



La digitalización al servicio de la transición agroecológica

Noviembre de 2023



Índice

Introducción	1
Un nuevo enfoque productivo: transición hacia sistemas agroecológicos	3
Etapas de la transición	4
Tecnologías digitales en los sistemas alimentarios: hacia una transición agroecológica.....	5
Consideraciones finales	8
Bibliografía	9

Introducción

La agricultura en América Latina y el Caribe contribuye con el 5% del PIB y representa el 18% de la población ocupada (CEPALSTAT, 2023). A pesar de la relevancia del sector en la región, muchos rubros tienen dificultades para mejorar los niveles de productividad y, además, generan importantes externalidades ambientales negativas. Las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) son una de las principales preocupaciones en los sistemas alimentarios, responsables por entre el 21% y el 35% de las emisiones totales generadas por la actividad humana, incluidos el cambio de uso de suelo y la producción agrícola (OECD, 2021). Otros impactos negativos son la deforestación, la pérdida de biodiversidad, la contaminación de suelos y aguas con residuos químicos, la degradación de suelos y la pérdida de suelo agrícola.

Para reducir estas externalidades algunos actores de los sistemas alimentarios están desarrollando un nuevo enfoque productivo, la agroecología, que, al reequilibrar muchos balances físicos, químicos y biológicos, está permitiendo una reducción de las emisiones de GEI del sector y, a la vez, un mejoramiento de la productividad. La experiencia práctica indica que es posible en muchos casos adoptar ese enfoque productivo capaz de generar un círculo virtuoso entre lo económico, lo social y lo ambiental.

La agroecología ha sido definida de múltiples maneras. Mientras que algunos autores indican que la agroecología es la aplicación de la ciencia ecológica al estudio, diseño y gestión de una agricultura sustentable, otros amplían el concepto hasta cubrir el sistema alimentario completo, reflejando la naturaleza sistémica que es propia de ese enfoque (Altieri, 2018; Francis y otros, 2003).

Un avance importante lo constituyen los 10 Elementos de Agroecología adoptados por los 197 miembros de la FAO en diciembre de 2019, después de un proceso de consulta que duró cuatro años (diagrama 1). Este hecho marcó un hito en la introducción de la agroecología en el debate sobre políticas públicas y sirvió también para asentar una visión holística sobre la disciplina, en la que se incluyeron elementos asociados a la validación de la cultura local, a valores humanos o sociales o a la búsqueda de sistemas de gobernanza.





Diagrama 1
Los 10 elementos de la agroecología según la FAO



Fuente:Elaboración propia en base a FAO (2019).

A ello se agregaron los 13 Principios de la Agroecología definidos en 2019 por el Panel de Expertos de Alto Nivel (HLPE) del Comité de Seguridad Alimentaria Mundial (CSA), la principal plataforma intergubernamental e internacional basada en datos objetivos para la seguridad alimentaria y la nutrición, que agrupa a expertos provenientes del mundo científico y de las políticas públicas (cuadro 1). Este planteamiento vino a complementar lo definido por el Consejo de la FAO y hoy es una referencia relevante en el debate público sobre agroecología. Como lo han señalado varios especialistas (ILPES-Food, 2022), este proceso no ha estado exento de controversias y de debates, como es previsible tratándose de un tema que no es sólo tecnológico, sino que integra una gran diversidad de visiones de mundo, de perspectivas e ideologías.

Cuadro 1
Los 13 Principios Agroecológicos definidos por el Panel de Expertos de Alto Nivel del Comité de Seguridad Alimentaria Mundial

Eficiencia	Resiliencia	Equidad social
Reciclaje	Salud del suelo	Co-creación de conocimiento
Reducción de entrada de insumos	Salud animal	Valores sociales y dietas
	Biodiversidad	Justicia
	Sinergia	Conectividad
	Diversificación económica	Gobernanza de la tierra y los recursos naturales
		Participación

Fuente: Elaboración propia en base a HLPE (2019).

Aún reconociendo que el concepto de agroecología ha evolucionado y tiene múltiples acepciones, existe un marco común, que busca la transformación de los sistemas alimentarios con un rol relevante las políticas públicas

En 2021, durante la Cumbre de las Naciones Unidas sobre los Sistemas Alimentarios (UNFSS), se creó la "Coalición para la Transformación de los Sistemas Alimentarios a través de la Agroecología". Dicha coalición, compuesta actualmente por 44 países y 94 organizaciones, incluyendo asociaciones de agricultores y de pueblos originarios, organismos de investigación y ONGs, tiene como objetivo acelerar la transformación de los sistemas alimentarios mediante la implementación de los 13 principios de la agroecología (Agroecology Coalition, 2023).

Reconociendo que este concepto ha evolucionado y tiene múltiples acepciones, que varían según la visión de múltiples actores, existe un marco común, que busca la transformación de los sistemas alimentarios. También es ampliamente compartida la idea de que en esta transformación juegan un rol relevante las políticas públicas, así como la investigación y la acción transdisciplinarias, vinculando la ciencia con la práctica de los propios agricultores, y la visión de los movimientos centrados en el cambio social.



Un nuevo enfoque productivo: transición hacia sistemas agroecológicos

De acuerdo con HLEP (2019), un enfoque agroecológico de los sistemas alimentarios sostenibles se define como aquel que favorece el uso de procesos naturales, limita la utilización de insumos externos, promueve ciclos cerrados con externalidades negativas mínimas y subraya la importancia del conocimiento local, de los procesos participativos que generan conocimientos y prácticas a través de la experiencia, así como de los métodos científicos, y la necesidad de hacer frente a las desigualdades sociales.

Sobre la base de esta definición, queremos destacar una definición complementaria, sugerida en los documentos preparatorios para la aprobación de los 10 Elementos de la Agroecología, según la cual la transición agroecológica es un proceso que busca avanzar hacia *“agroecosistemas diversificados, (que) imitan los sistemas naturales tan fielmente como sea posible para mejorar la producción sustentable y la independencia”* (FAO, 2018).

Esta definición conlleva un enfoque pragmático que tiene varias ventajas. Por una parte, la idea de imitar a la naturaleza define un nuevo patrón productivo: una agroeconomía industrial descarbonizada, sin insumos de origen fósil, que funciona en ciclo casi cerrado (como lo hacen los sistemas naturales), aplicando tecnologías sustentables que responden a las necesidades actuales, sin comprometer a las futuras generaciones, y cuyo nivel de transformación biológica está definido por la autoridad (a través de normas y reglamentos) y por las preferencias de los consumidores.

Por otra parte, la idea de transición sugiere que este nuevo paradigma tiene que implementarse en forma gradual: entre la situación actual y la situación deseada hay una secuencia, un trabajo que hacer, un proceso de innovación que debe ser implementado por los productores con la ayuda del dispositivo de políticas públicas (véase los niveles de transición definidos por Gliessman en la siguiente sección).

Finalmente, la idea de imitar a la naturaleza tan fielmente como sea posible sugiere flexibilidad tecnológica, es decir, estructuras tecnológicas “híbridas”, no binarias, en donde las fincas combinan un *mix* de conocimientos y de tecnologías que son indispensables para que los productores puedan enfrentar sus problemas tecnológicos y ser rentables. Este último punto es de crucial importancia para lograr la adopción de este enfoque entre aquellos productores que han sido más renuentes a introducirlo en sus predios, especialmente las explotaciones medianas y grandes. La idea de flexibilidad tecnológica hace posible enfrentar la gran variedad de situaciones productivas que se presentan en las empresas, a la vez que genera las condiciones para desarrollar, en el corto y mediano plazo y en todos los países de la región, la producción de una nueva gama de insumos de origen biológico.

En muchos países ya se ha iniciado la transición agroecológica. En el caso de Europa, esta estrategia se inscribe en las orientaciones del Pacto Verde para Europa y en la estrategia “de la finca a la mesa” de la Comisión Europea, en la cual uno de los principales objetivos es reducir en un 50%, hacia el año 2030, la utilización de los productos fitosanitarios industriales más preocupantes.

En América Latina y el Caribe este proceso también está en desarrollo, sobre todo en el segmento de los pequeños productores, en donde han jugado un rol importante la Reunión Especializada de la Agricultura Familiar (REAF) —un foro subregional que analiza políticas públicas para este sector productivo— y las Sociedades Científicas Latinoamericanas de Agroecología de cada país (SOCLA), que han promovido en forma activa este enfoque junto a otras entidades e instituciones.

Las explotaciones de la agricultura familiar son más cercanas a la agroecología por razones culturales y por razones de costos: muchos pequeños agricultores hacen un bajo uso de insumos externos a la finca. Adicionalmente, sus sistemas mixtos de cultivos (chacras, huertas, traspatio) y su especialización en productos de consumo final (frutas, hortalizas, café, cacao, miel, etc.) los hace más sensibles a los desafíos de calidad. Todos estos elementos favorecen a la adopción de la agroecología como enfoque productivo.

La idea de imitar a la naturaleza tan fielmente como sea posible sugiere flexibilidad tecnológica, es decir, estructuras tecnológicas “híbridas”, no binarias, en donde las fincas combinan un mix de conocimientos y de tecnologías que son indispensables para que los productores puedan enfrentar sus problemas tecnológicos y ser rentables



En el caso de las medianas y grandes explotaciones también hay avances, especialmente en el tema de la siembra directa o labranza cero, que ha tenido una rápida expansión en los países del Cono Sur. En 2018, Brasil tenía 34 millones de hectáreas de cereales bajo siembra directa, mientras que en Argentina el 90% del área sembrada y en Paraguay el 99% del área bajo agricultura mecanizada adoptaron la práctica de siembra directa en la temporada 2021/2022. Esta práctica se aplica en más de 45 millones de hectáreas en la región y ha tenido un claro impacto positivo desde el punto de vista ambiental, pues no hay inversión del suelo.

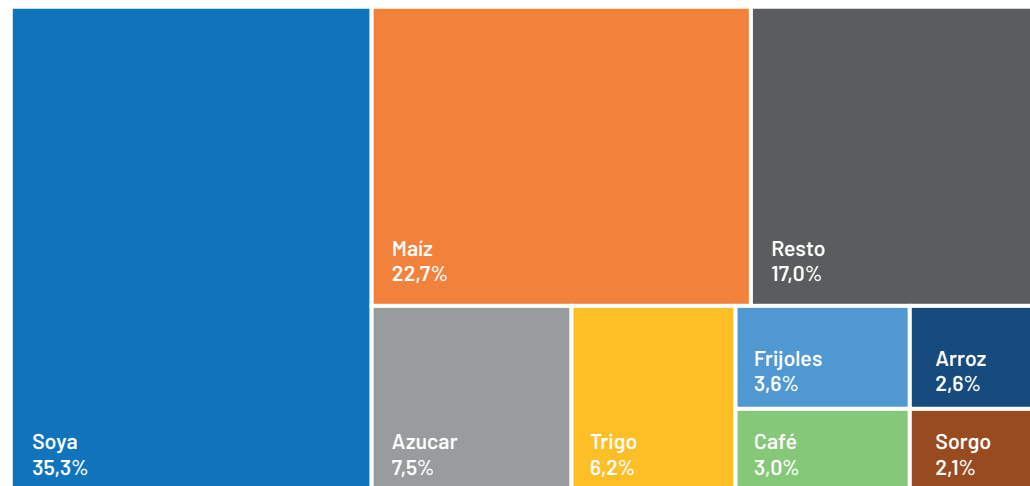
En 2020, América Latina y el Caribe importó el 78% de los fertilizantes inorgánicos que utiliza. La guerra entre Rusia y Ucrania ha impactado esos flujos de importación, generando un nuevo factor de inestabilidad (CEPAL-FAO-PMA, 2022). Esto sugiere que es necesario hacer cambios urgentes en los sistemas alimentarios regionales

Sin embargo, este avance no incluye otros aspectos del proceso productivo, pues sólo se aplica a la preparación de suelos. Los medianos y grandes productores de las principales cadenas productivas siguen dependiendo de los fertilizantes químicos y de los pesticidas de origen industrial para sus procesos productivos. En 2020, América Latina y el Caribe consumió 30 millones de toneladas de fertilizantes inorgánicos, de los cuales el 78% fue importado desde otras regiones del mundo (FAO, 2023a). La reciente guerra entre Rusia y Ucrania ha impactado esos flujos de importación, generando un nuevo factor de inestabilidad (CEPAL-FAO-PMA, 2022). Todos estos factores sugieren que es necesario hacer cambios urgentes en los sistemas alimentarios regionales.

Para construir modelos productivos más sustentables es preciso seguir promoviendo nuevos cambios tecnológicos, ir más allá del monocultivo y reducir drásticamente el consumo de insumos de origen industrial, especialmente fertilizantes, herbicidas y pesticidas químicos. Dado que más del 70% de la superficie agrícola en América Latina y el Caribe se encuentra en manos de medianos y grandes productores (Salcedo y Guzmán, 2014), estas nuevas prácticas deben aplicarse en todas las escalas de producción para que haya un cambio real en la sostenibilidad de los sistemas alimentarios regionales.

Será necesario, por lo tanto, aplicar este enfoque en cultivos como la soya, que ocupa un 35% de la superficie cultivada regional (con una tasa de crecimiento promedio acumulativa anual de 5,3% desde el año 2000), y el maíz y la caña de azúcar, que agregan un 29% y un 8% adicionales, respectivamente, totalizando un 65% de la superficie cultivada regional dedicada a solo tres cultivos (gráfico 1). Promover una transición agroecológica en esos segmentos es un desafío de importancia estratégica que tiene muchas repercusiones a escala nacional, regional y global.

Gráfico 1
Área cosechada por cultivo en América Latina y el Caribe, año 2021



Fuente: Elaboración propia en base a FAOSTAT.

Etapas de la transición

Existen varios umbrales de cambio en el proceso de transición agroecológica, y todos ellos son válidos en la medida que tienen un impacto positivo sobre el uso de los recursos naturales, haciendo de la agricultura una actividad más sostenible. Se trata de aplicar un criterio técnico: imitar lo más fielmente posible a la naturaleza, buscando soluciones basadas



Gliessman (2016) propone un marco para clasificar los umbrales de cambio de los sistemas alimentarios como un proceso continuo, una hoja de ruta en la cual los primeros niveles de acercamiento a una transición agroecológica describen los cambios al nivel de las fincas agropecuarias, mientras los siguientes incorporan los cambios a nivel de los sistemas alimentarios, las sociedades y los territorios

en los ecosistemas para resolver los actuales problemas productivos, cuya forma concreta dependerá de cada situación. Bajo la óptica más moderna de la agroecología, los cambios se extienden más allá del nivel productivo, alcanzando a los sistemas alimentarios en su conjunto, incluidas las sociedades y territorios a los cuales esas fincas están vinculadas.

Gliessman (2016) propone un marco para clasificar los umbrales de cambio de los sistemas alimentarios, rediseñados con el objetivo de lograr la sostenibilidad ecológica, económica y social. Se trata más bien de un proceso continuo, una hoja de ruta en la cual los primeros niveles de acercamiento a una transición agroecológica describen los cambios al nivel de las fincas agropecuarias, mientras los siguientes incorporan los cambios a nivel de los sistemas alimentarios, las sociedades y los territorios.

- En el **nivel 1** los cambios introducidos en las fincas buscan aumentar la eficiencia de la agricultura industrial o convencional con el objetivo de reducir el uso de insumos externos, sea por su costo, su escasez o por el impacto negativo en el medio ambiente. Tales cambios incluyen, entre otras prácticas, la optimización de la densidad de siembra, el uso de semillas y variedades mejoradas, la aplicación más eficiente de pesticidas y fertilizantes y el uso más preciso del agua.
- En el **nivel 2** se sustituyen algunas prácticas agrícolas convencionales por alternativas más ecológicas, como por ejemplo el uso de compost orgánico y de cultivos de cobertura o rotaciones para reemplazar a los fertilizantes sintéticos, o el uso de biocontroladores en lugar de agroquímicos convencionales para combatir plagas y enfermedades, entre otras prácticas. La agricultura ecológica y la agricultura biodinámica son ejemplos de este enfoque.
- El **nivel 3**, a su vez, conlleva el rediseño del agroecosistema para que funcione sobre la base de un nuevo conjunto de procesos ecológicos. Un buen ejemplo de acciones a este nivel es la reintroducción de la diversidad en la estructura y el manejo de la granja a través de prácticas como las rotaciones agroecológicas, el policultivo, la agrosilvicultura y la integración de la producción agrícola y ganadera.
- Los **niveles 4 y 5** involucran a los sistemas alimentarios y su entorno, es decir, a las sociedades y territorios con sus actores, regulaciones y políticas. Se entiende que la transformación necesaria para que la agricultura pueda avanzar por los niveles 1 a 3 se da en un contexto cultural y económico amplio, y para que tal transformación sea efectiva el contexto debe facilitar y promover la transición del sector a prácticas más sostenibles. Los consumidores pueden apoyar a la agricultura sostenible a través de sus compras, mientras las políticas públicas y la regulación buscan establecer los incentivos y las señales de mercado correctas, teniendo en cuenta no sólo la utilidad privada sino los costos y beneficios sociales a largo plazo. Así, es tarea de las sociedades la construcción de sistemas alimentarios sostenibles y equitativos, basados en la participación, la democracia y la justicia.

La agricultura de precisión y otras tecnologías digitales son compatibles con la producción agroecológica pues resuelven problemas y cuellos de botella. Esto que es verdad para la agricultura tradicional lo es más para el caso de la agroecología, pues en tanto que ciencia sistémica, obliga a relacionar muchas más variables y da origen a un mayor volumen de información

Tecnologías digitales en los sistemas alimentarios: hacia una transición agroecológica

Las tecnologías digitales están revolucionando los sistemas agroalimentarios, desempeñando un rol relevante tanto para la agricultura como para el desarrollo rural. A lo largo de la cadena de suministro, estas tecnologías apoyan en la captura de datos, la Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+i), la gestión de la información, la transferencia de tecnología y la comunicación entre los diferentes actores.

La agricultura de precisión y otras tecnologías digitales son compatibles con la producción agroecológica pues resuelven problemas y cuellos de botella, como en otras cadenas de producción. Esto que es verdad para la agricultura tradicional lo es más para el caso de la agroecología, pues en tanto que ciencia sistémica, obliga a relacionar muchas más variables y, por lo tanto, da origen a un mayor volumen de información.

En ese sentido, a continuación se presentan algunos de los potenciales beneficios de la digitalización en la transición agroecológica, según el tipo de tecnología:



Cuadro 2
Tecnologías digitales y su potencial uso en la transición agroecológica

Tecnología	Descripción	Uso potencial en la transición agroecológica
Plataformas digitales	Permiten integrar información y promover un amplio acceso y un efectivo uso de los datos y los servicios. Existen diferentes tipos de plataformas: las que hacen posible transacciones comerciales y no comerciales (<i>Digital market place</i>) entre empresas (B2B), entre empresas y consumidores (B2C) o entre consumidores (C2C). Otras plataformas entregan información sobre regulaciones ambientales, procesos administrativos y otros, tanto a nivel público como privado.	<ul style="list-style-type: none"> • Una herramienta específica son las plataformas asociadas a Sistemas de Información Geográficos, que integran diversas informaciones a nivel espacial. Ellas son útiles para la gestión de la biodiversidad o para hacer alertas tempranas para el manejo de plagas, inundaciones, tormentas y otros fenómenos climáticos. También permiten hacer una “ciencia ciudadana” para la mejor gestión de los ecosistemas, a través de esquemas de participación social. • Las plataformas pueden estar asociadas a temas normativos, donde los agricultores conectan sus tecnologías para informar a un ente regulador. También facilitan las certificaciones, apoyándolos en la trazabilidad de un producto en la cadena de suministro. A través de estas plataformas, es posible registrar los insumos y las prácticas aplicadas durante la producción, asegurando que sean acordes a los principios de la agroecología. • Facilitan la gestión de una amplia gama de datos y la participación y cooperación entre redes de empresas y gobernanza territorial.
Sensores	Miden múltiples propiedades del mundo físico y los transforman en datos digitales. Generalmente son de pequeño tamaño y su bajo costo ha permitido su integración en una serie de artefactos y máquinas, haciendo posible la Internet de las Cosas y el <i>Big Data</i> .	<ul style="list-style-type: none"> • El monitoreo de la carga durante el transporte y almacenamiento es uno de los más importantes campos de aplicación de los sensores. • Su centralidad en la implementación de sistemas de trazabilidad los hacen imprescindibles en cadenas logísticas de productos perecibles (por ejemplo, Radio Frequency Identification - RFID), donde se monitorean variables para aumentar la vida útil de la carga o bien para advertir la presencia de potenciales contaminantes. Los sensores montados en satélites alcanzan una cobertura global, generando datos homogéneos a partir de observaciones repetidas que crean series históricas y que permiten observación casi en tiempo real. • Los sensores son ampliamente utilizados en la agricultura de precisión y el control lechero (<i>animal tracking</i>), pues permiten optimizar las dosis de insumos tales como fertilizantes, productos sanitarios, alimentos, entre otros insumos (químicos o biológicos). • También son claves para lograr una gestión óptima del agua, entre muchas otras aplicaciones. • Contar con información detallada sobre el entorno y las características de las plantas y animales es fundamental para mejorar la gestión y optimizar su relación con el medio ambiente. Los datos generados por los sensores pueden ser rápidamente convertidos en indicadores para la toma de decisiones informadas que ayuden a avanzar en la transición agroecológica y a monitorear malas prácticas tales como la deforestación.
Internet de las Cosas (IoT)	Los sensores articulados en IoT sirven para monitorear la salud, ubicación y actividades de personas y animales y el estado de procesos de producción y/o del medio ambiente, entre otras aplicaciones. El uso de IoT hace necesario el diseño de nuevos marcos regulatorios (privacidad, interoperabilidad, entre otros). Se requiere de una clara determinación de responsabilidades por si un artefacto tiene un mal funcionamiento. Con el uso de sensores y dispositivos que permiten monitorear las diversas actividades agrícolas, así como el desarrollo de cultivos y animales, la tecnología IoT facilita la recopilación de datos en tiempo real. Un adecuado sistema de monitoreo y análisis de la información permite a los productores gestionar de manera más eficiente los procesos y recursos.	<ul style="list-style-type: none"> • En el caso del riego, los dispositivos IoT permiten identificar las áreas que necesitan riego, activando el sistema según la necesidad detectada. • Otro ejemplo es el control de agroquímicos con sistema de trazabilidad de la aplicación en tiempo real. Al aplicar la cantidad necesaria de productos en el momento oportuno, se evita la proliferación de plagas y enfermedades en los cultivos, reduciendo las dosis de agroquímicos que afectan negativamente a la calidad del suelo y del agua. • Lo anterior también permite a entes reguladores el monitoreo ambiental y les nutre de información para el diseño de políticas públicas y para el ordenamiento territorial. • Es importante tener presente que el uso de IoT hace necesario el diseño de nuevos marcos regulatorios para resguardar aspectos como la privacidad, seguridad cibernética, interoperabilidad y determinación de responsabilidades.



Tecnología	Descripción	Uso potencial en la transición agroecológica
Robots	Están siendo usados para llevar sensores y así extender el campo de visión del agricultor, pero también pueden utilizarse para hacer labores técnicas en la parcela de cultivo. Un ejemplo son las cosechadoras de pequeño porte que reducen la compactación de suelos. También se pueden usar en otras áreas como manejo lechero (<i>milking robots</i>).	<ul style="list-style-type: none"> • La utilización de robots para la instalación de sensores es funcional a la transición agroecológica ya que ayuda a ejecutar distintas labores agrícolas y de preservación ambiental. Esto incluye aquellas prácticas agroecológicas muy demandantes de mano de obra, o el desempeño de tareas que pueden generar peligros para los trabajadores. • Es posible programar sus funciones según las condiciones específicas de una determinada área, lo que permite preservar la diversidad y el entorno natural. Esto puede mejorar la eficiencia y la seguridad en la agricultura, así como reducir el impacto ambiental. • En los procesos de cosecha, pueden ser programados para realizar procesos repetitivos de recolección de frutas y verduras, seleccionando sólo los productos listos para ser cosechados y reduciendo así las pérdidas y desperdicios de alimentos. • En la agricultura urbana y periurbana, los robots pueden ser una valiosa herramienta para aprovechar áreas reducidas y optimizar espacios, mejorando la eficiencia y la productividad.
Drones	Estos vehículos aéreos no tripulados, equipados con cámaras y compartimientos para almacenar y distribuir insumos, están cambiando la forma de sembrar, fumigar y monitorear los cultivos agrícolas, así como las formas de gestión de áreas territoriales de valor ambiental. Estos equipos pueden ser muy útiles, ya sea para calcular biomasa, o para evaluar el nivel de fertilidad, <i>stress</i> hídrico y otros parámetros de un cultivo.	<ul style="list-style-type: none"> • Gracias a la información que logran capturar, se pueden generar diversos índices, tal como el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI). Esto permite tomar decisiones técnicas para una determinada parte de la parcela de cultivo, así como hacer un pastoreo localizado. • Los drones también están siendo utilizados para hacer levantamientos topográficos y para definir diseños de gestión en fincas o en áreas territoriales de valor ambiental. • Estas máquinas se están utilizando para hacer pulverizaciones de agroquímicos, reduciendo drásticamente las dosis utilizadas y la compactación de suelos. Estos equipos entregan eficiencia en el uso de recursos, ya que pueden cubrir grandes extensiones de tierra en poco tiempo, lo que mejora la productividad. • Existen drones que utilizan tecnología GPS y herramientas de instalación de fibra (FITS) para mapear parámetros de cultivos, lo que permite a los productores ajustar las necesidades de fertilizantes y el uso de insumos, mejorando la gestión del uso de recursos en la agricultura. Por último, el uso de drones puede ser muy útil en la gestión del riego, ya que sirven para detectar problemas en el sistema de riego en grandes extensiones, lo que permite tomar medidas correctivas.
<i>Big Data</i>	Las tecnologías digitales, como los sensores, y el creciente poder de los computadores permiten generar, procesar e interpretar un gran volumen de datos digitales para deducir relaciones, establecer dependencias y predecir resultados y comportamientos. Todo ello puede ayudar a tomar decisiones en tiempo real, combinando una amplia variedad de informaciones que provienen de diferentes fuentes.	<ul style="list-style-type: none"> • A partir del <i>Big Data</i> es posible generar modelos de producción con prácticas y técnicas agrícolas más sostenibles y con menor impacto ambiental. Un ejemplo concreto son los modelos que permiten adecuarse a la necesidad de determinados insumos, como los fertilizantes, ya que con estos datos los productores pueden realizar comparaciones entre diferentes modelos de gestión productiva. • <i>El Big Data</i> también puede ser utilizado para fines de trazabilidad, vinculándose a temas de deforestación, seguridad alimentaria o control de calidad de los productos. La trazabilidad apoya directamente a los productores que están en proceso de transición agroecológica y buscan cumplir con ciertas certificaciones. • Se espera que el uso de <i>Big Data</i> tenga un impacto significativo en la transición agroecológica, en la medida que logremos capturar y almacenar de manera ordenada datos valiosos y generar modelos de predicción robustos, siendo esta herramienta un requisito habilitante para el uso de inteligencia artificial.
<i>Cloud Computing</i>	Permite acceder a recursos de computación de manera flexible y con un bajo esfuerzo de gestión. Mientras que IoT permite recolectar datos siguiendo reglas específicas, <i>Cloud Computing</i> permite almacenar y agregar datos, dándole apoyo a los análisis de <i>Big Data</i> . <i>Cloud Computing</i> y <i>Data Analytics</i> incluyen aplicaciones sobre <i>machine learning</i> y hacen posible operar en un nuevo nivel de inteligencia artificial. <i>Cloud Computing</i> son las "neuronas" que almacenan y procesan el <i>Big Data</i> , y que habilitan la Inteligencia Artificial.	<ul style="list-style-type: none"> • Esta herramienta permite analizar y compartir datos e información entre diferentes productores, agrónomos, investigadores y otros actores de los sistemas alimentarios. Esto mejora la colaboración y facilita la implementación de innovaciones agroecológicas para abordar los distintos desafíos del sector, como el cambio climático y la seguridad alimentaria.



Tecnología	Descripción	Uso potencial en la transición agroecológica
Inteligencia Artificial (IA)	La IA es definida como la habilidad de las máquinas y sistemas para adquirir y aplicar conocimiento y para tener un comportamiento inteligente. Estas tecnologías basadas en la cognición ayudan a los computadores a interactuar, razonar y aprender tal como lo hacen los humanos, lo que permite ejecutar una amplia variedad de tareas que normalmente requieren de la inteligencia humana, tal como la percepción visual, el reconocimiento de voz, la toma de decisiones, la traducción de idiomas o la manipulación de objetos.	<ul style="list-style-type: none"> • En agricultura esta tecnología se está utilizando para el reconocimiento de plagas a distancia. Esto facilita, por ejemplo, el diseño de servicios de extensión que operan en forma virtual. Además, la IA puede apoyar en la clasificación de los diferentes residuos provenientes de la producción agrícola, permitiendo que los mismos sean gestionados de manera más eficiente dentro del sistema. • La IA permite generar modelos productivos al usar el <i>Big Data</i> disponible de distintas fuentes, por ejemplo, para calcular la productividad de una determinada semilla, dependiendo de las características del suelo, clima y otras variables disponibles. Este tipo de modelos permitirá elegir aquellos procesos más eficientes en términos de recursos, como parte integral de una transición agroecológica. • En el corto plazo, esta herramienta aún es de uso limitado por no contar con <i>Big Data</i> para una infinidad de usos potenciales, pero en el largo plazo se espera que la IA acelere los procesos de transformación agroecológica, ya que permitirá actuar a partir de modelos predictivos.
Blockchain	Se trata de una base de datos distribuida, replicada en muchos lugares y operada en conjunto por muchos usuarios. La descentralización elimina las restricciones de custodia pues todos los datos del sistema están encriptados digitalmente para una única identificación. Una vez ingresado en el <i>blockchain</i> , ningún dato puede ser modificado o eliminado sin el conocimiento de todos los participantes.	<ul style="list-style-type: none"> • El <i>blockchain</i> es clave para crear transparencia, trazabilidad y confianza. Por ello se utiliza también para ejecutar transacciones, a través de <i>smart contracts</i>, que ayudan a verificar, que obligan a la negociación o que facilitan la ejecución de contratos sin la intervención de terceras partes. Con un <i>smart contract</i> las transacciones ocurren sólo si se cumplen ciertos requisitos preestablecidos, creando una contabilidad para todas las transacciones. • El <i>blockchain</i> también ayuda a reducir las asimetrías de información y a mejorar la coordinación de las cadenas. Un ejemplo de <i>blockchain</i> en alimentos es Walmart con apoyo de IBM, donde se habilitó una plataforma para monitorear la trazabilidad de los alimentos y así resguardar su inocuidad.

Fuente: Elaboración propia en base a OECD (2018).

Consideraciones finales

La transición agroecológica ya está en marcha en el mundo y en América Latina y el Caribe, con el potencial de brindar beneficios desde la pequeña agricultura hasta las unidades extensivas de gran escala. Son en estas últimas donde existe el mayor potencial de mitigar importantes externalidades ambientales negativas. Para acelerar este proceso, es clave aplicar prácticas agroecológicas basadas en un enfoque técnico que imite de manera más fiel a la naturaleza, con soluciones que consideren el funcionamiento y la sostenibilidad de los ecosistemas.

La digitalización facilitará la transición hacia nuevos modelos de producción agroecológica, permitiendo que ésta escale desde la agricultura familiar hasta el segmento de las medianas y grandes empresas, abarcando al conjunto de los sistemas alimentarios. En este sentido, se espera que la digitalización en la agricultura proporcione una mejora en la eficiencia de los recursos, una gestión más sostenible de los recursos naturales, una reducción de los impactos negativos en el medio ambiente, así como una mejora en la trazabilidad de los productos agrícolas. En particular, las plataformas digitales facilitan la información, colaboración y transparencia, mejorando la trazabilidad y calidad de los productos agrícolas. A través de estas plataformas, los productores agrícolas pueden compartir información sobre sus procesos productivos, tanto para informar a entes reguladores como para aumentar la confianza de los consumidores y de otros actores a lo largo de la cadena.

Por otro lado, cabe destacar que los beneficios de la agricultura digital alcanzarán su mayor potencial en la medida que las tecnologías digitales se vayan complementando y generando una cantidad de datos suficiente para modelar, optimizar y predecir el comportamiento de los sistemas productivos y de los ecosistemas.



Bibliografía

- Agroecology Coalition (2023), Coalition for food systems transformation through agroecology. Citado 12 de abril de 2023. https://agroecology-coalition.org/wp-content/uploads/pdf/Agroecology_coalition_EN.pdf.
- Altieri, M.A. (2018), *Agroecology: the science of sustainable agriculture*. CRC Press.
- CEPALSTAT (2023), Estadísticas e Indicadores. En: *Bases de Datos y Publicaciones Estadísticas*.
- CEPAL-FAO-PMA (2022), *Hacia una seguridad alimentaria y nutricional sostenible en América Latina y el Caribe en respuesta a la crisis alimentaria mundial*. Santiago de Chile:CEPAL.
- FAO (2023a), FAOSTAT:Fertilizers by Nutrient. En: FAO. Citado 13 de abril de 2023. <https://www.fao.org/faostat/es/#data/RFN>.
- _____(2023b), Online Statistical database: crops and livestock products. En: FAOSTAT. <https://www.fao.org/faostat/en/#data>.
- _____(2019), Los 10 elementos de la agroecología. Consejo FAO, 163 período de sesiones, 2-6 diciembre de 2019, Roma.
- _____(2018), Catalysing Dialogue and Cooperation to Scale up Agroecology: Outcomes of the FAO Regional Seminars on Agroecology. Rome, Italy.
- Francis, C., G. Lieblein, S. Gliessman, T.A. Breland, N. Creamer, R. Harwood, R. Salomonsson, J. Helenius, D. Rickerl, R. Salvador, M. Wiedenhoeft, S. Simmons, P. Allen, M. Altieri, C. Flora y R. Poincelot. 2003. Agroecology: The ecology of food systems. *Journal of sustainable agriculture*, 22(3): 99-118.
- Gliessman, S. (2016), Transforming food systems with agroecology. *Agroecology and sustainable food systems*, 40(3): 187-189.
- HLPE (2019), Enfoques agroecológicos y otros enfoques innovadores en favor de la sostenibilidad de la agricultura y los sistemas alimentarios que mejoran la seguridad alimentaria y la nutrición. Un informe del Grupo de alto nivel de expertos en seguridad alimentaria y nutrición del Comité de Seguridad Alimentaria Mundial, Roma.
- IPES-Food (2022), No es oro todo lo que reluce. La batalla discursiva sobre la sostenibilidad de los sistemas alimentarios, a examen: agroecología, agricultura regenerativa y soluciones basadas en la naturaleza.
- OECD (2021), Food systems and the triple challenge.
- _____(2018), How digital technologies are impacting the way we grow and distribute food. En: *Global Forum on Agriculture 2018 "Digital technologies in food and agriculture: reaping the benefits"*. 2018. [https://one.oecd.org/document/TAD/CA/GF\(2018\)1/En/pdf](https://one.oecd.org/document/TAD/CA/GF(2018)1/En/pdf).
- Salcedo, S. and Guzmán (2014), *Agricultura Familiar en ALC: Recomendaciones de Política*. FAO, Santiago de Chile.

Este documento fue elaborado por Octavio Sotomayor, Sarah Nunes y Monica Rodrigues, de la Unidad de Desarrollo Agrícola y Biodiversidad (UDAB) de la División de Recursos Naturales de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

Ni la Unión Europea ni ninguna persona que actúe en su nombre es responsable del uso que pueda hacerse de la información contenida en esta publicación. Los puntos de vista expresados en este estudio son de los autores y no reflejan necesariamente los puntos de vista de la Unión Europea.

Las Naciones Unidas y los países que representan no son responsables por el contenido de vínculos, enlaces o marcadores a sitios externos incluidos en esta publicación, ni por las menciones de sociedades mercantiles o nombres comerciales de productos y servicios, y no deberá entenderse que existe adhesión a sitios, su contenido, sus responsables ni a los productos o servicios que se mencionen u ofrezcan.

Las opiniones expresadas en este documento, que no ha sido sometido a revisión editorial, son de exclusiva responsabilidad de los autores y pueden no coincidir con las de las Naciones Unidas o las de los países que representa.

Este documento debe citarse como: Sotomayor, O., Nunes, S., Rodrigues, M., "La digitalización al servicio de la transición agroecológica", Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2023.

La autorización para reproducir total o parcialmente esta obra debe solicitarse a la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), División de Documentos y Publicaciones, publicaciones.cepal@un.org. Los Estados Miembros de las Naciones Unidas y sus instituciones gubernamentales pueden reproducir esta obra sin autorización previa. Solo se les solicita que mencionen la fuente e informen a la CEPAL de tal reproducción.

S.23-00546

Para mayor información: <https://agriculturadigital.cepal.org/>



Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL)
Economic Commission for Latin America and the Caribbean (ECLAC)
www.cepal.org