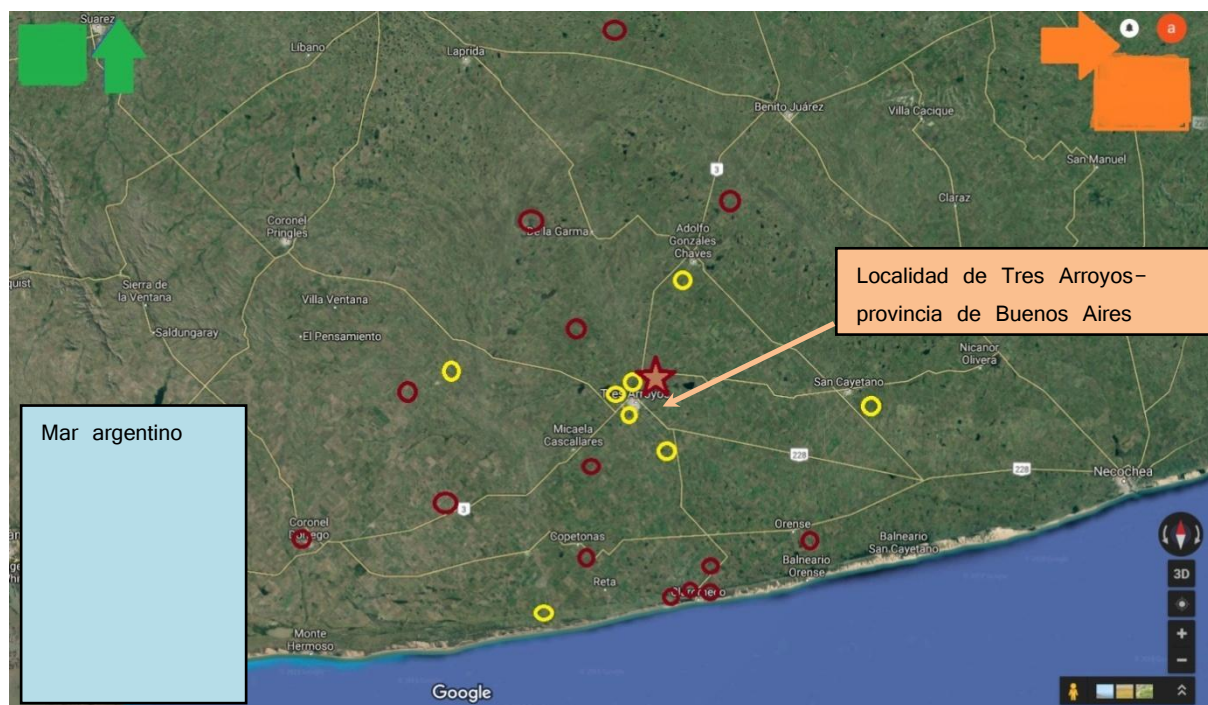


Figura 4. Puntos de referencia de los productores que comenzaron una transición agroecológica (en rojo). Productores que han generado interés y están por comenzar sus experiencias de transición hacia la agroecología (en amarillo). Chacra Experimental Integrada Barrow INTA-MAIBA (estrella).

En estas experiencias, se busca ir aplicando el enfoque agroecológico a los sistemas productivos de cada productor. Previamente, se realiza un análisis y diagnóstico de cada sistema, de manera participativa y grupal, para reconocer cuál es el manejo que realiza el productor/a, cuáles son los mayores ingresos en insumos al establecimiento (y para qué los utiliza), y cuáles son los objetivos.

SECUENCIA 3D:

Sistemas agrícolas-ganaderos integrados de gran escala



Luego, se busca ir aplicando los principios agroecológicos que estuvimos viendo en toda la secuencia. En ocasiones, se plantea iniciar en algún lote/parcela, y que luego se vaya reproduciendo al manejo de todo el establecimiento, para que los agricultores/as vayan observando el avance, tanto productivo como en el suelo. En otros casos, se van incorporando las estrategias en todo el establecimiento paulatinamente.

Cada estrategia implementada, como asociaciones de cultivos o mejora de la distribución de los bosteos, sirve para que podamos entre todos estimular el enfoque sistémico y que, con cada una de ellas, observemos lo sucede con la maleza, con el suelo, con la fauna edáfica, insectos, entre otros.

