

APORTES CIENTÍFICOS Y TECNOLÓGICOS DEL INIA A LAS **TRAYECTORIAS AGROECOLÓGICAS**

Editores: Georgina Paula García-Inza, José Paruelo y Roberto Zoppolo



Introducción general

¿De qué hablamos cuando decimos agroecología y trayectorias agroecológicas?

José María Paruelo, Roberto Zoppolo y Georgina Paula García-Inza

1. Un poco de historia

Desde inicios del siglo xx se instaló, particularmente en el ámbito académico, la idea de aplicar principios y modelos ecológicos para comprender los desafíos que planteaba el manejo de sistemas agrícolas y operar sobre ellos. En un primer momento, la preocupación fundamental era la productividad de los cultivos. En 1973, Richard Levins argumentó extensamente acerca del beneficio de integrar los marcos conceptuales de la ecología y de las ciencias agrarias. El uso de modelos de dinámica de poblaciones para simular el comportamiento de un insecto plaga, el estudio de las comunidades vegetales para entender las interacciones en cultivos polifíticos, el uso de modelos relativos a la dinámica predador-presa para analizar la relación entre un fitófago y una avispa parásita, el esquema de dinámica de los nutrientes en el ecosistema para caracterizar niveles de fertilidad actual y potencial o la aplicación de los procesos de selección asociados a la formación de ecotipos son algunos de los ámbitos en donde la ecología ayudó a entender procesos de importancia agronómica.

Pero también la agronomía contribuyó al desarrollo de la ciencia ecológica: los cultivos y las pasturas sembradas se constituyeron en laboratorios en donde se desarrollaron, por ejemplo, nuevos modelos de la interacción entre especies, de procesos coevolutivos o de la dinámica trófica. Un ejemplo que documenta este vínculo, muy difundido e influyente, es la aplicación de la idea de sucesión ecológica propuesta por Clements (1916) al manejo de pastizales en los Estados Unidos

(Dyksterhuis, 1949). Este modelo conceptual incorporaba la idea de “climax” sucesional y de factores de perturbación que apartaban al sistema de pastizal de dicho estado. Típicamente, esos factores eran el pastoreo y la sequía. Estas ideas contribuyeron mucho al manejo de estos sistemas, pero en la segunda mitad del siglo xx se acumularon evidencias que mostraban sus limitaciones. El desarrollo de la teoría ecológica, en particular las ideas de no-equilibrio y de estados alternativos, permitió a Westoby *et al.* (1989) desarrollar un modelo conceptual nuevo.

En nuestra región, Alberto Soriano resumió el aporte de la ecología a la comprensión de los procesos de enmalezamiento en Argentina en un artículo titulado “Gloria y miseria de las malezas” (Soriano, 1975), en el que hacía una síntesis de cómo el estudio de la autoecología de las plantas, de las relaciones de competencias, de las presiones de selección, entre otros temas, ayuda al diseño de sistemas de control de las malezas eficaces y eficientes. Esas ideas cristalizaron el desarrollo de sistemas de control del chamico (*Datura ferox*) y del sorgo de Alepo (*Sorghum halepense*) que ponían el énfasis en la dinámica del agroecosistema y que constituyen excelentes ejemplos de manejo integrado de plagas (Ghersa *et al.*, 1990; Satorre *et al.*, 1985, 2003).

Si bien el término “agroecología” había sido acuñado en los años 60 (Tischler, 1965), no necesariamente se aplicó a la descripción de los trabajos en los que la teoría ecológica contribuía a dar respuesta a problemas agronómicos. A partir de la década de 1980, el concepto se consolidó (Altieri, 1989) y comenzó a difundirse en la literatura y en la práctica social. Al objetivo original de usar modelos ecológicos para el desarrollo de sistemas más productivos se sumó la preocupación por cuestiones ambientales y sociales. El desarrollo del “ambientalismo” en esta parte del siglo xx (Mann, 2018) tuvo sin duda una influencia decisiva en la consolidación de la idea de agroecología. A esta influencia se añadió la articulación de saberes asociados a movimientos campesinos y a pueblos originarios con el trabajo académico.

2. Agroecología y trayectorias

El término agroecología es un concepto polisémico cuyo alcance depende del contexto de utilización. La agroecología es alternativamente concebida como un movimiento social o político, una disciplina científica o como una práctica agronómica. Por un lado, se asocia al diseño de sistemas de producción agropecuaria más amigable desde el punto de vis-

ta social y ambiental. En la definición de estos sistemas suele haber un componente muy relacionado con valores ligados a prácticas ancestrales, respecto a formas de producción tradicional, a perspectivas ideológicas, etc. Esta acepción representa una visión normativa o prescriptiva de la agroecología. Desde una óptica más estrecha, se agrupa bajo esta denominación tanto al estudio de patrones y procesos ecológicos en sistemas agropecuarios como al uso de los conceptos ecológicos en la solución de problemas agronómicos. En el primer caso, los estudios de manejo integrado de plagas, de competencia en policultivos, de efectos del pastoreo o de eficiencia trófica ponen de manifiesto cómo los agroecosistemas permiten entender aspectos ecológicos básicos. En el segundo caso, los conceptos aportados por la ecología, en combinación con la agronomía, permiten diseñar prácticas y tecnologías que satisfacen distintos estándares en cuanto a una serie de aspectos asociados, entre otros, al nivel de aplicación de insumos (principalmente agroquímicos), a la preservación de la biodiversidad o a aspectos sociales (por ejemplo, adecuación a producciones familiares, de pueblos originarios o agricultura campesina).

Todas estas acepciones del término agroecología describen entidades conceptuales valiosas e importantes, pero distintas. Por lo tanto, es necesario definir con claridad el alcance específico del término, particularmente cuando en torno al mismo se van a desarrollar acciones específicas (investigaciones, transferencia, actividades sociales y/o políticas, etc.). Las definiciones son muchas y variadas en cuanto a los énfasis. La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) resumió buena parte de las definiciones disponibles, tanto en el ámbito académico, empresario, de organizaciones no gubernamentales (ONG) como político.¹ Estas definiciones muestran la diversidad de enfoques con que se aborda la agroecología y pueden evaluarse sobre la base de los aspectos que se considera: económicos, ambientales, sociales, o del vínculo con la soberanía alimentaria, la comercialización, las prácticas agronómicas. También pueden evaluarse en cuanto a la promoción de la diversificación, de la investigación, la educación, la equidad de género y la incorporación de tecnologías (Tabla 1). Ninguno de los enfoques considera todos estos aspectos, aunque sí, en general, son multidimensionales, incluyendo referencia a entre seis y diez dimensiones.

1 Véase: <[http://www.fao.org/agroecology/knowledge/definition/es/?page=3&iipp=6&no_cache=1&tx_dynalist_pi1\[par\]=YT0xOntzOjE6IkwiO3M6MT0iMiI7fQ=>](http://www.fao.org/agroecology/knowledge/definition/es/?page=3&iipp=6&no_cache=1&tx_dynalist_pi1[par]=YT0xOntzOjE6IkwiO3M6MT0iMiI7fQ=>)>.

TABLA 1. INSTITUCIÓN U ORGANISMO, SITIO WEB Y DIMENSIONES MENCIONADAS EN LAS DEFINICIONES DE “AGROECOLOGÍA” RECOPIADAS POR LA FAO

Definición	Sitio web	Dimensiones mencionadas en la definición												
		Económica	Ambiental	Social	Ecológica	Soberanía alimentaria	Comercialización	Prácticas agronómicas	Diversificación	Investigación	Educación	Equidad	Géneros	Tecnologías
United States Department of Agriculture (USDA)														
Francia - Les fondements de l'agro-écologie														
Costa Rica - Reglamento de la Ley de Uso, Manejo y Conservación de Suelos	http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/cos30828.pdf													
Brasil - National Policy for Technical Assistance and Rural Extension	http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/bra158754.pdf													
Nicaragua - Norma técnica obligatoria nicaragüense sobre caracterización, regulación y certificación de unidades de producción agroecológica	http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/nic138639.pdf													
Venezuela - Ley de Salud Agrícola Integral	http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ven83245.pdf													
Sevilla Guzmán y Soler Motiel, 2009	https://seminariod-lae.files.wordpress.com/2012/10/c2-eduardo-sevilla-y-marta-soler.pdf													
Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología (SOCLA), 2015	https://agroeco.org/wp-content/uploads/2015/11/Agroecology-training-manual-TWN-SOCLA.pdf													

(Continúa en página siguiente)

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), 2005	http://www.agroeco.org/doc/agroecology-engl-PNUMA.pdf																		
Altieri, 1999	http://agroeco.org/wp-content/uploads/2010/10/Libro-Agroecologia.pdf																		
Altieri, 1995	http://www.agroeco.org/doc/new_docs/Agroeco_principles.pdf																		
Francis <i>et al.</i> , 2003	https://www.researchgate.net/publication/233138094_Agroecology_The_Ecology_of_Food_Systems																		
American Society of Agronomy, 2004	https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.2134/agronmonogr43.frontmatter																		
Vía campesina, 2018	https://viacampesina.org/es/para-la-via-campesina-la-agroecologia-es-un-enfoque-tecnologico-subordinado-a-objetivos-politicos-profundos/																		
Declaration of the International Forum for Agroecology, 2015	https://viacampesina.org/en/declaration-of-the-international-forum-for-agroecology/																		
Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OECD), 2003	https://stats.oecd.org/glossary/detail.asp?ID=81																		
European Association for Agroecology, 2016	https://www.agroecology-europe.org/our-approach/our-understanding-of-agroecology/																		
Carrefour, 2014	https://www.carrefour.com/en/newsroom/what-agroecology																		

Desde una perspectiva institucional, en el Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA) del Uruguay nos referiremos a la agroecología como la aplicación de principios y conceptos ecológicos al diseño y manejo de agroecosistemas más sostenibles. Esta definición se alinea con la enunciada en la Ley 19.717 sancionada por el Parlamento de Uruguay en 2018. La visión agroecológica implica necesariamente un enfoque de sistema, coevolutivo y participativo, que más allá de abordar aspectos ambientales debe tener en cuenta la dimensión social y económica. En lugar de investigar prácticas agrícolas de manera aislada se contempla el conjunto de interacciones entre los cultivos, el suelo y sus organismos, las plagas y sus enemigos, los flujos de materia y energía, las condiciones ambientales y el manejo que los humanos realizan (Gliessman, 2015). Pasan a considerarse, a su vez, los efectos de los sistemas agropecuarios sobre los ecosistemas naturales circundantes.

La sostenibilidad es un aspecto central de las definiciones del concepto de agroecología y en tal sentido debe ser caracterizada en términos más precisos. El adjetivo sostenible remite al concepto de sostenibilidad, o sustentabilidad, cuya definición y marco conceptual no está exenta de disputas. La sostenibilidad funciona como un objetivo o meta variable de acuerdo con los valores de los actores involucrados y del contexto (Werkheiser y Piso, 2015). Más allá de las críticas y los reparos que genera (Seghezzeo, 2009), una de las definiciones más difundidas y aceptadas es la del *Informe Brundtland* publicado por la World Commission on Environment and Development (WCED, 1987). En este caso, se define un concepto asociado, el de “desarrollo sostenible”: es aquel que satisface las necesidades del presente sin comprometer las posibilidades de generaciones futuras de satisfacer las propias”. Esta definición se complementa con la idea de los “tres pilares” en los cuales se apoya la sostenibilidad: el económico, el social y el ambiental. Sin duda, uno de los problemas asociados a esta definición es la dificultad para traducirla en términos operativos o para definir indicadores. Plantearse en términos absolutos si una práctica o un sistema es sostenible o no es virtualmente imposible. Un camino para tornar más operativa la idea de sostenibilidad es plantear su discusión en términos comparativos o relativos: ¿cuál sistema es más sostenible? Sí, es posible cuantificar la sostenibilidad en términos relativos a partir de comparaciones en el espacio (entre sistemas) o en el tiempo (un mismo sistema). Los cambios en sostenibilidad son vistos entonces como un proceso y no como una meta. Esto abona la importancia del concepto de *trayectorias agroecológicas* en tanto enfatiza en los procesos y no exclusivamente en la meta.

En el ámbito de la investigación, el énfasis estará puesto en conocimientos y tecnologías que promuevan *trayectorias agroecológicas*, o sea, cambios en los sistemas de producción que los tornen más sostenibles que los que se busca reemplazar. El incremento de la sostenibilidad ambiental está asociado a un aumento de la oferta de servicios ecosistémicos (SE) de regulación y soporte (Véase Caja 1 en Anexo). En tal sentido, resulta crítico evaluar la sostenibilidad ambiental de las prácticas agronómicas a considerar. Esta evaluación debería contemplar las siguientes dimensiones (Garibaldi *et al.*, 2019):

1. Promover la diversidad específica aérea y subterránea.
2. Reducir las aplicaciones de productos sintéticos.
3. Mantener o restaurar áreas naturales o seminaturales.
4. Proteger y usar eficientemente los recursos naturales y mantener y/o aumentar la oferta de servicios ecosistémicos.
5. Promover procesos y sistemas naturales, reciclar, reutilizar.
6. Promover la diversidad de hábitats.
7. Integrar prácticas a nivel del paisaje.
8. Asumir la perspectiva de una sola salud (ambiental, humana, vegetal, animal, del suelo, etc.).
9. Facilitar la participación y el entrenamiento de los productores.
10. Potenciar el intercambio de saberes.
11. Promover el desarrollo rural y territorial.
12. Acercar la producción a los consumidores.
13. Cuidar la inocuidad de los alimentos.
14. Reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI).

Esta lista no es exhaustiva y puede ampliarse o reducirse en función de los contextos productivos, ambientales, institucionales, políticos o culturales que se consideren. Estos aspectos se corresponden (y expanden) a los diez elementos de la agroecología que consensuó la FAO en 2018:

Diversidad.

Creación conjunta e intercambio de conocimientos: las innovaciones agrícolas.

Sinergias.

Eficiencia.

Reciclaje.

Resiliencia.

Valores humanos y sociales.

Cultura y tradiciones alimentarias.

Gobernanza responsable.

Economía circular y solidaria.

El debate en torno de las dimensiones o los pilares de la sostenibilidad (económica, ambiental y social) y la vinculación con los SE –y, por tanto, con el bienestar humano– sugiere que el análisis de la sostenibilidad y de las trayectorias agroecológicas que la promuevan debe abordarse a nivel de sistema socioecológico (SSE). Los sistemas socioecológicos se han definido como sistemas adaptativos y complejos en los que interactúan componentes biofísicos y humanos (Liu *et al.*, 2007; Ostrom, 2009). Los SSE pueden definirse a diferentes escalas espaciales, temporales y organizativas, que a su vez pueden estar vinculadas en forma jerárquica (Cumming *et al.*, 2006; Vallejos *et al.*, 2020). El marco conceptual del SSE ofrece la posibilidad de estudiar las múltiples interacciones e interdependencias entre los componentes naturales y humanos en el marco de un proceso de transición entre sistemas de producción (Ostrom, 2009). El componente humano se beneficia de los bienes y servicios que proporcionan los agroecosistemas y, además, genera intervenciones que modifican directa o indirectamente su estructura y funcionamiento.

3. ¿Transformar o adecuar los sistemas de producción agropecuarios?

En torno de la agroecología se generaron disputas que, si bien incluyen la dimensión ecológica y agronómica, se vinculan a aspectos políticos, filosóficos, culturales e ideológicos. En buena medida se contraponen la visión agroecológica a la del régimen agroalimentario dominante (Levidow *et al.*, 2014). En ese marco, la discusión respecto de la agroecología puede plantearse en distintos planos. En un primer plano aparece la necesidad de entender la estructura y el funcionamiento de los agroecosistemas –por ejemplo, las relaciones tróficas en la comunidad de artrópodos, los controles de la productividad primaria y el consumo de herbívoros, los factores que afectan la eficiencia en el uso del nitrógeno (N) y el fósforo (P), el vínculo entre diversidad microbiana y acumulación de carbono (C) orgánico en el suelo, etc.–. Esto constituye la base indispensable para acceder al segundo plano, el desarrollo de tecnologías que, reconociendo cómo se estructura y funciona un agroecosistema, aumenten la oferta de servicios ecosistémicos de regulación y provisión (Véase Caja 1 en Anexo). El tercer plano se vincula a la manera en que esas tecnologías se combinan entre sí y con otras

menos sistémicas (materiales genéticos no modificados, agroquímicos, mecanización, etc.) en el diseño de sistemas de producción. Gliessman (2015) se refiere a este último plano y plantea “niveles” de cambio del sistema alimentario (Véase Caja 2 en Anexo). Los tres primeros niveles describen los pasos que los productores pueden dar en sus explotaciones para convertir sus agroecosistemas. Los otros dos niveles adicionales van más allá del predio y aluden al sistema alimentario en un sentido más amplio y a las sociedades en las que están inmersos.

Si bien cualquier empresa humana está asociada a factores subjetivos –por ejemplo, decidir estudiar la estructura trófica o la dinámica de los mercados a término tiene detrás visiones personales–, los primeros dos planos que se señaban (estudios de estructura y funcionamiento de agroecosistemas y desarrollo de tecnologías) pueden ser abordados objetivamente, es decir, con una aproximación científica en la que los criterios de verdad se vinculan a la estructura lógica de las afirmaciones y a la evidencia empírica. El tercero de los planos implica decidir promover algunos de los niveles de transformación del sistema agroalimentario (una o más de las 14 dimensiones reseñadas antes), no solo a nivel predial. En este caso, si bien hay elementos objetivos para considerar, la subjetividad de los actores pasa a jugar un papel muy importante. Los valores de los individuos y los colectivos y las disputas políticas juegan un papel más relevante. Algunos actores harán uso de las tecnologías que promueven transiciones para “adecuar” el sistema y otros buscarán usarlas para “transformarlo”.

4. ¿Cuál es el papel del sistema de ciencia y tecnología (SCYT) agropecuaria en esta discusión sobre la agroecología?

Ya sea que se busque adecuar los sistemas –por ejemplo, a nuevas regulaciones, a exigencias de los mercados, a la variación en la disponibilidad de recursos– o transformarlos desde el punto de vista socioproductivo, la disponibilidad de tecnologías para promover y evaluar las transiciones agroecológicas es crítica. En este libro se presentan ejemplos de tecnologías desarrolladas por investigadores/as del INIA en trabajos conjuntos con otras instituciones. Las tecnologías apuntan tanto a impactar sobre alguna de las 14 dimensiones asociadas a las transiciones agroecológicas como a cuantificar su contribución.

En Paruelo (2016) se discuten algunos aspectos vinculados al papel de los/las científicos/as, o sea aquellos/as que profesionalmente se dedican a la investigación en el marco del scyt, en temáticas ambientales que incluyen las transiciones agroecológicas. Estas personas se constituyen en intermediarios privilegiados entre el “banco de conocimientos” y la sociedad. Más aún, pueden aportar contribuciones específicas al “banco de conocimientos” en relación con un sistema en particular, por ejemplo, relevando la vegetación, los suelos o las principales plagas en donde se plantea una transición agroecológica. El entrenamiento y la familiaridad con algunos temas permiten a las personas dedicadas a la actividad científica extrapolar experiencias de otros ámbitos, adaptar modelos conceptuales y promover aproximaciones novedosas para la caracterización del sistema socioecológico, la evaluación de impactos o el monitoreo de los recursos.

La participación del scyt no puede estar aislada de los otros actores. Esto determina que el *modelo lineal*, en donde la producción de conocimiento, el desarrollo de tecnologías, la transferencia y la extensión ocurren secuencialmente, muestre limitaciones en un proceso de promoción de transiciones agroecológicas. Los componentes técnicos, políticos y administrativos asociados a transiciones agroecológicas están unidos de manera intrincada. El modelo lineal empieza a desdibujarse en la medida en que las necesidades, los problemas, valores e intereses entran en juego. Por ello, la participación del scyt tiene que ocurrir en estrecha colaboración con otros actores del proceso. Las experiencias de coinnovación en sistemas ganaderos reseñadas en este libro ejemplifican la manera en la cual puede darse esta colaboración.

Darle un papel a la ciencia en el desarrollo de la agroecología es el camino para construir alternativas basadas en las evidencias (empíricas y lógicas) y en la discusión de estas con el resto de los actores. El aporte de la ciencia y los/las científicos/as parece el camino más corto para minimizar los efectos negativos de los factores que generan deterioro en los sistemas socioecológicos y promover sistemas más sostenibles. Para ello, el scyt debería ser capaz de establecer en el territorio un diálogo con los/las actores/actrices que haga posible reconocer los intereses y funciones del sistema socioecológico que está en discusión y proveer las tecnologías, la información y la guía necesarias para llevar adelante una transición agroecológica.

La visión sistémica y la promoción de la multi/inter/transdisciplinariedad son aspectos que deben atenderse especialmente. Abandonar

el reduccionismo es una enorme tarea dado el tipo de formación disciplinaria desde la cual los académicos participan en la promoción de transiciones agroecológicas (Levins, 1973). Lograr una visión sistémica y dialéctica de la realidad que evite los “holismos místicos” requiere la integración de distintas visiones disciplinarias, las cuales muchas veces parten de marcos conceptuales distintos y no comparten un mismo lenguaje.

5. ¿Cuál ha sido el aporte específico del INIA a las trayectorias agroecológicas?

La generación de sistemas de producción agropecuarios más sostenibles ha sido un objetivo explícito del desarrollo de la agenda de investigación del instituto. Si bien la agroecología no estaba presente de manera explícita en el Plan Estratégico Institucional (PEI), sí lo estaba un concepto relacionado, la *intensificación sostenible*. De hecho, uno de los siete ejes estratégicos definidos para el período 2015-2020, con proyección a 2030, fue la generación de “aportes científicos y tecnológicos al desarrollo y la implementación del concepto de ‘intensificación sostenible’ en el sector agropecuario”. En esta definición queda explícita la convicción de que el desarrollo de sistemas más sostenibles en el sector agropecuario requiere de ciencia y de tecnología. Cinco grandes temas estructuraron la agenda de investigación:

1. Incremento sostenible de la productividad.
2. Eficiencia productiva.
3. Calidad, inocuidad y diversificación de productos y procesos.
4. Gestión de los recursos naturales e impacto ambiental.
5. Economía y gestión de los sistemas productivos.

En todos estos temas se contemplan aspectos vinculados a una o más de las 14 dimensiones ya reseñadas. En este libro se presentan algunas de las contribuciones que, desde el INIA, en conjunto con otras instituciones, se realizaron a la generación de conocimiento y tecnologías que aportan a transiciones agroecológicas en distintos sistemas de producción (Tabla 2).

TABLA 2. CONTRIBUCIONES DE LOS CAPÍTULOS DEL LIBRO A LA GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO Y TECNOLOGÍAS QUE APORTAN A LAS TRAYECTORIAS AGROECOLÓGICAS EN DISTINTOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN, RESPECTO DE LAS 14 DIMENSIONES

Tecnologías	Descriptor	Sistema de producción al que aporta	Dimensiones asociadas a las trayectorias agroecológicas														
			1. Biodiversidad	2. Reducir aplicaciones productos químicos	3. Mantener o restaurar áreas naturales	4. Uso eficiente de recursos naturales	5. Preservar procesos naturales, reciclar, reutilizar	6. Diversidad de hábitats	7. Integrar prácticas en el paisaje	8. Una sola salud	9. Participación y entrenamiento de los productores	10. Intercambio de saberes	11. Desarrollo territorial	12. Acercar la producción a los consumidores	13. Inocuidad	14. Reducir emisiones	
Manejo agroecológico de las chinches en soja	Alternativas de control de chinches en soja mediante cultivos atrayentes como alimento preferencial de la plaga y cultivos consociados tipo barrera viva	Agrícola															
Manejo de plagas en frutales de hoja caduca: hacia un norte agroecológico	Control de lepidópteros en frutales mediante trapeo masivo con atrayentes semioquímicos. Control biológico de la psila del peral mediante el manejo de la oferta de hábitats de enemigos naturales	Vegetal intensivo															
Manejo de malezas en sistemas ganaderos y agrícolas	Diseño de estrategia combinada de control mecánico + químico de malezas en sistemas extensivos. Cultivos de cobertura combinado con rolado de desecación para disminuir el establecimiento de malezas en cultivos.	Agrícola/ganadero															

Aportes científicos y tecnológicos del Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA) del Uruguay...

Almacenaje y secuestro de carbono en suelos del Uruguay	Promoción de la retención de carbono en el suelo mediante rotaciones, secuencias de cultivos y siembra directa. Validación de modelos de simulación de la dinámica del carbono y el nitrógeno a largo, mediano y corto plazo	Agrícola/ gana- dero, Vegetal intensivo																
Coberturas vegetales y manejo del suelo en la citricultura de Uruguay	Aumento de la disponibilidad hídrica, disminución de la erosión y de la viabilidad de patógenos y semillas con incorporación de mulch orgánico en la fila. Siembra de tapiz vegetal en la entrefila para disminuir la erosión y la compactación del suelo.	Vegetal intensivo																
Evaluación de la heterogeneidad estructural y funcional de los pastizales naturales para su manejo	Identificación, descripción y creación de protocolos de evaluación de las comunidades de pastizal natural para uso ganadero de Uruguay	Gana- dero																
Uso y manejo del microbioma para el desarrollo de bioinsumos de uso agrícola	Identificación, caracterización, bioproducción y formulación de insumos a partir de microorganismos del suelo. Desarrollo de bioinsumos para la protección y nutrición vegetal	Vegetal intensivo, Agrícola, Forestal																
Inoculantes rizobianos y aporte de nitrógeno proveniente de la atmósfera a los sistemas de producción	Selección de cepas eficientes, competitivas y persistentes de rizobio utilizando cepas naturalizadas y adaptadas. Estudio de la ecología de la FBN (análisis del ciclo de vida) con el objetivo de lograr inoculantes rizobianos para leguminosas sostenidos en la FBN	Agrícola/ gana- dero, Vegetal intensivo																

(Continúa en página siguiente)

Introducción

<p>Cultivares locales y mejoramiento hortícola en procesos de transición agroecológica</p>	<p>Obtención de cultivares más productivos, adaptados a las condiciones agroclimáticas y a los sistemas productivos locales (boniato, papa, cebolla, frutilla, tomate, ajo y mani). Incorporación de resistencias a plagas y enfermedades</p>	<p>Vegetal Intensivo</p>																	
<p>Oportunidades para la transición agroecológica en tomate bajo invernáculo en el sur de Uruguay</p>	<p>Construcción de un índice integrador de la sostenibilidad ambiental. El índice permite el aprendizaje del productor de sus pares y tiene en cuenta la trayectoria particular para cada predio</p>	<p>Vegetal intensivo</p>																	
<p>Cultivares locales y mejoramiento frutícola</p>	<p>Mejoramiento genético de frutales orientados a obtener variedades resistentes a enfermedades y adaptadas a las condiciones agroclimáticas del Uruguay. Recuperar, valorizar y promover el cultivo de frutos nativos</p>	<p>Vegetal intensivo</p>																	
<p>Investigación y aplicación de la mejora genética animal: efectos sobre la dimensión ambiental de la sostenibilidad de la producción ganadera</p>	<p>Direccionamiento de índices de selección de bovinos y ovinos hacia una mayor eficiencia de conversión, resistencia a parásitos gastrointestinales e incorporación del criterio de selección directa "emisión de metano"</p>	<p>Ganadero - Lechero</p>																	
<p>Uso de la sombra como herramienta de mitigación del riesgo de estrés calórico en sistemas de producción animal</p>	<p>Implantación de "bosque" con especies nativas para abrigo térmico de animales. Objetivo de umentar el bienestar animal, la ganancia de peso y producción de leche en bovinos</p>	<p>Ganadero - Lechero</p>																	

(Continúa en página siguiente)

Aportes científicos y tecnológicos del Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA) del Uruguay...

<p>Modelo para la optimización en la planificación de usos del suelo (MOPUS) en cuencas lecheras con objetivos productivos y ambientales</p>	<p>Creación de un modelo que trabaja a distintos niveles (de lote a microcuenca) y que considera múltiples objetivos en conflicto. El modelo permite la toma de decisiones de manejo minimizando la exportación de fósforo a la cuenca además de contemplar objetivos productivos</p>	<p>Lechero</p>														
<p>Mitigación de stress nutricional y sanitario en colmenas mediante el uso de productos naturales</p>	<p>Aumento de población, menor infección por Nosema y disminución del tiempo de recuperación en colmenas suplementadas con polen multifloral ensilado ubicadas en monocultivos. Utilización continua exitosa de formulado orgánico para el control de Varroa.</p>	<p>Agrícola - Forestal</p>														
<p>Coinnovación como enfoque para promover transiciones agroecológicas: avances desde la investigación en Uruguay</p>	<p>Promoción de las transiciones agroecológicas a través de proyectos interdisciplinarios de investigación-acción. Constituyendo un proceso cíclico de investigación-reflexión-acción</p>	<p>Agrícola - ganadero, Familiar</p>														
<p>Tecnologías de la Información y la comunicación (TIC) como aportes a la transición de la agricultura agroecológica</p>	<p>Desarrollo de sistemas de información para la planificación y toma de decisiones de manejo. Disponibilidad y acceso libre a la información a través de portales web y apps.</p>	<p>Vegetal intensivo, Ganadero, Agrícola/ ganadero, Lechero, Forestal, Familiar</p>														
<p>Aportes al manejo agroecológico de enfermedades en trigo</p>	<p>Desarrollo de estrategias complementarias/alternativas al control químico de enfermedades basados en manejo por resistencia genética, biocontrol y secuencia de cultivos.</p>	<p>Agrícola, Agrícola-ganadero</p>														

Introducción

<p>Índice de Integridad Ecosistémica: hacia un análisis multidimensional de la integridad ecológica en sistemas productivos</p>	<p>Diseño de un índice de evaluación del estado del ecosistema. Integra información sobre la estructura de la vegetación, comunidad florística, erosión del suelo, zonas riparias y lo evalúa respecto a una situación de referencia óptima</p>	<p>Agrícola, Agrícola-ganadero</p>																								
<p>Manejo de enfermedades de suelo en sistemas hortícolas</p>	<p>Desarrollo y combinación de medidas tácticas (solarización y biofumigación) y estratégicas (rotaciones y uso de abonos verdes) para el manejo de enfermedades en sistemas hortícolas.</p>	<p>Vegetal intensivo</p>																								
<p>Rotaciones de cultivos y pasturas – La base de los sistemas agrícola-ganaderos que producen granos, carne y servicios ecosistémicos</p>	<p>Diseño de secuencia de rotaciones de cultivos y pasturas con el objetivo de minimizar la erosión, promover el ciclo de nutrientes y actividad biológica del suelo</p>	<p>Agrícola, Agrícola-ganadero</p>																								
<p>La gestión del pastoreo como herramienta de transición agroecológica en sistemas lecheros</p>	<p>Optimización de la cosecha de forraje para aumentar la vida útil de las pasturas perennes</p>	<p>Lechería</p>																								
<p>Cultivos de servicio</p>	<p>Evaluación de provisión de servicios (secuestro C, reducción de la erosión, control de plagas y malezas, regulación hídrica) de cultivos no destinados a la cosecha</p>	<p>Agrícola-ganadero</p>																								

Los aspectos asociados a la promoción de la diversidad específica aérea y subterránea, la reducción de las aplicaciones de productos sintéticos, el aumento en la eficiencia en el uso de los recursos y el enfoque de

“Una sola salud” son abordados en más del 70% de los capítulos. Solamente una de esas dimensiones (acercar la producción a los consumidores) no está considerada de manera explícita en alguno de los capítulos. Las tecnologías presentadas tratan en promedio cinco de estos aspectos.

Referencias

Altieri, M.

(1989), “Agroecology: A new research and development paradigm for world agriculture”, en *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 27, pp. 37-46.

Clements, F. E.

(1916), *Plant Succession: An Analysis of the Development of Vegetation*. Washington (DC): Carnegie Institute of Washington.

Cumming, G. S, Cumming, D. H. M. y Redman, C. L.

(2006), “Scale Mismatches in Social-Ecological Systems: Causes, Consequences, and Solutions”, en *Ecology and Society*, 11 (1).

Dyksterhuis, E. J.

(1949), “Condition and management of range land based on quantitative ecology”, en *Journal of Range Management*, 2, pp. 104-115.

Garibaldi, L. A., Pérez-Méndez, N., Garratt, M. P. D., GemmillHerren, B., Miguez, F. E. y Dicks, L. V

(2019), “Policies for ecological intensification of crop production”, en *Trends in Ecology and Evolution*, 34, pp. 282-286.

Ghersa, C. M., Satorre, E. H., Van Esso, M. L., Pataro, A. y Elizagaray, R.

(1990), “The use of thermal calendar models to improve the efficiency of herbicide applications in Sorghum halepense (L.)”, en *Pers. Weed Research*, 30, pp. 153-160.

Gliessman, S. R.

(2015), *Agroecology. The Ecology of Sustainable Food Systems*, CRC Press Taylor & Francis Group, 364 pp.

Levidow, L., Pimbert, M. y Vanloqueren, G.

(2014), “Agroecological Research: Conforming—or Transforming the Dominant Agro-Food Regime?”, en *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 38:10, pp. 1127-1155. DOI: 10.1080/21683565.2014.951459.

Levins, R.

(1973), “Fundamental and Applied Research in Agriculture: A dichotomy in biology harms both theory and practice”, en *Science*, 181, pp. 523-524. DOI: 10.1126/science.181.4099.523.

Liu, J., Dietz, T., Carpenter, S. R., Alberti, M., Folke, C., Moran, E., Pell, A. N. et al.

(2007), “Complexity of Coupled Human and Natural Systems”, en *Science*, 317(5844), pp. 1513-1516. <<https://doi.org/10.1126/science.1144004>>.

Mann, C. C.

(2018), *The Wizard and the Prophet. Two remarkable scientists and their dueling visions to shape tomorrow's world*, Knopf, Nueva York, 640 pp.

Ostrom, E.

(2009), "A General Framework for Analyzing Sustainability of Social-Ecological Systems", en *Science*, 325(5939), pp. 419-422. <<https://doi.org/10.1126/science.1172133>>.

Paruelo, J. M.

(2016), "El papel de la ciencia en el proceso de ordenamiento territorial (y en otras cuestiones vinculadas con problemas ambientales)", en *Ecología Austral*, 26, pp. 051-058.

Paruelo, J.M. y Littera P.

(2019), *El lugar de la naturaleza en la toma de decisiones*, Ediciones CICCUS, Buenos Aires, 567 pp.

Satorre, E. H., Ghersa, C. M. y Pataro, A. M.

(1985), "Prediction of Sorghum halepense (L.) Pers. rhizome sprout emergence in relation to air temperature", en *Weed Research*, 25, pp. 103-109.

Satorre, E. H., Benech Arnold, R. L., Slafer, G. A., de la Fuente, E. B., Miralles, D. J., Otegui, M. E. y Savin, R.

(2003), *Producción de Granos. Bases funcionales para su manejo*, Editorial Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires.

Seghezzi, L.

(2009), "The Five Dimensions of Sustainability", en *Environmental Politics*, 18(4), pp. 37-41. <<https://doi.org/10.1080/09644010903063669>>.

Soriano, A.

(1975), "Gloria y miseria de las malezas de los cultivos", *Anales ANAV*, tomo XXIX, pp. 13-34. Disponible en: <<http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/29149>>.

Tischler, W.

(1965), *Agrarökologie*, Gustav Fischer Verlag, Jena (Alemania), 499 pp.

Vallejos, M., Aguiar, S., Baldi, G., Mastrángelo, M., Gallego, F., Pacheco-Romero, M., Alcaraz-Segura, D. y Paruelo, J. M.

(2020), "Social-Ecological Functional Types: Connecting people and ecosystems in the Argentine Chaco". *Ecosystems*. Doi.org/10.1007/s10021-019-00415-4

World Commission on Environment and Development (WCED)

(1987), *Our Common Future: Brundtland Report*, United Nations. General Assembly, & World Commission on Environment.

Werkheiser, I. y Pisoni, Z.

(2015), "People Work to Sustain Systems: A Framework for Understanding Sustainability", en *Journal of Water Resources Planning and Management*, 141(12). <[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)WR.1943-5452.0000526](https://doi.org/10.1061/(ASCE)WR.1943-5452.0000526)>.

Westoby, M., Walker, B. y Noy-Meir, I.

(1989), "Opportunistic management for rangelands not at equilibrium", *J. Range Manage*, 42(4), pp. 266-274.

Anexo

Caja 1. Servicios ecosistémicos

La idea de servicios ecosistémicos (SE) conecta la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas con los beneficios que estos brindan a los humanos. El modelo de “cascada”, donde la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas producen servicios intermedios, que son el soporte de servicios finales, los que proporcionan a su vez beneficios a los humanos, describe la conexión entre los procesos ecológicos, los SE y los beneficios. Como servicios intermedios se incluyen aquellos aspectos de los ecosistemas que, sin proporcionar directamente beneficios, son fundamentales para la provisión de servicios (por ejemplo: la productividad primaria o el almacenamiento de la materia orgánica en el suelo), mientras que los servicios finales son aquellos aspectos del ecosistema que directamente producen beneficios (producción de forraje o granos, carne, etc.). La iniciativa Millenium Ecosystem Assesment (2005) (Evaluación de los ecosistemas del milenio) clasifica los servicios ecosistémicos de la siguiente manera.

Servicios de suministro: se refiere a la provisión de productos de los ecosistemas que son directamente apropiables y en general involucran una extracción de materia y/o energía. Estos incluyen los alimentos, la madera, el agua potable, fibras, entre otros.

Servicios de regulación: son aquellos procesos del ecosistema que regulan y mantienen el funcionamiento del ecosistema, ayudando a su estabilidad (regulación hídrica, regulación del clima, polinización, control biológico de plagas, etc.).

Servicios culturales: son aquellos beneficios no materiales que obtenemos de los ecosistemas como su uso para recreación, educación, investigación científica o experimentación, o simplemente para su disfrute estético o escénico. Se incluyen los aspectos culturales, espirituales o religiosos asociados a los ecosistemas.

Servicios de apoyo: son aquellas estructuras y aquellos procesos ecosistémicos que sirven de base para la provisión del resto de los servicios ecosistémicos (como ser la productividad primaria neta, la formación de suelo, el ciclado de nutrientes, etc.).

La biodiversidad ha sido incluida en los servicios de apoyo en algunas clasificaciones, pero en la de la Evaluación de los ecosistemas del milenio ocupa una categoría aparte por su gran importancia en el sustento de

los ecosistemas. Si bien no es considerada un servicio ecosistémico, se la considera como un facilitador para la provisión de todos los servicios ecosistémicos. La biodiversidad es en general uno de los aspectos más afectados por las actividades humanas y su pérdida es claramente irreversible, a diferencia de lo que ocurre en algunos de los otros servicios ecosistémicos.

La evaluación del nivel de oferta de los SE requiere de técnicas que se apoyan en la cuantificación de procesos y la estructura de los ecosistemas y que pueden o no incluir valoraciones económicas (Paruelo y Laterra, 2019).

Caja 2. Niveles de conversión a agroecosistemas sostenibles (Transiciones agroecológicas) (Basado en Gliessman, 2015, cap. 22).

Nivel 1: aumentar la eficiencia de las prácticas y los manejos agropecuarios convencionales para reducir el uso y el consumo de insumos costosos, escasos o perjudiciales para el ambiente.

Nivel 2: sustituir los insumos, prácticas y manejos convencionales por prácticas alternativas.

Nivel 3: rediseñar el agroecosistema para que funcione sobre la base de un nuevo conjunto de procesos ecológicos.

Nivel 4: restablecer una conexión más directa entre los que cultivan los alimentos y quienes los consumen.

Nivel 5: sobre la base de los agroecosistemas sostenibles, agroecosistemas a escala de predio asociados al nivel 3 y a las relaciones producción-consumo del nivel 4, construir un nuevo sistema alimentario global, basado en la equidad, la participación y la justicia, que no solo sea sostenible, sino que también ayude a restaurar la oferta de servicios ecosistémicos en el planeta.