



De los bienes comunes al código: Las plataformas digitales reconfiguran la agricultura

Un estudio de caso centrado en la plataforma Climate FieldView de
Bayer.

Samuel Rosado y Soledad Vogliano - Grupo ETC

*Este estudio de caso forma parte de una colaboración de investigación entre el Grupo ETC e IT for Change,
y cuenta con el apoyo del Center for Global Digital Justice.*

Resumen

Este estudio de caso examina el auge de la agricultura digitalizada y dependiente de los datos, centrándose en Climate FieldView de Bayer como ejemplo paradigmático de cómo las empresas agroindustriales y tecnológicas están remodelando los sistemas alimentarios. El estudio traza un mapa del flujo de datos agrícolas, desde la generación de datos en las explotaciones agrícolas hasta su almacenamiento, procesamiento y monetización, mostrando cómo cada etapa está integrada en infraestructuras y regímenes contractuales controlados por las empresas. A través de este flujo, las prácticas, los entornos y los conocimientos de los agricultores se traducen en flujos de datos privados, lo que refuerza el bloqueo de plataformas, la gobernanza algorítmica y la financiarización.

FieldView ilustra cómo la agricultura digital funciona no sólo como un conjunto de herramientas técnicas, sino como una forma institucional de gobernanza, integrando los servicios de semillas, productos químicos y datos en ecosistemas cerrados. Al asociarse con proveedores de servicios en la nube como Microsoft, Bayer integra los datos a nivel de explotación agrícola en infraestructuras globales que sirven a las finanzas especulativas, los planes ASG (siglas en inglés de Environmental, Social and Governance, criterios internacionales para calificar a las empresas como “socialmente responsables”) y los mercados de carbono, dejando de lado la autonomía de los agricultores, las prácticas culturales y la sostenibilidad ecológica. El informe sitúa estos avances en el contexto más amplio de los procesos de colonialismo de datos y convergencia tecnológica entre las grandes empresas agrícolas y las grandes empresas tecnológicas.

Desde un enfoque de derechos, el estudio identifica los riesgos para la soberanía alimentaria, los derechos culturales, el trabajo, la salud y el ambiente. Sostiene que los modelos predominantes de «propiedad» y gobernanza voluntaria son insuficientes, ya que ocultan cuestiones de control, rendición de cuentas y justicia. En su lugar, aboga por enfoques estructurales de justicia de datos, que incluyan derechos colectivos sobre los datos, supervisión pública de las infraestructuras digitales y marcos de gobernanza centrados en la comunidad para contrarrestar la captura corporativa.

Índice

Resumen	2
Sección I: Antecedentes, metodología y definiciones	4
1. Visión general e introducción	4
2. Metodología	6
Sección II: De los flujos de datos a los flujos de capital: la construcción de los recintos	6
1. Análisis del flujo de datos agrícolas	6
2. Dataficación de la agricultura: ningún dato es insignificante	9
3. La convergencia tecnológica	11
4. Plataformas y assetización, emparejadas por diseño	12
5. Computación periférica: cerrar las brechas, ampliar el control	14
6. Bayer como ejemplo paradigmático	18
Sección III: Perspectivas	23
1. Desentrañando la caja negra de la agricultura	23
2. Implicancias de la agricultura basada en datos para los derechos económicos, sociales, culturales y medioambientales	25
3. Recuperar el control en un sistema alimentario plataformizado: soberanía de los datos y derechos humanos	27
4. Hacia la justicia estructural de los datos: de la captura corporativa a la gobernanza democrática	28
Referencias	30

Sección I: Antecedentes, metodología y definiciones

1. Resumen e introducción

Porque los nitratos no son la tierra, ni los fosfatos; y la longitud de la fibra del algodón no es la tierra. El carbono no es un hombre, ni la sal, ni el agua, ni el calcio. Es todo eso, pero es mucho más, mucho más; y la tierra es mucho más que su análisis... Ese hombre que es más que sus elementos conoce la tierra que es más que su análisis.

John Steinbeck, *Las uvas de la ira*, 1939

Bayer es pionera en innovación digital en el ámbito de la agricultura. Microsoft está estableciendo el estándar en soluciones globales y fiables en la nube. Juntos, podemos innovar e implementar en equipo como un equipo para proporcionar los alimentos, piensos, fibras y combustibles necesarios para alimentar nuestro planeta.

Jeremy Williams, director de Climate LLC y Bayer Digital Farming Solutions.¹

Las tecnologías informáticas han evolucionado rápidamente en las últimas décadas, volviéndose más potentes y estando cada vez más integradas en la vida cotidiana. Dispositivos como los teléfonos inteligentes y los drones comerciales son ahora omnipresentes, se sincronizan continuamente con servidores remotos y forman la infraestructura de lo que a menudo se denomina la «revolución digital». En el contexto de la agricultura, la revolución digital ha evolucionado hasta convertirse en la «agricultura inteligente» (a veces conocida como Agricultura 4.0), que enmarca la producción agrícola como un problema técnico que debe resolverse mediante la automatización, el análisis de datos y la inteligencia artificial (IA).

Antes de que la agricultura se volviera «inteligente», se volvió «precisa»: la «agricultura de precisión» se refiere al uso de tecnologías digitales, como maquinaria agrícola guiada por GPS, sensores remotos, tecnología de tasa variable y cartografía con drones, con el objetivo de optimizar los insumos agrícolas y supervisar las condiciones de las explotaciones agrícolas a un nivel granular. La agricultura inteligente se basa en la agricultura de precisión (y no siempre se distingue de ella) al integrarla en una red de tecnologías conectadas y automatizadas, como el Internet de las cosas (IoT), la IA, las cadenas de bloques y el análisis predictivo. La agricultura inteligente amplía la supervisión digital a toda la cadena de valor agrícola, desde la gestión de los cultivos hasta la logística de suministro.

¹ Véase el comunicado de prensa: www.bayer.com/media/en-us/bayer-microsoft-enter-into-strategic-partnership-to-optimize-and-advance-digital-capabilities-for-food-feed-fuel-fiber-value-chain-en-us/

La agricultura inteligente se promueve como una herramienta para aumentar la eficiencia, la productividad y la sostenibilidad, y se integra en cambios más amplios hacia sistemas agrícolas centrados en los datos y controlados por las empresas (Carbonell, 2016; Clapp y Ruder, 2020). Los productos de la agricultura inteligente se desarrollan dentro de un marco de tecnosolucionismo que elude cuestiones estructurales más profundas, como la concentración de la tierra, la degradación ecológica y la erosión de la autonomía de agricultores y agricultoras además, excluye en gran medida los sistemas de conocimiento alternativos, como la agroecología (Bronson, 2022; Clapp y Ruder, 2020).

La agricultura digitalizada y dependiente de los datos plantea cuestiones críticas sobre quién controla y se beneficia de los datos agrícolas, y si los marcos de gobernanza pueden garantizar la justicia y la rendición de cuentas, y evitar que los oligopolios agroalimentarios existentes se vuelvan cada vez más poderosos. El modelo ha resultado difícil de implementar en vastas zonas del mundo rural;² cuando se ha implementado, a menudo ha reforzado las asimetrías de poder al profundizar la dependencia de los agricultores de plataformas, infraestructuras y servicios en la nube patentados, gobernados en su mayoría por gigantes de la agroindustria y la tecnología (Grupo ETC, 2022; Philpott, 2021).

La agricultura inteligente ha sido promovida activamente por varios gobiernos, especialmente en los países industrializados. A medida que las empresas agroindustriales expanden sus operaciones hacia el Sur Global, la agricultura inteligente/de precisión desempeña un papel cada vez más importante en los nuevos acuerdos de inversión y programas de desarrollo. Estos marcos reconfiguran los sistemas agrícolas y corren el riesgo de desplazar a las comunidades campesinas, especialmente al obligarlas a integrarse en los volátiles mercados mundiales. Una cifra muy citada sobre el valor del sector mundial del análisis de datos agrícolas es de 6700 millones de dólares en 2024, con un crecimiento previsto del 13,5 % anual hasta 2030.³ América del Norte, especialmente Estados Unidos, representa casi la mitad de los ingresos totales del sector, lo que subraya el dominio de la región en la configuración de la «transformación de los sistemas alimentarios basada en datos».⁴

El lenguaje utilizado para promover la agricultura inteligente está moldeado por narrativas corporativas. Presenta la automatización de las máquinas como «toma de decisiones» y enmarca las intervenciones tecnológicas como «basadas en datos» (lo que sugiere objetividad y ausencia de sesgos), como necesarias e incluso como benéficas. Este encuadre oculta las relaciones de poder en juego, marginando las perspectivas campesinas, indígenas y agroecológicas al reducir la agricultura a un conjunto de variables extraíbles y resultados computables.

² La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) informa que, a nivel mundial, el 33 % de la población no tenía acceso a Internet en 2023, y la mayoría residía en regiones rurales. Esta brecha es aún más pronunciada en los países menos adelantados (PMA), donde se estima que solo el 27 % de la población tiene acceso a Internet. Véase: <https://www.itu.int/itu-d/reports/statistics/2023/10/10/ff23-internet-use>

³ Estudio de mercado global sobre análisis de datos agrícolas 2024
<https://reports.valuates.com/market-reports/QYRE-Auto-19J16733/global-agriculture-data-analytics>

⁴ «Tamaño y tendencias del mercado del análisis agrícola», Grand View Research, 2025, <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/agriculture-analytics-market-report>

En este sentido, la agricultura inteligente ejemplifica lo que Couldry y Mejías (2019) describen como colonialismo de datos: un nuevo orden social en el que las infraestructuras digitales extraen valor de la vida, convirtiendo las relaciones humanas con la tierra, la naturaleza, el trabajo y el conocimiento en materia prima para el capitalismo algorítmico.

El presente informe tiene por objeto trazar un mapa de las fuerzas económicas y discursivas que subyacen al auge de la agricultura inteligente y sus narrativas corporativas, revelando cómo las tecnologías digitales están remodelando los sistemas agrícolas para adaptarlos a los intereses corporativos. El flujo de datos agrícolas —desde la captura de datos hasta su monetización— es clave para comprender cómo la agricultura inteligente crea nuevas dependencias, asimetrías y retos políticos a la hora de sentar las bases para un sistema democrático de gobernanza de datos en la agricultura. Para ejemplificar este fenómeno, el estudio analizará en particular las prácticas de Bayer.

2. Metodología

Este estudio se basa en el análisis crítico de comunicados de prensa corporativos, documentos de políticas, informes de tendencias de mercado y literatura académica relevante. Incluye un mapeo de las infraestructuras de datos y las asociaciones corporativas (por ejemplo, Bayer-Microsoft). La metodología también incorpora un enfoque estructural del flujo de datos agrícolas, identificando, explicando y analizando cinco etapas críticas:

1. Generación y captura de datos: a través de sensores, drones, imágenes satelitales y maquinaria.
2. Transmisión de datos: a través de redes 5G, conexiones IoT y computación periférica.
3. Almacenamiento de datos: en centros de datos a hiperscala (por ejemplo, Microsoft Azure, Amazon Web Services).
4. Procesamiento de datos: mediante modelos de IA, análisis predictivo y gemelos digitales.
5. Conversión de los datos en activo financiero monetización, y control: a través de plataformas digitales propias, servicios de suscripción y algoritmos de toma de decisiones.

Este enfoque permite una crítica sistemática de 1) cómo se extrae y acumula el valor en el modelo de negocio, 2) cómo las tecnologías digitales dependientes de los datos y la agricultura inteligente afectan a la consolidación empresarial, 3) si los «datos» en la agricultura pueden enmarcarse y regularse en aras de la soberanía alimentaria.

Sección II: De los flujos de datos a los flujos de capital: la construcción de los cercamientos

1. Cuestionamiento del flujo de datos agrícolas

En la agricultura inteligente, el flujo de datos se refiere al proceso integral mediante el cual los datos agrícolas se capturan, transmiten, procesan, analizan y se actúa en consecuencia a través de decisiones guiadas o se transforman en nuevos servicios. Cada etapa del flujo implica un sin fin de intereses económicos, actores, infraestructuras y gobernanza, lo que

repercute profundamente en la autonomía de los agricultores, la producción de conocimientos y el control sobre el sistema alimentario.

Los pasos técnicos del flujo de datos no son una secuencia neutral de eventos, sino que están determinados por la infraestructura material de sensores y satélites, los regímenes de gobernanza de la computación en la nube y los modelos algorítmicos que interpretan la vida agrícola. El poder se ejerce en cada etapa a través de la propiedad y el control de la infraestructura digital, la abstracción y la exclusión. Para comprender el futuro de la agricultura, es esencial preguntarse quién construye y gobierna este proceso de datos, y a quién beneficia: a los consumidores (incluidos, entre otros, los agricultores) o a las empresas.

a. Generación de datos

El canal comienza en el campo, donde se generan datos de forma continua mediante una red de sensores digitales, drones, satélites y maquinaria conectada. Como señala Carbonell (2016), estos sensores producen versiones «legibles por máquina» de la naturaleza, fragmentadas y estructuradas según la lógica de los propios dispositivos. Esto incluye datos medioambientales (por ejemplo, humedad del suelo, temperatura, pH), datos biométricos de cultivos y animales, geolocalización y datos de comportamiento de los usuarios, es decir, agricultores y otros trabajadores agrícolas (como el uso de aplicaciones, las interacciones con plataformas o los historiales de compras).

b. Transmisión de datos

Una vez recopilados, los datos se transmiten a través de Internet, a menudo mediante redes inalámbricas como sistemas 5G privados o satélites. La transmisión depende en gran medida de los proveedores de infraestructura “de nube”, como Amazon Web Services o Microsoft Azure, que alojan la parte no visible a los usuarios (back-end) de la mayoría de las principales plataformas agroindustriales (Grupo ETC, 2022), y de enormes infraestructuras terrestres y submarinas cableadas. En esta etapa, las cuestiones relacionadas con la conectividad, especialmente en las zonas rurales, se vuelven críticas. Muchas regiones del Sur Global se enfrentan a deficiencias en la infraestructura digital, que las empresas abordan mediante asociaciones, aunque a menudo sin abordar las cuestiones de la soberanía local o el acceso a largo plazo (FAO y UIT, 2022).

c. Almacenamiento y acumulación de datos

En la fase de almacenamiento, los datos de las explotaciones agrícolas, las regiones o las cadenas de suministro se procesan en una nube corporativa. Estos repositorios de datos privados permiten a las empresas crear y privatizar conjuntos de datos a gran escala que traspasan las fronteras nacionales para crear nuevos servicios comerciales privados. En esta situación, la propiedad y la portabilidad de los datos se convierten en cuestiones fundamentales.⁵

⁵ <https://www.rst.software/blog/data-cloud-explained>

d. Procesamiento y análisis de datos

Esta etapa implica el uso de algoritmos de aprendizaje automático, modelos de inteligencia artificial y sistemas de apoyo a la toma de decisiones para analizar los datos. Los modelos predicen brotes de enfermedades, recomiendan dosis de insumos, optimizan el uso de la maquinaria o proyectan rendimientos. Las plataformas pueden desarrollar «gemelos digitales» — simulaciones virtuales de los campos de cultivo físicos— basados en estos datos (Bronson, 2022). Estos modelos se basan necesariamente en simplificaciones y abstracciones. Como advierten académicos como Clapp y Ruder (2020), las hipótesis incorporadas en estos modelos suelen reflejar las prioridades de la agroindustria: maximizar el rendimiento, reducir los costes de los insumos u obtener crédito, en lugar de la sostenibilidad ecológica o la soberanía alimentaria. La crítica general de la matemática Cathy O'Neil (2016) a la dependencia de los algoritmos es igualmente relevante para la dependencia de los datos digitales en la agricultura: es necesario hacer visible que los algoritmos incorporan sesgos existentes en el código, con resultados potencialmente destructivos.

e. Toma de decisiones y acción

Los datos procesados se presentan entonces como acciones sugeridas o se transforman en procesos automatizados. Estos pueden adoptar la forma de recomendaciones mostradas al agricultor, activadores automáticos (por ejemplo, un pulverizador agroquímico de precisión que se activa basándose en la detección mediante IA de una plaga concreta) o integraciones en sistemas logísticos y financieros más amplios. Algunas empresas de consultoría han destacado que el seguimiento de los datos en *tiempo real* permite a las empresas planificar el transporte y la gestión de los almacenes, y realizar ajustes en función de los cambios en la demanda prevista de determinados productos.^{6,7} A medida que los datos se integran plenamente en la logística, también se utilizan para productos financieros, incluido el acceso a métricas basadas en el crédito y en las explotaciones agrícolas, la mitigación de riesgos (como las predicciones de sequías y plagas y otras cuestiones sobre el terreno), así como la realización de transacciones automatizadas con tecnologías de cadena de bloques.^{8,9} Estas «decisiones» suelen estar determinadas por la lógica de la plataforma, por ejemplo, favoreciendo determinadas marcas de semillas o pesticidas, optimizando las métricas de eficiencia definidas por la empresa.¹⁰

f. Conversión de los datos en activos financieros (monetización), uso secundario y extracción de valor

Por último, los datos se reutilizan o «se convierten en activos». En resumen, la conversión de datos en activos se refiere al proceso por el cual los datos agrícolas se transforman en activos

⁶ Nicolas Denis Valerio, Dilda Rami Kalouche, Ruben Sabah, «Optimización de la cadena de suministro agrícola y creación de valor», McKinsey Consulting, 12 de mayo de 2020, www.mckinsey.com/industries/agriculture/our-insights/agriculture-supply-chain-optimization-and-value-creation

⁷ Tzachor, A., Richards, C.E. y Jeon, S. Transformación de los sistemas de producción agroalimentaria y las cadenas de suministro con gemelos digitales. *npj Sci Food* 6, 47 (2022). <https://doi.org/10.1038/s41538-022-00162-2>

⁸ «Agri-Fintech: Bridging The Gap Between Farmers And Financial Services» (Agri-Fintech: tendiendo puentes entre los agricultores y los servicios financieros), The Farming Insider, 1 de enero de 2025, <https://thefarminginsider.com/agri-fintech-financial-services/>

⁹ Véase: <https://cropdata.in/agdata.html>

¹⁰ «Agricultura de precisión: ventajas y retos para la adopción y el uso de la tecnología», Oficina de Responsabilidad Gubernamental de los Estados Unidos, 31-01-2023, <https://www.gao.gov/products/gao-24-105962>

monetizables y patentados (Hackfort et al., 2024). Este proceso económico y político está determinado por las infraestructuras digitales y la gobernanza de las plataformas. Los datos pueden utilizarse para entrenar futuros algoritmos, venderse a terceros (como aseguradoras o procesadores de alimentos) o convertirse en nuevos instrumentos financieros, como créditos de carbono y productos ASG (criterios ambientales, sociales y de gobernanza), como los bonos de «sostenibilidad» y los derivados financieros que vinculan los tipos de interés de los créditos a otros instrumentos.¹¹ En este escenario, la «gobernanza» se limita a los actores corporativos con grandes recursos económicos que dan forma al proceso e invierten recursos.¹² En 2023, la inversión en fondos ASG alcanzó los 30,7 billones de dólares, y se espera que crezca hasta los 50 billones en los próximos 20 años.¹³ La etapa de conversión de datos en activos refleja lo que Clapp (2021) y Gurumurthy et al (2019) describen como la *plataformización* y la financiarización de la agricultura, en la que los datos se convierten en una mercancía utilizada para generar valor mucho más allá de la explotación agrícola, a menudo sin el consentimiento ni el beneficio de los agricultores.

2. Datificación de la agricultura: ningún dato es demasiado pequeño

Un estudio de 2022 estimó que el volumen de datos generados por hectárea pasó de unos pocos megabytes en 2004 a 18 gigabytes en 2020.¹⁴ Este aumento exponencial está impulsado por la proliferación de sensores y dispositivos digitales, incluidas las tecnologías de satélites y drones, que ahora se integran en el análisis agrícola.¹⁵ En 2023, el Gobierno de los Estados Unidos publicó una evaluación tecnológica sobre la agricultura de precisión, en la que se detalla la expansión de la infraestructura de hardware del sector. En el centro de este modelo se encuentra la integración perfecta de los dispositivos: sensores que interpretan de forma abstracta las condiciones del suelo y las plantas (como los niveles de humedad o la pigmentación de las hojas), lo que desencadena respuestas automatizadas en la maquinaria utilizada para el riego, la fertilización y otras tareas. El despliegue de la inteligencia artificial permite además que equipos autónomos, como tractores y drones autónomos, operen en

¹¹ Los productos que cumplen con los criterios ASG son bienes, servicios o instrumentos financieros que cumplen con las normas ambientales, sociales y de gobernanza (ASG), como minimizar el daño ambiental, defender prácticas laborales justas o mantener una gobernanza transparente. En la agricultura, estos pueden incluir créditos de carbono de la agricultura de precisión, análisis de sostenibilidad basados en datos o productos financieros vinculados a la resiliencia climática. Sin embargo, como se destaca en la investigación del Grupo ETC, estos productos suelen estar integrados en procesos más amplios de financiarización y plataforma de datos. Los datos a nivel de explotación agrícola, capturados a través de plataformas digitales, se reutilizan para generar activos con calificación ASG, normalmente sin el control ni el beneficio de los agricultores. Esto refuerza el poder de las empresas y contribuye a lo que el Grupo ETC y otros describen como colonialismo de datos, por el que se extrae valor de la vida agrícola a través de infraestructuras digitales opacas. «Ejemplos de productos ASG», FinPublica, sin fecha, www.finpublica.org/examples-of-esg-products

¹² Victoria Judd y Henrietta Worthington, «El auge de los productos financieros ASG», *The World Financial Review*, 27 de febrero de 2021, <https://worldfinancialreview.com/the-rise-of-esg-financial-products/>

¹³ «¿Qué es una inversión ASG? Significado, tipos, estrategias y ejemplos», SG Analytics, julio de 2023, www.sganalytics.com/blog/what-is-ASG-investing-definition-examples-and-types

¹⁴ Ahmed Kayad, Marco Sozzi, Dimitrios S. Paraforos, Francelino A. Rodrigues, Yafit Cohen, Spyros Fountas, Medel-Jimenez Francisco, Andrea Pezzuolo, Stefano Grigolato, Francesco Marinello, «¿Cuántos gigabytes por hectárea hay disponibles en la era de la agricultura digital? Una estimación de la huella de digitalización», *Computers and Electronics in Agriculture*, volumen 198, 2022, <https://doi.org/10.1016/j.compag.2022.107080>.

¹⁵ Ahmed Kayad, Marco Sozzi, Dimitrios S. Paraforos, Francelino A. Rodrigues, Yafit Cohen, Spyros Fountas, Medel-Jimenez Francisco, Andrea Pezzuolo, Stefano Grigolato, Francesco Marinello, «¿Cuántos gigabytes por hectárea hay disponibles en la era de la agricultura digital? Una estimación de la huella de digitalización», *Computers and Electronics in Agriculture*, volumen 198, 2022, <https://doi.org/10.1016/j.compag.2022.107080>.

coordinación con sistemas de información para la gestión de explotaciones agrícolas (FMIS) que recopilan, procesan y utilizan grandes cantidades de datos. Estos sistemas funcionan con una supervisión humana mínima, lo que refuerza un modelo en el que las decisiones se automatizan y centralizan, a menudo sin tener en cuenta los conocimientos, el control y la autonomía de los agricultores,¹⁶ y los derechos de las comunidades campesinas, rurales e indígenas.

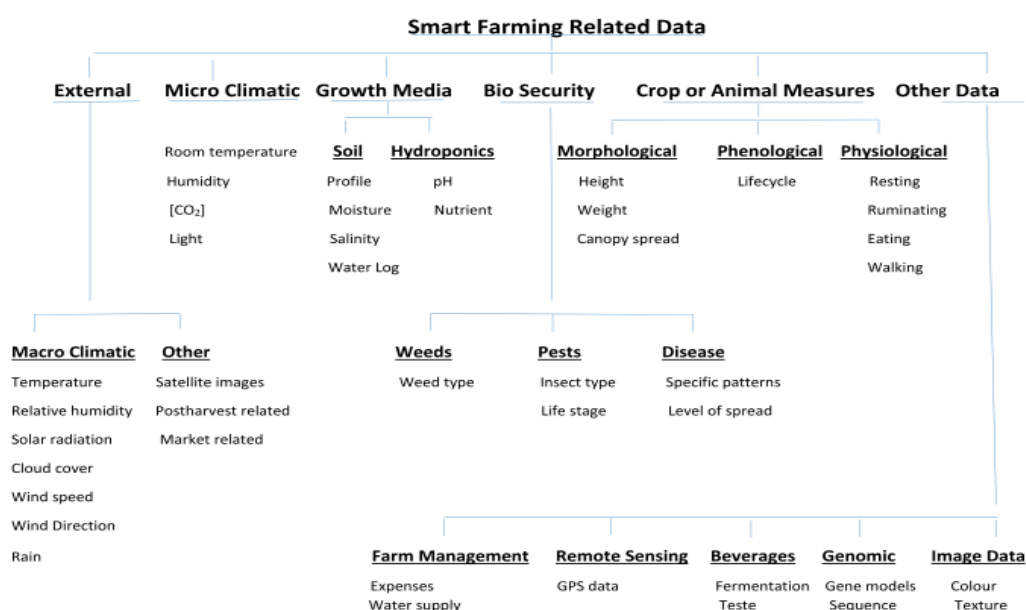
Un número cada vez mayor de investigaciones ha desentrañado la naturaleza compleja y estratificada de los datos que se extraen de las explotaciones agrícolas y los territorios rurales. Estos conjuntos de datos incluyen:¹⁷

- Información climática, que abarca desde microclimas locales en parcelas específicas (como los naranjales) hasta métricas a escala global utilizadas para modelar el aumento de la temperatura planetaria.
- Datos sobre el suelo y los medios de cultivo, que abarcan detalles sobre la composición, los materiales orgánicos e inorgánicos, las comunidades microbianas y otros indicadores de la salud del suelo.
- Los datos de bioseguridad, centrados en la detección y predicción de enfermedades de las plantas y brotes de plagas.
- Los datos relacionados con los cultivos se recogen a través de marcadores visuales: la coloración de las hojas, las manchas, el tamaño y el grosor del tallo, que a menudo se analizan mediante sistemas de visión artificial.
- Los datos de seguimiento del ganado incluyen indicadores biométricos y de comportamiento: temperatura corporal, patrones de movimiento, comportamiento alimentario y producción de leche, que se recopilan cada vez más a través de sensores portátiles o sistemas de cámaras.
- Los datos sobre el funcionamiento de la maquinaria registran el rendimiento y la eficiencia de tractores, sembradoras, pulverizadores y cosechadoras, y registran los patrones de uso, el consumo de combustible y el desgaste mecánico, que a menudo se transmiten en tiempo real a paneles de control basados en la nube.
- Los datos geoespaciales y de mapeo de rendimiento vinculan los resultados de la cosecha con la ubicación exacta de los campos, creando modelos predictivos para la rentabilidad y la valoración de la tierra.
- Los datos sobre el comportamiento y la toma de decisiones de los agricultores, aunque menos visibles, se integran mediante aplicaciones, historiales de compras, calificaciones crediticias y la participación en servicios de extensión, formando parte de sistemas algorítmicos de perfilado más amplios.

¹⁶ «Agricultura de precisión: ventajas y retos para la adopción y el uso de la tecnología», Oficina de Responsabilidad Gubernamental de los Estados Unidos, 31-01-2023, <https://www.gao.gov/products/gao-24-105962>

¹⁷ Sandya De Alwis, Ziwei Hou, Yishuo Zhang, Myung Hwan Na, Bahadorreza Ofoghi, Atul Sajjanhar, «Una encuesta sobre datos, aplicaciones y técnicas de agricultura inteligente», *Computers in Industry*, volumen 138, 2022, 103624, ISSN 0166-3615, <https://doi.org/10.1016/j.compind.2022.103624>

Figura 1. Principales tipos de datos agrícolas utilizados en la agricultura «inteligente»



Fuente: Sandya De Alwis et al¹⁸

En conjunto, estos conjuntos de datos forman un retrato multidimensional de los ecosistemas agrícolas, los procesos de producción y las prácticas sociales, que cada vez más son capturados, clasificados y monetizados por las plataformas corporativas. La granularidad y el volumen de esta información, permite a las empresas no sólo optimizar los insumos y la logística, sino también entrenar modelos de aprendizaje automático, desarrollar nuevos productos financieros y entrar en los mercados de carbono y los esquemas ASG.

Una infraestructura de extracción de datos a múltiples escalas es fundamental para el régimen digital emergente en la agricultura, en el que las explotaciones agrícolas se convierten en nodos de un aparato global de vigilancia, predicción y control. (Véase la figura 1).

Según la definición de Kitchin (2014), la datificación es «la transformación de la acción social en datos cuantificados en línea, lo que permite el seguimiento en tiempo real y el análisis predictivo». En el contexto agrícola, esto implica el despliegue de sensores, drones, maquinaria con GPS, aplicaciones móviles y sistemas satelitales que extraen información granular de los campos, los animales, los equipos e incluso de los propios agricultores. Según Bronson (2022), la datificación permite a las empresas «hacer computable la naturaleza», creando nuevas formas de valor al integrar los sistemas biológicos en plataformas digitales, lo que produce una hiper simplificación de la vida y el conocimiento en código. Además, los datos se reutilizan para adaptarse a las necesidades de las empresas financieras que invierten en dispositivos y plataformas agrícolas, lo que difumina eficazmente la propiedad y

¹⁸ Sandya De Alwis, Ziwei Hou, Yishuo Zhang, Myung Hwan Na, Bahadorreza Ofoghi, Atul Sajjanhar, «Una encuesta sobre datos, aplicaciones y técnicas de agricultura inteligente», *Computers in Industry*, volumen 138, 2022, 103624, ISSN 0166-3615, <https://doi.org/10.1016/j.compind.2022.103624>

el origen material de los datos y margina aún más a las comunidades indígenas y campesinas, que han quedado al margen del proceso de toma de decisiones y de las herramientas de gobernanza reales.¹⁹

3. La convergencia tecnológica

La convergencia entre la agroindustria y la tecnología digital —lo que el Grupo ETC ha denominado el complejo Big Ag-Big Tech— no es solo una colaboración entre sectores, sino una transformación estructural de la propia agricultura. La datificación es el núcleo de esta convergencia. Esta nueva capa de observación digital es lo que permite a los actores de Big Tech entrar en el sector agrícola, no como proveedores tradicionales de insumos, sino como propietarios de infraestructuras y corredores de datos. Y ofrece una infraestructura compartida para el control territorial, la extracción de recursos y *la gobernanza algorítmica*.²⁰

Si bien la datificación refuerza el control existente de los gigantes de la agroindustria, también hace que la agricultura sea ahora compatible con el modelo de negocio de otras plataformas digitales. Los proveedores de servicios en la nube, como Microsoft Azure y Amazon Web Services, ofrecen una infraestructura escalable para almacenar y procesar grandes cantidades de datos agrícolas, mientras que las empresas de inteligencia artificial y análisis proporcionan herramientas para extraer valor de ellos. Como resultado, la agricultura se convierte en un campo de pruebas para la lógica de la economía digital: vigilancia, automatización, personalización y bloqueo de plataformas.

Esto crea las condiciones para que las grandes empresas agrícolas y tecnológicas construyan conjuntamente un nuevo régimen de control, en el que los conocimientos agrícolas y las observaciones y estadísticas a nivel de explotación que servirían de base para la toma de decisiones se gestionan cada vez más a través de plataformas digitales privadas alojadas en ecosistemas globales en la nube. Para comprender mejor cómo funcionan estas plataformas, podemos comparar su alcance, propiedad y función estratégica:

Plataforma	Empresa matriz	Funciones clave	Integración con insumos
FieldView	Bayer	Recopilación de datos, análisis, información basada en inteligencia artificial	Bayer adapta los anuncios de sus propios productos (semillas y agroquímicos) a los usuarios, basándose en los datos.

¹⁹ «El derecho de los pueblos indígenas a los datos, incluida la recopilación y desagregación de datos, presentación al Mecanismo de Expertos sobre los Derechos de los Pueblos Indígenas», IT for Change, enero de 2025, <https://itforchange.net/sites/default/files/add/Indigenous%20People%27s%20Right%20to%20Data%20-%20OHCHR%20Submission.pdf>

²⁰ La gobernanza algorítmica es un concepto clave que destaca la idea de que las tecnologías digitales producen un orden social de una manera específica. El uso de algoritmos computacionales, a menudo combinados con estructuras institucionales, para ejercer el control, la coordinación o la regulación de los procesos sociales, lo que da forma efectiva a la forma en que se toman y se aplican las decisiones. Véase Katzenbach, C. y Ulbricht, L. (2019).

Granular	Corteva	Gestión agrícola, herramientas financieras	Mediante el uso de datos agrícolas, integra recomendaciones de insumos con herramientas de gestión financiera, creando un ecosistema digital que vincula datos sobre semillas, productos químicos y económicos en un único entorno patentado.
Cropwise/AgriEdge	Syngenta	Monitoreo de campos, asociaciones con empresas de satélites	Los datos se utilizan para recomendar insumos agrícolas de Syngenta basados en análisis agrícolas. Es uno de los componentes centrales de su estrategia digital, a menudo acompañado de una agresiva expansión de las asociaciones con empresas de satélites y sensores.
xarvio™	BASF	Optimización de cultivos, modelización del riesgo de enfermedades	Utiliza datos agrícolas para sugerir productos fitosanitarios de BASF adaptados a casos específicos.
One Smart Spray	Bosch + BASF Digital	Sistema de pulverización basado en IA con análisis de sensores	Los datos se utilizan para personalizar las sugerencias sobre el uso de xarvio y herbicidas BASF en determinadas plantas y cultivos en momentos específicos.
Centro de operaciones John Deere	John Deere	Datos sobre equipos, herramientas de planificación agrícola	Utiliza datos agrícolas para comercializar maquinaria John Deere, lo que refuerza el bloqueo de la plataforma.
Taranis	Con el respaldo de Corteva y Bayer	Detección de plagas mediante inteligencia artificial a partir de imágenes aéreas	Utiliza datos para adaptar sugerencias y recomendaciones basadas en IA para proveedores externos. Aunque la lista no está completamente disponible, Taranis se ha asociado con Syngenta para proporcionar dichos servicios de marketing y entrega. ²¹
AgLogic	Syngenta	Coordinación logística de la aplicación de productos químicos	Los datos se utilizan y se introducen en modelos de IA que hacen recomendaciones sobre productos relacionados con Syngenta. De hecho, AgLogic está muy integrada en la cadena de suministro de Syngenta.

Fuentes: Grupo ETC (2022), informe *Food Barons*; John Deere (2023), «Operations Center Overview»; BASF (2021), «xarvio™ Digital Farming Solutions»; Taranis (2022), sitio web corporativo; Syngenta (2022), documentación de las plataformas Cropwise y AgriEdge. Syngenta | Monitorización de campos, asociaciones con empresas de satélites | En combinación con insumos agrícolas de Syngenta |

Bayer es el ejemplo más paradigmático, pero no es el único en adoptar este modelo centrado en plataformas. Otras grandes empresas agroindustriales han desarrollado o adquirido tecnologías similares, afianzando aún más su dominio en el sistema agroalimentario, como se muestra en la tabla anterior.

²¹ Véase: www.globalagtechinitiative.com/digital-farming/making-sense-of-the-syngenta-taranis-partnership

4. Plataformas y conversión de datos en activos financieros

En este contexto, la plataformización se ha convertido en la arquitectura dominante para organizar la producción agrícola. Según la definición de Gurumurthy et al. (2019), la plataformización se refiere a la reconfiguración de la vida económica y social en torno a las plataformas digitales, que actúan como intermediarios, infraestructuras y mecanismos extractivos. Las plataformas no son solo herramientas técnicas, sino formas institucionales que rigen cómo fluyen los datos, cómo se genera el valor y quién controla las condiciones de interacción. La plataforma permite pasar de las transacciones y relaciones directas a sistemas mediados por datos y gobernados por algoritmos, dominados por un puñado de actores corporativos que operan a escala mundial. Por si esto fuera poco, las plataformas también agotan las capacidades humanas, extrayendo excedentes de formas nunca vistas en la historia del capitalismo, drenando no solo el valor económico, sino también la autonomía, la creatividad y la agencia colectiva.

Como señala el Grupo ETC²², estas plataformas digitales no son herramientas neutrales, sino nuevas infraestructuras de control. En cada caso, el modelo refuerza el poder de mercado preexistente al integrar los servicios digitales en la venta de semillas, agrotóxicos y servicios de consultoría, controlados por un puñado de empresas.

Hackfort et al. (2024) sostienen que las plataformas digitales desempeñan un papel central en la conversión de los datos agrícolas en activos, al actuar como intermediarios que no solo facilitan la recopilación y el procesamiento de la información, sino que también la transforman activamente en activos monetizables, principalmente productos de conocimiento patentados que en gran medida no están regulados.²³

Las funciones básicas de la plataforma en la agricultura inteligente:

1. Integración digital de los servicios agrícolas: las plataformas de agricultura inteligente unifican herramientas como sensores, drones, modelos de inteligencia artificial y computación en la nube en un sistema digital interoperable. Climate FieldView de Bayer,^{24,25} por ejemplo, ofrece prescripciones basadas en datos para semillas, fertilizantes y gestión de plagas, al tiempo que integra servicios de imágenes aéreas, software de gestión de drones e incluso servicios financieros como seguros, así como

²² Véase «Food Barons 2022: crisis profiteering, digitalization and shifting power», ETC Group, septiembre de 2022, https://www.etcgroup.org/files/files/food-barons-2022-full_sectors-final_16_sept.pdf

²³ Sauvagerd, M., Mayer, M. y Hartmann, M. (2024). Plataformas digitales en el sector agrícola: dinámica de la plataforma oligopolística. *Big Data & Society*, 11(4). <https://doi.org/10.1177/20539517241306365>

²⁴ Véase: <https://www.climatefieldview.co.uk/>

²⁵ Véase: <https://www.cropsscience.bayer.us/brands/deltapine/climate-field-view>

otros servicios a lo largo de la cadena de suministro.^{26,27,28,29} El Centro de Operaciones de John Deere hace lo mismo con la maquinaria, los datos meteorológicos y la modelización agronómica (Grupo ETC, 2022; Bronson, 2022).³⁰

2. Control infraestructural sobre los datos: estas plataformas actúan como intermediarios que recopilan, almacenan y procesan grandes cantidades de datos agrícolas, a menudo en condiciones que otorgan a las empresas amplios derechos para utilizarlos, monetizarlos o conservarlos. Como muestra Carbonell (2016), esto suscita preocupaciones sobre la soberanía de los datos, ya que los agricultores tienen poca visibilidad o control sobre cómo se utiliza su información.
3. Expansión hacia la financiarización: Cada vez más, las plataformas incorporan servicios como pagos digitales, crédito para insumos, seguros de cosechas y perfiles de riesgo. En la India, plataformas como DeHaat y AgroStar vinculan el asesoramiento agronómico con la financiación integrada, utilizando datos a nivel de explotación agrícola para determinar el acceso a préstamos o servicios (FAO y UIT, 2022; Clapp, 2021). Esto profundiza la fusión de la agricultura con la financiación basada en datos, a menudo con una supervisión regulatoria mínima.
4. Bloqueo del ecosistema: la plataforma amplifica el poder de los actores dominantes al consolidar los servicios en ecosistemas cerrados. Como señalan Clapp y Ruder (2020), esta tendencia forma parte de una convergencia más amplia entre la tecnología y la agroindustria en la que ambas empresas combinan sus infraestructuras, normas y bases de datos para reforzar el control del mercado y bloquear a los agricultores en paquetes tecnológicos integrados.
5. Gobernanza por algoritmos: La toma de decisiones dentro de las plataformas suele estar automatizada o semiautomatizada, lo que traslada el control de los agricultores a los algoritmos. Las herramientas basadas en la inteligencia artificial recomiendan cuándo y dónde fumigar, regar o cosechar, pero la lógica de estas decisiones rara vez es transparente. Esta forma de gobernanza algorítmica reduce la autonomía de los agricultores y fomenta la descalificación, al tiempo que posiciona a la plataforma como la «inteligencia central» de las operaciones agrícolas (Bronson, 2022).

La plataformización en la agricultura inteligente no es solo una tendencia técnica, sino un cambio de gobernanza. Como sostienen Gurumurthy et al. (2019), las plataformas remodelan los derechos, redistribuyen el poder y redefinen la participación. En la agricultura, los campesinos, los agricultores y las comunidades rurales se están integrando en infraestructuras de datos que no poseen ni controlan. Sus conocimientos, su trabajo y sus territorios se reducen cada vez más a insumos para sistemas algorítmicos, mientras que ellos

²⁶ «Rantizo® conecta AcreConnect™ con Climate FieldView™», Climate FieldView, 3 de marzo de 2025, <https://climate.com/en-us/resources/press-releases/rantizo-connects-acreconnect-with-climate-fieldview.html>

²⁷ «The Climate Corporation y Deveron se asocian para proporcionar a los agricultores datos de imágenes aéreas bajo demanda para mejorar el análisis de los cultivos», Climate FieldView, 15 de noviembre de 2017, <https://climate.com/en-ca/resources/press-releases/climate-corporation-deveron-partner-on-demand-aerial-imagery.html>

²⁸ «Para innovar, primero hay que imaginar: presentamos la asociación entre Microsoft Azure Data Manager for Agriculture (ADMA) y Bayer AgPowered Services». Climate FieldView, 28 de marzo de 2023, <https://climate.com/en-us/resources/blog/to-innovate--you-must-first-imagine.html>

²⁹ «Bayer amplía la plataforma de socios FieldView con nuevas capacidades gracias a RCIS», Climate FieldView, 17 de mayo de 2022, <https://climate.com/en-us/resources/press-releases/bayer-expands-fieldview-partner-platform-through-new-capability-with-rcis.html>

³⁰ Para más información, consulte: <https://operationscenter.deere.com/>

mismos se reconvierten en meras extensiones de un aparato digital global. Las decisiones que antes pertenecían a las comunidades agrarias ahora se automatizan, se extraen y se monetizan en otros lugares, consolidando un modelo en el que los seres humanos quedan subsumidos en una red de mando corporativo que dicta el futuro de la alimentación y la agricultura.

5. Infraestructura de borde: cerrar las brechas, ampliar el control

Si bien las proyecciones sobre la capacidad de procesamiento necesaria para la expansión de la agricultura de precisión son limitadas, la creciente integración de tecnologías como el Internet de las cosas (IoT), la inteligencia artificial (IA) y el análisis de datos sugiere un aumento significativo de las demandas computacionales. Se prevé que el mercado mundial de la agricultura de precisión crezca de 9860 millones de dólares en 2024 a 22 490 millones de dólares en 2034, lo que indica un aumento sustancial de las necesidades de generación y procesamiento de datos.³¹

A medida que el volumen y la complejidad de los datos agrícolas siguen creciendo, la industria ha recurrido a centros de datos a gran escala para procesar y almacenar la información, una tendencia de inversión que se ha acelerado aún más por el auge mundial de las aplicaciones de IA generativa.³² Muchos servicios de datos agrícolas dependen ahora de infraestructuras gestionadas por empresas tecnológicas con sede en Estados Unidos, en particular Microsoft Azure y Amazon Web Services (AWS).³³ Esto significa que los países del Sur Global que implementan sistemas de agricultura de precisión dependen cada vez más de acuerdos de datos regidos por empresas con sede en el Norte Global, donde los datos recopilados de las explotaciones agrícolas en el extranjero se almacenan y regulan bajo jurisdicciones extranjeras. Por ejemplo, a principios de 2025, Microsoft anunció una inversión de 3000 millones de dólares para ampliar su infraestructura Azure en la India. Esta expansión incluye la colaboración continua con empresas emergentes como AgriPilot.ai, que lleva cinco años asociada con Microsoft para desarrollar herramientas basadas en IA para la agricultura de precisión.³⁴

El enorme volumen de datos agrícolas que circulan por la denominada «tubería de datos» — la red global de infraestructura de conectividad— ha creado graves cuellos de botella. La transmisión de datos a nivel de explotación agrícola desde regiones remotas, como las zonas rurales de la India o Argentina, a servidores centralizados en Estados Unidos o Europa,

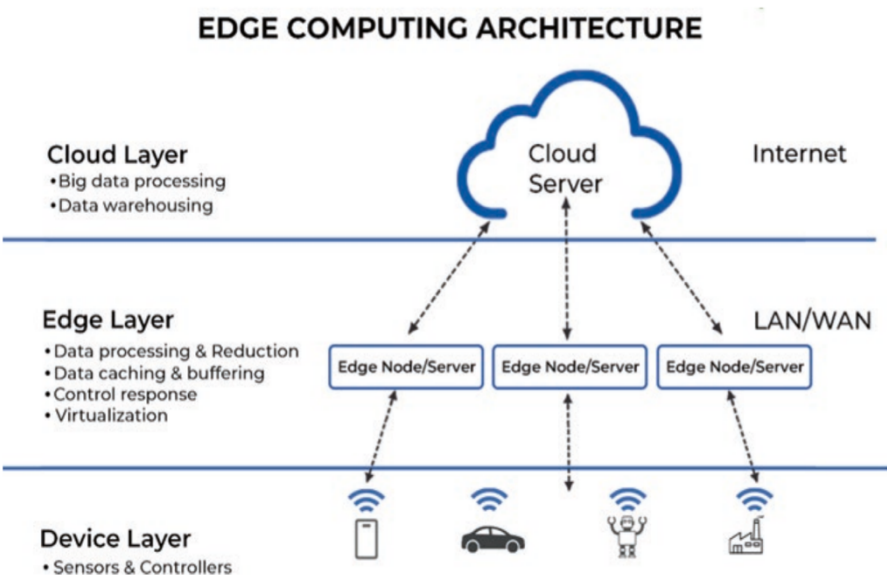
³¹ https://www.globenewswire.com/news-release/2025/03/03/3035739/28124/en/Precision-Agriculture-Market-Report-2025-Global-Precision-Agriculture-Market-to-Surge-to-22-49-Billion-by-2034-Driven-by-Technological-Advancements-and-Sustainable-Farming-Practice.html?utm_source=chatgpt.com

³² La IA generativa se refiere a modelos computacionales capaces de crear nuevos contenidos (como textos, imágenes, escenarios o datos sintéticos) basados en patrones aprendidos a partir de conjuntos de datos existentes. En el ámbito agrícola, esto significa modelos que generan proyecciones agronómicas, escenarios climáticos o edafológicos sintéticos, diseños de cultivos virtuales o narrativas de asesoramiento.

³³ Vivian Lee, Pattabi Seshadri, Clark O’Niell, Archit Choudhary, Braden Holstege y Stefan A. Deutscher, «Breaking Barriers to Data Center Growth» (Rompiendo barreras para el crecimiento de los centros de datos), BCG, 20-01-2025, www.bcg.com/publications/2025/breaking-barriers-data-center-growth

³⁴ Vandana Nair, «Las herramientas de IA de Microsoft ayudan a los agricultores de Maharashtra a aumentar el rendimiento en un 20 %», *Analytics Indian Magazine*, 8-01-2025, <https://analyticsindiamag.com/ai-startups/microsofts-ai-tools-help-maha-farmers-increase-yield-by-20/>

introduce retrasos e ineficiencias. Para solucionar este problema, las empresas están desplegando cada vez más centros de datos más pequeños y localizados, más cercanos a la fuente de los datos. Este enfoque, conocido como *infraestructura de borde (edge computing)*, tiene como objetivo reducir la latencia al permitir el procesamiento en tiempo real. Como se describe en una definición, la computación periférica «acerca la potencia computacional a la fuente de datos, lo que permite el procesamiento de datos y la toma de decisiones en tiempo real».³⁵ En el contexto agrícola, esto significa que los datos sobre la humedad del suelo, la salud de los cultivos o el comportamiento del ganado pueden analizarse in situ, lo que permite intervenciones más rápidas y refuerza la lógica de la automatización.³⁶



Fuente: Sathya et al³⁷

Principales proveedores de servicios en la nube que apoyan la agricultura inteligente y la agricultura de precisión por región, incluyendo asociaciones clave, fechas y fuentes:

Región	Principales proveedores de servicios en la nube	Asociaciones AgTech destacadas	Año	Fuente

³⁵ Sathya, D., Thangamani, R., Balaji, B.S. (2024). La revolución de la computación periférica en la agricultura inteligente. En: Balasubramanian, S., Natarajan, G., Chelliah, P.R. (eds) Robots inteligentes y drones para la agricultura de precisión. Tecnología de señales y comunicaciones. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-51195-0_17

³⁶ Sathya, D., Thangamani, R., Balaji, B.S. (2024). La revolución de la computación periférica en la agricultura inteligente. En: Balasubramanian, S., Natarajan, G., Chelliah, P.R. (eds) Robots inteligentes y drones para la agricultura de precisión. Tecnología de señales y comunicaciones. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-51195-0_17

³⁷ Sathya, D., Thangamani, R., Balaji, B.S. (2024). «La revolución de la computación periférica en la agricultura inteligente». En: Balasubramanian, S., Natarajan, G., Chelliah, P.R. (eds) Robots inteligentes y drones para la agricultura de precisión. Tecnología de señales y comunicaciones. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-51195-0_17

América del Norte	Microsoft Azure, AWS, Google Cloud	Corteva se asoció con Microsoft para desarrollar herramientas de inteligencia artificial que apoyan la agricultura de precisión. Climate FieldView, la plataforma de agricultura digital de Bayer, utiliza la infraestructura de AWS para gestionar datos agronómicos a gran escala.	2023	Corteva; Climate Corporation / New Relic (2022)
Asia meridional	Microsoft Azure (India), Google Cloud	Microsoft anunció una inversión de 3000 millones de dólares en 2025 para expandir Azure en la India, continuando su colaboración con AgriPilot.ai, una startup que desarrolla herramientas de IA para la agricultura de precisión en contextos de pequeños agricultores.	2025	FreshPlaza (2025)
América Latina	AWS (Brasil), Microsoft Azure	Solinftec utiliza AWS para procesar datos de sensores en tiempo real para la agricultura de precisión en Brasil. Agrottools confía en Azure para proporcionar análisis de datos por satélite para la gestión de explotaciones agrícolas.	2020	LAVCA (2020)
África	Microsoft Azure (Kenia, Sudáfrica)	Twiga Foods se asoció con Microsoft para digitalizar las cadenas de suministro de alimentos, integrando la recopilación de datos a nivel de granja con los servicios en la nube de Azure para optimizar la logística y el inventario.	2021	Sala de prensa de Microsoft
Europa	Google Cloud, AWS, OVHcloud	BASF colaboró con Google Cloud para integrar la inteligencia artificial en xarvio FIELD MANAGER, una plataforma que ofrece recomendaciones específicas para cada cultivo. Syngenta vinculó Cropwise a las plataformas de equipos digitales de CNH para mejorar el uso de los datos de campo.	2024	BASF (2024); Syngenta Group (2023)

Nota: La información presentada en esta tabla se basa en informes disponibles públicamente procedentes de comunicados de prensa corporativos y cobertura informativa³⁸.

La conectividad inalámbrica es el nexo invisible que une los sensores a nivel del suelo, las transmisiones por satélite y la maquinaria cada vez más autónoma, como los drones y los tractores sin conductor. Por ejemplo, en Argentina, la falta de conectividad 5G puede obstaculizar la expansión de plataformas como FieldView de Bayer. Un portavoz de la empresa pidió una rápida expansión de las redes inalámbricas rápidas para impulsar la

³⁸ BASF. (Abril de 2024). Xarvio FIELD MANAGER con tecnología Gemini. Sala de prensa de BASF. https://www.basf.com/jp/en/media/news-releases/jp/2024/04/xarvio_gemini.html
Corteva Agriscience. (2023). El futuro de la IA en la agricultura. <https://www.corteva.com/who-we-are/outlook/the-future-of-ai-in-agriculture.html>
Fresh Plaza. (12 de enero de 2025). Microsoft y AgriPilot.ai colaboran para impulsar soluciones agrícolas basadas en IA en la India. <https://www.freshplaza.com/north-america/article/9693302/microsoft-and-agripilot-ai-collaborate-to-boost-ai-driven-farming-solutions-in-india/>
LAVCA. (2020). Nuevas rondas para Solinftec y Agrottools. Asociación Latinoamericana de Capital Riesgo. <https://www.lavca.org/new-rounds-for-alphacredit-solinftec-acesso-digital-yuca-moons-pachama-rebus-new-funds-in-chile-peru-brazil-2/>
Microsoft. (15 de junio de 2021). África se convertirá en un centro mundial para la tecnología agrícola. <https://news.microsoft.com/en-xm/2021/06/15/africa-is-set-to-become-a-global-hub-for-agritech/>
New Relic. (2022). Cómo The Climate Corporation utiliza AWS y New Relic para mejorar la producción agrícola. <https://newrelic.com/blog/how-to-relic/climate-corporation-crop-production-aws-new-relic>
Syngenta Group. (Junio de 2023). Syngenta Group y CNH Industrial conectan aplicaciones digitales para prestar un mejor servicio a los agricultores. <https://www.syngentagroup.com/newsroom/2023/syngenta-group-and-cnh-industrial-connect-digital-applications-better-serve-farmers>

digitalización y la datificación, especialmente para aumentar los rendimientos, «optimizar los insumos y los recursos y ser más sostenibles». ³⁹

Actualmente, dos tendencias dominantes configuran el panorama de las comunicaciones inalámbricas. 1) El rápido despliegue de redes 5G de alta velocidad, orientadas principalmente a mejorar la conectividad de los consumidores urbanos y los centros agrícolas de alta tecnología. 2) La reasignación de los espacios en blanco de televisión no utilizados — esas partes del espectro de radiodifusión que han quedado vacantes tras la desaparición de la televisión analógica—, que ofrecen un método más económico para extender las señales a territorios rurales y de difícil acceso.⁴⁰ Por ejemplo, la iniciativa Airband de Microsoft busca ampliar la banda ancha rural aprovechando los espacios en blanco de televisión no utilizados, a menudo en colaboración con actores del sector agroindustrial y proveedores de Internet locales⁴¹. Del mismo modo, John Deere está incorporando la conectividad 5G en su maquinaria autónoma, basándose en el intercambio ininterrumpido de datos a alta velocidad entre tractores, sensores y plataformas en la nube⁴². Estas infraestructuras son fundamentales para los modelos de negocio dependientes de los datos digitales de los gigantes de la tecnología y la agrotecnología. En Argentina, las bandas de frecuencia que permiten estos servicios son administradas actualmente por la empresa pública *Empresa Argentina de Soluciones Satelitales Sociedad Anónima* (ARSAT), que las considera un recurso nacional estratégico. Sin embargo, los recientes planes del Gobierno de privatizar ARSAT —y las informaciones públicas sobre el interés de Elon Musk en adquirirla⁴³— ponen de relieve cómo el control de la infraestructura digital se está convirtiendo en una frontera clave en la geopolítica de la agricultura y la conectividad.

Si bien esto se presenta como avances en la innovación rural, también suscitan preocupaciones críticas en torno a la propiedad de las infraestructuras, la soberanía de los datos y la sostenibilidad ecológica y social a largo plazo. Los sistemas inalámbricos que permiten la transmisión de datos agrícolas suelen estar diseñados para conectarse directamente a plataformas centralizadas y controladas por empresas, operadas por las principales empresas de tecnología agrícola y tecnológica. Como resultado, los agricultores y las comunidades rurales pueden volverse cada vez más dependientes de redes privadas para acceder a los servicios digitales, sin un control significativo sobre los datos que generan. Mientras tanto, las necesidades materiales y energéticas que requiere la expansión y el mantenimiento de la infraestructura inalámbrica, especialmente en regiones geográficamente aisladas, están prácticamente ausentes de los discursos dominantes sobre la modernización agrícola.

³⁹ «Los expertos advierten que la falta de conectividad puede ser un factor limitante para la agricultura digital», original en español: *Advierten que la falta de conectividad puede ser una limitante para la agricultura digital*, *La Nación*, 6-7-2021, <https://es-us.noticias.yahoo.com/advierten-falta-conectividad-ser-limitante-201219095.html>

⁴⁰ Johnny Wood, «Cómo las frecuencias de televisión no utilizadas pueden conectar las zonas rurales al mundo digital», *Microsoft News*, 17-10-2019, <https://news.microsoft.com/on-the-issues/2019/10/17/tv-frequencies-rural-areas/>

⁴¹ La iniciativa Airband de Microsoft se amplía para llevar la banda ancha a millones de personas más en todo Estados Unidos. *Microsoft On the Issues*. 21 de abril de 2025, <https://news.microsoft.com/on-the-issues/2019/06/25/airband-white-space/>

⁴² Tractor John Deere totalmente autónomo listo para su producción a gran escala. *Sitio web oficial de John Deere*. 21 de abril de 2025. <https://www.deere.com/en/our-company/digital-security/autonomous-tractor-reveal/>

⁴³ Musk y el presidente argentino coinciden en impulsar los mercados libres y el litio - Lucinda Elliott. *Reuters*, 12 de abril de 2024. <https://www.reuters.com/world/americas/musk-argentine-president-see-eye-to-eye-boosting-free-markets-lithium-2024-04-12/>

6. Bayer como ejemplo paradigmático

«Al igual que todas las industrias, la agricultura y el sector alimentario están experimentando una rápida transformación digital, desde tractores autónomos hasta asesorías digitales basadas en inteligencia artificial y agricultura de precisión escalable. Estamos muy contentos de asociarnos con Bayer para acelerar esta transformación y desbloquear una innovación agrícola aún mayor, combinando los conocimientos basados en datos con la experiencia agronómica de Bayer y la potencia de Microsoft Azure».

Ravi Krishnaswamy, vicepresidente corporativo de Azure Global Industry en Microsoft.⁴⁴

La plataforma de Bayer, Climate FieldView, ofrece una clara ilustración de cómo funciona la agricultura digital en la intersección de los servicios de semillas, productos químicos y datos. FieldView se comercializa como una herramienta de apoyo a la toma de decisiones para los agricultores, pero, en realidad, es un mecanismo fundamental de la estrategia de integración vertical de Bayer: recopila datos a nivel de explotación agrícola, incorpora servicios propios y da forma a las decisiones que se toman en las explotaciones.

La adquisición de Monsanto por parte de Bayer en 2018 (incluida la plataforma Climate Fieldview) y las alianzas estratégicas de la empresa con compañías tecnológicas como Microsoft la han situado en el centro del nuevo imperio de los datos agrícolas. FieldView actúa no sólo como un agregador de datos, sino como un nodo estratégico en un ecosistema digital integrado verticalmente que refuerza el dominio de la empresa en semillas, agroquímicos y, ahora, análisis de datos. Bayer controla casi un tercio del mercado mundial de semillas y casi una cuarta parte del mercado de agroquímicos,⁴⁵ lo que le permite integrar servicios de datos en sus paquetes de insumos y encerrar aún más a los agricultores en bucles de servicios propios.

FieldView se ha expandido a lo largo de 220 millones de acres en más de 20 países, lo que le da a Bayer acceso a uno de los repositorios de datos agrícolas propios más grandes del mundo. Además, Bayer y Microsoft se han asociado para lanzar AgPowered Services, un producto que incluye un modelo de IA generativa que sugiere a los usuarios «información útil»,⁴⁶ a menudo limitada a un modelo de suscripción que cobra por dicha «información». En resumen, FieldView transforma simultáneamente a los agricultores en proveedores de datos y clientes, y al hacerlo captura valor en ambos extremos del canal de datos.

La plataforma comercializa activamente maquinaria e insumos compatibles con FieldView, que a menudo incluyen semillas modificadas genéticamente y productos agrotóxicos que también vende Bayer. Se trata de un modelo de negocio opaco, que refuerza su dominio en múltiples sectores de la cadena agroalimentaria.⁴⁷

⁴⁴ Véase el comunicado de prensa: www.bayer.com/media/en-us/bayer-microsoft-enter-into-strategic-partnership-to-optimize-and-advance-digital-capabilities-for-food-feed-fuel-fiber-value-chain-en-us/

⁴⁵ ETC Group y GRAIN, «Las 10 grandes empresas agroindustriales: concentración empresarial en la alimentación y la agricultura en 2025», 13 de junio de 2025: <https://etcgroup.org/content/top-10-agribusiness-giants>; https://www.etcgroup.org/sites/www.etcgroup.org/files/files/top_10_agribusiness_giants.pdf

⁴⁶ «Bayer demuestra que las tecnologías digitales son un factor clave para la agricultura regenerativa», Bayer, 9-11-2025, <https://www.bayer.com/media/en-us/bayer-demonstrates-digital-technologies-as-a-key-enabler-for-regenerative-agriculture/#:~:text=Disponible%20en%20más%20de%2022%20millones%20de%20acres,miles%20de%20millones%20de%20puntos%20de%20datos%20en%20los%20campos%20suscritos.>

⁴⁷ Véase *Barones de la Alimentación 2022*, Grupo ETC, septiembre de 2022, https://www.etcgroup.org/files/files/food-barons-2022-full_sectors-final_16_sept.pdf y «Top 10 Agribusiness

FieldView ejemplifica los riesgos del colonialismo de datos para los agricultores: recopila datos granulares y geolocalizados a nivel de explotación agrícola, como la composición del suelo, las épocas de siembra, el rendimiento de los cultivos y el uso de maquinaria. La información se recopila a través de una red de sensores y equipos agrícolas, y se carga en la nube de Microsoft Azure mediante un acuerdo con Bayer. Todos los dispositivos que recopilan datos se rigen por los Términos de servicio (ToS) de FieldView, que estipulan que estos son propiedad exclusiva de Bayer, al tiempo que prohíben a los usuarios modificar, distribuir, realizar ingeniería inversa o adaptar el software o el firmware.^{48,49,50}

Aunque a menudo se reconoce nominalmente a los agricultores como «propietarios» de sus datos, los contratos demuestran que el control y la gobernanza reales están muy restringidos. Las condiciones del servicio otorgan a la empresa una amplia licencia para utilizar, almacenar e incluso eliminar los datos a su discreción, mientras que la portabilidad está condicionada al mantenimiento de una cuenta activa y limitada a plazos de tiempo reducidos, a veces sin conservar el formato original. En el caso de Climate FieldView, los datos se almacenan en servidores gestionados por Bayer y sus «socios de plataforma», que están autorizados a descargar copias y aplicar sus propios regímenes contractuales. Esto significa que los datos también pueden transferirse a filiales o reasignarse por completo en caso de fusión o adquisición.⁵¹ Al mismo tiempo, las políticas de privacidad rara vez definen lo que constituye «datos agrícolas», lo que deja a las empresas una amplia discreción para interpretar el término. La política de FieldView en Estados Unidos habla vagamente de recopilar «información agrícola» sin aclarar qué tipos de datos o mecanismos están involucrados⁵², mientras que en países como Argentina, Brasil y México las políticas son aún más restrictivas, refiriéndose únicamente a los «datos personales».^{53,54} Estas restricciones reflejan una laguna jurídica estructural: la mayoría de los marcos nacionales de privacidad sólo cubren la información personal, dejando los datos agronómicos y de producción fuera de la protección legal. Como resultado, la propiedad nominal no implica derechos exigibles ni garantías de privacidad, y los agricultores siguen estando sujetos a las políticas internas de las empresas transnacionales. En México, por ejemplo, se comparte indirectamente con Google y Facebook.⁵⁵

La siguiente infografía muestra la arquitectura de la estrategia de la plataforma de Bayer, destacando cómo se generan, transmiten, procesan y comercializan los datos en cada etapa del proceso:

Giants. Concentración corporativa en la alimentación y la agricultura en 2025», ETC Group y GRAIN, junio de 2025, https://www.etcgroup.org/sites/www.etcgroup.org/files/files/top_10_agribusiness_giants.pdf

⁴⁸ Consulte los términos del servicio para el Reino Unido: <https://www.climatefieldview.co.uk/legal/terms-of-use/>

⁴⁹ Consulte los términos del servicio para Argentina: <https://climatefieldview.com.ar/legal/terminos-del-servicio-fieldview-de-climate/>

⁵⁰ Consulte los términos del servicio para España: <https://www.climatefieldview.es/legal/terms-of-use/>

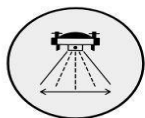
⁵¹ Consulte los términos del servicio en Argentina: <https://climatefieldview.com.ar/legal/terminos-del-servicio-fieldview-de-climate/>

⁵² Consulte la Política de privacidad de Estados Unidos: <https://climate.com/en-us/legal/privacy-statement.html>

⁵³ Consulte la política de privacidad para Argentina: <https://climatefieldview.com.ar/legal/declaracion-de-privacidad/>

⁵⁴ Consulte la política de privacidad para Brasil: <https://climatefieldview.com.ar/legal/declaracion-de-privacidad/>

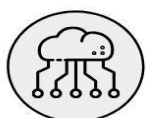
⁵⁵ Consulte la política de privacidad para México: <https://fieldview.mx/aviso-de-privacidad/>



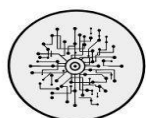
Data Generation
Sensors on the
ground



Data Transmission:
Connectivity



Data Storage and
Integration
Cloud hosting



Data Processing &
Algorithmic
Modeling



Decision Delivery
and Platform
Lock-In



Secondary Use
and Value
Extraction

Bayer y sus socios son propietarios de los dispositivos FieldView y pueden eliminar funciones de su software sin el consentimiento de los usuarios. El código fuente, el firmware y el software son propiedad exclusiva de las empresas, y los usuarios tienen estrictamente prohibido modificarlos, distribuirlos o realizar ingeniería inversa. Bayer puede recopilar datos granulares del campo sin necesidad de que los agricultores introduzcan datos manualmente, ya que estos se sustituyen por escaneos automáticos realizados por maquinaria. Los usuarios quedan atrapados en un conjunto de productos mediante el control de los dispositivos, el acceso limitado a los datos y los programas de incentivos que exigen del pago de cuotas de suscripción al comprar productos de Bayer.

En virtud de un acuerdo de 2021 entre Bayer y Microsoft, Bayer cedió a Microsoft las riendas para recopilar datos agrícolas, con el objetivo de mejorar «la interoperabilidad de FieldView a través de una infraestructura digital en la nube más robusta», lo que dio lugar a [Microsoft Azure Data Manager for Agriculture](https://www.microsoft.com/en/customers/story/1652770525183904543-bayer-agriculture-Azure-data-manager-for-agriculture).^{56,57} Esto forma parte de una tendencia más amplia en la que las grandes empresas tecnológicas proporcionan la infraestructura en la nube para la agroindustria. En esta etapa, los datos salen de la granja y entran en un ecosistema de gestión privada, en el que las condiciones de servicio, el acceso y el almacenamiento se determinan mediante acuerdos contractuales regidos por las empresas.

Los datos de campo de millones de acres se agregan en la infraestructura digital de Bayer y se convierten en un activo corporativo que se utiliza para prestar servicios, alimentar la investigación y el desarrollo con fines lucrativos, agilizar la integración de productos y dar forma a nuevos mercados, como los créditos de carbono o los servicios climáticamente inteligentes. La infraestructura patentada de FieldView respalda las estrategias de fijación de precios y de intercambio de datos.

FieldView analiza los datos con algoritmos propios para generar «conocimientos» basados en previsiones de rendimiento, recomendaciones de siembra, alertas de plagas y prescripciones de insumos, al tiempo que recomienda las semillas modificadas genéticamente y los productos agroquímicos de Bayer. La toma de decisiones algorítmica tiene por objeto sustituir la experiencia de los agricultores. Aunque las condiciones de servicio (ToS) afirman que los agricultores son «propietarios» de sus datos, el acuerdo de FieldView con Microsoft permite a

Los resultados algorítmicos se envían al agricultor a través de la aplicación FieldView, en la que el acceso a la información se basa en un modelo de suscripción y el hardware se limita a la maquinaria y los insumos compatibles con FieldView. Este circuito cerrado convierte a los agricultores en proveedores de datos y clientes, al reforzar su dependencia del ecosistema de servicios de Bayer y, al mismo tiempo, impedirles compartir la «información» generada con otras personas.

Los datos se reutilizan y se incorporan a los esfuerzos globales de I+D de Bayer, lo que ayuda a entrenar futuros algoritmos y contribuye a la elaboración de perfiles financieros y a la previsión del mercado y del clima. Si bien la plataforma ofrece información localizada a los agricultores, el valor más amplio que generan sus datos se captura en las etapas iniciales, dentro de las estructuras de decisión corporativas. La publicidad predictiva y las pruebas de los productos de Bayer en las explotaciones agrícolas mediante el seguimiento de su impacto a través de sensores ejemplifican la lógica de la monetización: extraer valor a largo plazo mediante el control, la exclusividad y las condiciones contractuales opacas.

⁵⁶<https://climate.com/en-us/resources/press-releases/bayer-microsoft-enter-into-strategic-partnership.html>

⁵⁷<https://www.microsoft.com/en/customers/story/1652770525183904543-bayer-agriculture-Azure-data-manager-for-agriculture>

Como han observado académicos y críticos, las cláusulas de propiedad vagas y permisivas permiten a las empresas integrarse en las operaciones de los agricultores extrayendo información, modelándola y monetizándola a través de servicios generadores de ingresos. Es importante destacar que estos modelos funcionan como cajas negras: su lógica es propietaria, inaccesible para los usuarios y diseñada para optimizar los beneficios de las empresas, no necesariamente el bienestar de los agricultores.⁵⁸

La dependencia y el cerramiento son intencionados. El modelo de Bayer tiene su eco en otros actores importantes: la plataforma Granular de Corteva también integra la gestión de datos con la planificación financiera y las recomendaciones de insumos,⁵⁹ mientras que las plataformas AgriEdge y Cropwise de Syngenta combinan la supervisión a nivel de campo con herramientas patentadas de protección de cultivos.^{60,61} Estas plataformas reflejan una tendencia más amplia hacia el bloqueo del ecosistema, al reducir la autonomía de los usuarios y reforzar la consolidación corporativa.

Además, mediante el uso de dispositivos patentados, los datos recopilados a través de FieldView se utilizan para adaptar las recomendaciones de productos a cultivos específicos y en determinadas condiciones biométricas. Al realizar un seguimiento de cómo sus productos afectan a los resultados físicos en el campo, Bayer introduce continuamente datos en su proceso de desarrollo, probando, ajustando y promocionando sus propias ofertas.

Los datos generados por las explotaciones agrícolas se utilizan para «optimizar» los insumos y se vinculan cada vez más a productos especulativos, como los créditos de carbono y otros planes ASG. Bayer y otras empresas se benefician de la monetización de las métricas de carbono del suelo o los indicadores de biodiversidad integrando estas métricas en nuevos instrumentos financieros que a menudo excluyen a los agricultores de la toma de decisiones y el reparto de beneficios. Del mismo modo, las aseguradoras y los proveedores de crédito pueden utilizar los datos de las explotaciones agrícolas para perfilar el riesgo e influir en la concesión de préstamos o las primas de seguros sin transparencia ni recurso.

La «plataformización» de la agricultura oscurece los flujos de datos a través de las fronteras y entre los distintos actores. La existencia de proveedores externos ubicados en diversas jurisdicciones dificulta los esfuerzos regulatorios. En 2020, por ejemplo, los agricultores acusaron a Bayer de compartir sus datos con la empresa de arrendamiento de tierras agrícolas Tillable, que supuestamente utilizó la información para fijar el precio de los arrendamientos de tierras⁶². Aunque ambas empresas negaron la acusación, pusieron fin a

⁵⁸ Hackfort, S., Marquis, S. y Bronson, K. (2024). Recolectando valor: estrategias corporativas de conversión de datos en activos en la agricultura y sus implicaciones socioecológicas. *Big Data & Society*, 11(1). <https://doi.org/10.1177/20539517241234279>

⁵⁹ Véanse los análisis detallados de Corteva: <https://www.corteva.us/products-and-solutions/digital-solutions/granular-insights.html>

⁶⁰ Véase AgriEdge: <https://www.syngenta-us.com/agriedge/>

⁶¹ Véase el folleto comercial de AgriEdge: <https://www.syngenta-us.com/agriedge/pdfs/ae-sales-brochure.pdf>

⁶² Todd Janzen, «The FieldView-Tillable Breakup: What Went Wrong?» (La ruptura entre FieldView y Tillable: ¿qué salió mal?), *Successful Farming*, 19 de febrero de 2020, <https://www.agriculture.com/news/technology/the-fieldview-tillable-breakup-what-went-wrong>

su relación comercial poco después. Este caso pone de relieve cómo se puede socavar fácilmente la legalidad de la propiedad.

En términos más generales, los acuerdos empresariales de FieldView, así como los modelos de servicios corporativos en la nube, excluyen la co-gobernanza de los agricultores. Bayer conserva la autoridad general sobre el acceso, las normas de procesamiento y las condiciones de uso, al tiempo que mantiene la confidencialidad de los detalles contractuales. Los agricultores carecen incluso de información básica sobre dónde o cómo se almacenan, agregan, monetizan o venden sus datos. Además, las condiciones de servicio de FieldView establecen explícitamente que Bayer no puede ser considerada responsable si sus «conocimientos» resultan ineficaces. Por último, las condiciones de Bayer especifican que los datos agrícolas no se utilizarán para especular con los precios, pero sí podrán emplearse para operaciones de cobertura, lo que refleja una orientación estratégica hacia los mercados financieros.

Más allá de estos riesgos sociales y legales, el modelo de FieldView plantea preocupaciones medioambientales. La infraestructura necesaria para transmitir, almacenar y analizar grandes volúmenes de datos a nivel de explotación agrícola consume mucha energía. La dependencia de Bayer de Microsoft Azure y otros servicios de nube a hiperescala similares implica que sus operaciones contribuyen a la creciente huella de carbono de la industria tecnológica. Los centros de datos consumen grandes cantidades de electricidad, a menudo procedente de fuentes no renovables, y requieren una cantidad significativa de agua para su refrigeración. A medida que se utilizan cada vez más modelos de IA generativa para procesar datos agrícolas, la demanda de energía aumenta aún más.

Cualquier debate serio sobre la gobernanza de los datos debe abordar modelos como FieldView de Bayer, que ilustran cómo las infraestructuras de datos no son herramientas pasivas, sino instrumentos activos de cerramiento y concentración de poder en los sistemas alimentarios mundiales (Grupo ETC, 2022).

Sección III: Perspectivas

«La rápida revolución digital en los sistemas alimentarios causará más daño que beneficio si no se cuenta con una regulación adecuada. El mundo no necesita más datos ni más alimentos, sino más poder y control sobre los datos en los sistemas alimentarios».

Michael Fakhri, relator especial de las Naciones Unidas sobre el derecho a la alimentación⁶³

1. Desentrañando la caja negra de la agricultura

Los sistemas agrícolas inteligentes son el núcleo de un cambio más amplio que va desde la toma de decisiones basada en la experiencia y dirigida por los agricultores hacia un modelo de *gobernanza* basada en datos, en el que la autoridad para tomar decisiones se delega parcial o totalmente en herramientas algorítmicas, incluida la IA.^{64,65}

Aunque el despliegue de la IA se suele enmarcar como una forma de mejorar la eficiencia y reducir la incertidumbre, también cambia el lugar y la lógica de la toma de decisiones. En muchos casos, la IA va más allá *del apoyo* a la toma de decisiones y llega a *sustituirla*. Los sistemas de automatización pueden actuar según las recomendaciones de la IA sin intervención humana, por ejemplo, ajustando las dosis de fertilizantes en tiempo real o activando los sistemas de riego basándose en modelos predictivos. Como señala Bronson (2022), esto da lugar a una reconceptualización del papel del agricultor, que pasa de ser un responsable de la toma de decisiones con conocimientos profundos sobre los ecosistemas locales a un gestor de interfaces digitales y flujos de datos.

Esta transformación plantea varias preocupaciones críticas. Una de las críticas más persistentes se refiere a la opacidad de los modelos algorítmicos. Los sistemas de IA suelen ser propietarios y poco transparentes, lo que dificulta o imposibilita a los agricultores comprender cómo se generan los resultados o cuestionarlos cuando parecen inexactos. Este fenómeno, conocido como el problema de la «caja negra», ha sido ampliamente debatido en la literatura sobre la ética de los datos agrícolas (Carbonell, 2016; Bronson, 2022).

⁶³ Asamblea General de las Naciones Unidas. (2025). *Informe del Relator Especial sobre el derecho a la alimentación, Michael Fakhri: El poder de las empresas y los derechos humanos en los sistemas alimentarios* (A/80/213). <https://undocs.org/A/80/213>

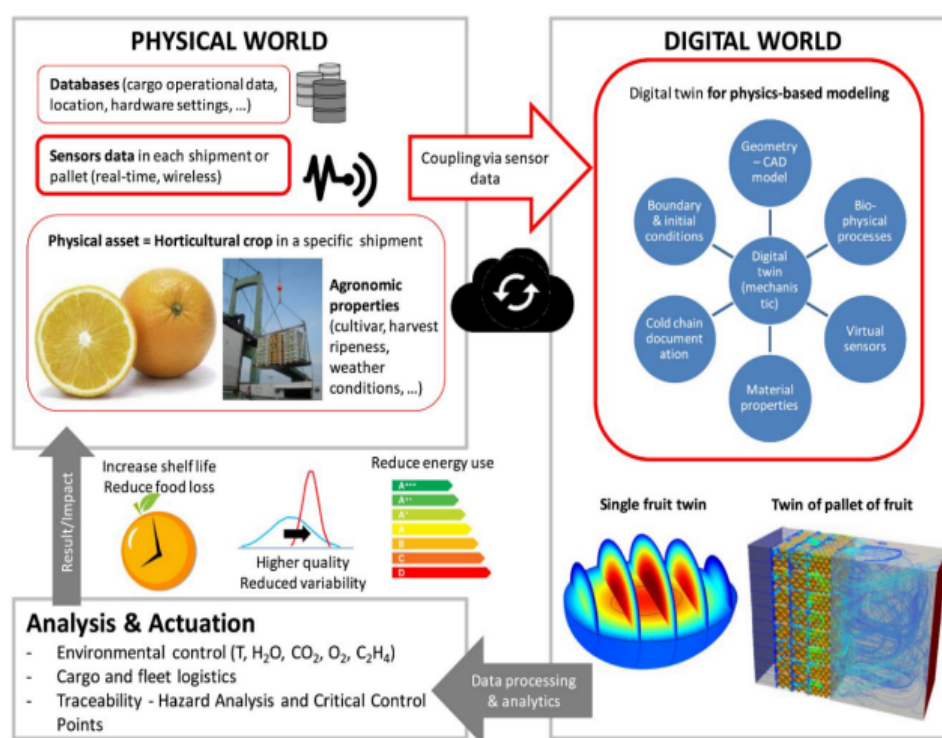
⁶⁴ Josse De Baerdemaeker et al, «La inteligencia artificial en el sector agroalimentario: aplicaciones, riesgos e impactos», Servicio de Investigación del Parlamento Europeo, 17-03-2023, [https://www.europarl.europa.eu/stoa/en/document/EPRS_STU\(2023\)734711](https://www.europarl.europa.eu/stoa/en/document/EPRS_STU(2023)734711)

⁶⁵ S. Clement Virgeniya (2024). «Gemelos digitales y análisis predictivo en la agricultura inteligente». En: Balasubramanian, S., Natarajan, G., Chelliah, P.R. (eds) *Robots inteligentes y drones para la agricultura de precisión. Tecnología de señales y comunicaciones*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-51195-0_17

La aparición de los «gemelos digitales»⁶⁶ aumenta la opacidad de los sistemas de IA. En la agricultura inteligente, los gemelos digitales están diseñados para replicar virtualmente el mundo físico —capturando datos a través de sensores, modelos y simulaciones— de modo que los cambios en un sistema informan automáticamente al otro. En la práctica, esto significa que se espera que los ajustes en el gemelo virtual predigan los resultados en la propia explotación agrícola.⁶⁷ Sin embargo, replicar las intrincadas interacciones orgánicas de los ecosistemas, agravadas por la actividad humana, dista mucho de ser sencillo. Todos los modelos dependen de la abstracción: reducen la complejidad a fragmentos medibles, despojándolos de los significados culturales, ecológicos y relacionales implícitos en esos puntos de datos.

Un modelo basado en tales interacciones podría reducir el trabajo agrícola, las visiones del mundo y las relaciones a un procedimiento mecánico.⁶⁸

Figure 6.1. Framework of a digital twin in a transport chain of fresh horticultural produce



⁶⁶ S. Clement Virgeniya (2024). «Digital Twins and Predictive Analytics in Smart Agriculture» en Balasubramanian, S., Natarajan, G., Chelliah, P.R. (eds) Intelligent Robots and Drones for Precision Agriculture. *Signals and Communication Technology*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-51195-0_17

⁶⁷ Oficina de Responsabilidad Gubernamental de los Estados Unidos, «Agricultura de precisión: beneficios y retos para la adopción y el uso de la tecnología», enero de 2024, p. 18: <https://www.gao.gov/assets/d24/105962.pdf>

⁶⁸ El uso de «gemelos digitales» en la agricultura de Estados Unidos (una de las más tecnificadas del mundo) sigue utilizándose casi exclusivamente en la investigación, lo que pone de manifiesto la gran brecha que existe entre las promesas de algunas tecnologías y los resultados reales. Véase «Agricultura de precisión: ventajas y retos para la adopción y el uso de la tecnología», Oficina de Responsabilidad Gubernamental de Estados Unidos, 31-01-2023, <https://www.gao.gov/products/gao-24-105962> y «Science & Tech Spotlight: Digital Twins—Virtual Models of People and Objects» (Foco en ciencia y tecnología: gemelos digitales, modelos virtuales de personas y objetos), Oficina de Responsabilidad Gubernamental de los Estados Unidos, GAO-23-106453, <https://www.gao.gov/products/gao-23-106453>.

La capacidad de tomar decisiones específicas para cada contexto se ve limitada por las tendencias generalizadoras del aprendizaje automático, que no tienen en cuenta la diversidad agrícola, las prácticas culturales o los patrones climáticos impredecibles. Como han demostrado Wiseman et al. (2019), la autonomía de los agricultores puede verse socavada cuando las decisiones se estandarizan cada vez más y se externalizan a sistemas diseñados al margen de sus realidades sociales y medioambientales.

Lejos de ser defectos neutros, estas limitaciones suelen funcionar como mecanismos de despojo. Al erosionar los conocimientos locales y reducir la agricultura a datos abstractos, abren la puerta a que las empresas impongan sus propios modelos de control. Como sostienen Clapp y Ruder (2020), los sistemas de toma de decisiones basados en la IA no son simplemente herramientas neutras, sino que operan en el contexto más amplio de la plataformaización y la concentración empresarial en los sistemas agroalimentarios.

Este uso de la IA concentra el conocimiento y el poder en manos de unas pocas empresas agrotecnológicas y tecnológicas. Su creciente influencia sobre la forma en que se toman las decisiones en las explotaciones agrícolas exige un escrutinio crítico, no solo del rendimiento técnico de estos sistemas, sino también de los acuerdos sociales, políticos y económicos que ayudan a reproducir.

2. Impactos de la agricultura basada en datos para los derechos económicos, sociales, culturales y ambientales

El modelo de agricultura basada en datos que se ejemplifica en este estudio plantea preocupaciones críticas en un amplio espectro de derechos humanos protegidos por el Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales (PIDESC) y otros instrumentos universales y regionales de derechos humanos. Estos incluyen no sólo los derechos de los agricultores y los trabajadores agrícolas, sino también los derechos de las comunidades, los consumidores y los pueblos indígenas cuyas vidas se ven afectadas por los sistemas alimentarios digitalizados. A continuación se presenta un análisis basado en los derechos que se basa en el derecho internacional de los derechos humanos.

a. Derecho a una alimentación adecuada (art. 11, PIDESC)

Como señala el Informe de 2025 del Relator Especial de las Naciones Unidas sobre el derecho a la alimentación, *«las empresas agroalimentarias están encontrando más valor en la generación y el control de los datos derivados de la actividad humana en los sistemas alimentarios que en la producción de alimentos en sí»*⁷⁰, y explica además que cuando la

⁶⁹ Josse De Baerdemaeker et al, «La inteligencia artificial en el sector agroalimentario: aplicaciones, riesgos e impactos», Servicio de Investigación del Parlamento Europeo, 17-03-2023, [https://www.europarl.europa.eu/stoa/en/document/EPRS_STU\(2023\)734711](https://www.europarl.europa.eu/stoa/en/document/EPRS_STU(2023)734711)

⁷⁰ Asamblea General de las Naciones Unidas. (2025). *Informe del Relator Especial sobre el derecho a la alimentación*, Michael Fakhri: *El poder empresarial y los derechos humanos en los sistemas alimentarios* (A/80/213). <https://undocs.org/A/80/213>

información agronómica y la toma de decisiones quedan encerradas en plataformas propietarias, *«se devalúa el conocimiento de los agricultores y las prácticas agronómicas quedan dictadas por la lógica de la plataforma»*. Este modelo da cada vez más prioridad a los beneficios y al rendimiento medidos en volumen, lo que refuerza los monocultivos dependientes de los productos agrotóxicos y las semillas comerciales; socava la agroecología y compromete la calidad de los alimentos al generar residuos químicos y dejar de lado las prácticas diversificadas y sostenibles. Estos efectos de bloqueo contradicen el artículo 11 del PIDESC, que garantiza a todas las personas el acceso regular, permanente y sin restricciones a medios de subsistencia adecuados.

Al mismo tiempo, la digitalización está cada vez más vinculada a la financiación climática y a los mercados ASG⁷¹. El relator advierte que, al integrar las plataformas en la política climática, *«las empresas crean dependencias que reducen las opciones de los agricultores, limitan la competencia y socavan la resiliencia del sistema alimentario»*, ya que la agricultura se está redefiniendo como una fuente de datos sobre emisiones negociables en lugar de alimentos saludables o ecosistemas resilientes. Incorporar estos mecanismos, que ya son dominantes en la política climática, a la alimentación y la agricultura es desastroso. Vincula los sistemas alimentarios públicos a lógicas financieras extractivas, margina la agroecología y convierte las tierras agrícolas en compensaciones para los contaminadores, convirtiendo la política climática en poco más que un lavado de imagen ecológico.

b. Derecho al agua (art. 11, PIDESC)

Los modelos de agricultura digital contribuyen a la inseguridad hídrica de dos maneras principales. En primer lugar, la dependencia continua de los fertilizantes y pesticidas químicos conduce a la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas, lo que socava la calidad del agua. En segundo lugar, la creciente demanda energética de los centros de datos que alojan las plataformas de tecnología agrícola da lugar a la sobreexplotación de los recursos hídricos para los sistemas de refrigeración. Esto intensifica la competencia por el agua y reduce la disponibilidad de agua para necesidades humanas esenciales, como el uso doméstico y el riego de pequeños agricultores.

c. Derecho a la salud (art. 12, PIDESC)

Los modelos agrícolas intensivos en productos químicos afectan directamente a la salud de los trabajadores agrícolas y las comunidades rurales expuestas a los plaguicidas, a menudo a través de la contaminación del aire, el suelo o el agua. Las plataformas de datos integradas en el modelo de agronegocio corporativo refuerzan esta exposición al promover recomendaciones algorítmicas que dan prioridad a fórmulas basadas en insumos. Además, las comunidades que viven cerca de infraestructuras de datos, como granjas de servidores o yacimientos mineros de minerales críticos, como los elementos de tierras raras, están sujetas a cambios en el uso del suelo, degradación medioambiental y riesgos laborales. Estas exposiciones socavan el derecho al más alto nivel posible de salud física y mental.

⁷¹ Los productos que cumplen con los criterios ASG son bienes, servicios o instrumentos financieros que cumplen con los estándares ambientales, sociales y de gobernanza (ASG).

d. Derecho al trabajo y a condiciones justas de empleo (artículos 6 y 7 del PIDESC)

La automatización integrada en la agricultura corporativa dependiente de los datos desplaza el conocimiento y el trabajo humanos, especialmente el de los pequeños agricultores, los ingenieros agrónomos y los trabajadores rurales. «*La automatización mediante la inteligencia artificial, la robótica y los gemelos digitales puede desplazar la mano de obra agrícola... [y] someter a los trabajadores que quedan a una vigilancia intensificada*»⁷² ; sustituir la experiencia local por la lógica algorítmica, erosionando las formas dignas de empleo rural y concentrando el control en un puñado de empresas tecnológicas y agroindustriales globales. Esto socava los derechos laborales y no ofrece garantías para una transición justa en medio de la reestructuración digital de los mercados laborales agrícolas.

e. Derecho a participar en la vida cultural (art. 15.1a, PIDESC)

Las plataformas digitales como FieldView pueden distorsionar y desplazar los conocimientos agrícolas locales, las prácticas comunitarias e incluso las cosmologías indígenas al imponer modelos de producción estandarizados. La agricultura se reduce a productos legibles por máquinas, con poco espacio para enfoques culturales diversos de la gestión de la tierra. El resultado es una exclusión sistémica de las formas culturalmente arraigadas de conocer y relacionarse con los alimentos y la agricultura, lo que viola el derecho a participar en la vida cultural.

f. Derecho a beneficiarse del progreso científico (art. 15.1b, PIDESC)

Aunque las plataformas agrícolas digitales se presentan como innovadoras, el acceso a las herramientas, los datos y los productos está estrictamente controlado a través de la propiedad intelectual y las licencias comerciales. Los pequeños agricultores se convierten en proveedores de datos, pero se les excluye de la configuración, la propiedad o el beneficio equitativo de los avances científicos que su trabajo hace posibles. Este cerramiento de la innovación contradice las obligaciones del Estado de promover el acceso inclusivo a los beneficios de la ciencia.

g. Derecho a un ambiente limpio, saludable y sostenible (A/RES/76/300)

La agricultura digital facilita prácticas perjudiciales para el ambiente, como la pérdida de biodiversidad por la expansión del monocultivo, la contaminación de los ecosistemas por los productos agroquímicos y el aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero por la mecanización intensiva y el funcionamiento de los centros de datos. Además, la construcción prevista de infraestructuras nucleares o de combustibles fósiles para satisfacer las demandas energéticas de la agricultura de precisión agrava la degradación del ambiente. Esto pone en peligro el derecho a un ambiente saludable, reconocido en los instrumentos internacionales y regionales de derechos humanos.

⁷² Asamblea General de las Naciones Unidas. (2025). *Informe del Relator Especial sobre el derecho a la alimentación*, Michael Fakhri: *El poder corporativo y los derechos humanos en los sistemas alimentarios* (A/80/213). <https://undocs.org/A/80/213>

Además, y a pesar de los discursos de marketing ecológico, muchas de las empresas que participan en infraestructuras ASG para los mercados de carbono en la agricultura no han cumplido sus objetivos de descarbonización⁷³. Estas externalidades medioambientales suelen ser invisibles para los usuarios, pero deben formar parte de cualquier evaluación crítica del impacto global de la agricultura inteligente.

Una crítica basada en los derechos deja claro que el cambio hacia una agricultura digitalizada y dependiente de los datos, cuando está gobernada por los intereses corporativos, corre el riesgo de agravar las desigualdades sistémicas y socava los derechos humanos reconocidos internacionalmente. Cualquier enfoque regulatorio no sólo debe abordar la propiedad y la gobernanza de los datos, sino también garantizar que la digitalización agrícola se ajuste a los principios de soberanía alimentaria, justicia ecológica y gobernanza participativa.

3. Recuperar el control en un sistema alimentario plataformizado: soberanía de los datos y derechos humanos

Desde la perspectiva de la justicia de datos, tal y como la plantean Ruder y Wittman (2025), el *modelo de agricultura digital* falla en múltiples dimensiones: carece de justicia procesal (los agricultores quedan excluidos de la toma de decisiones), justicia distributiva (no se comparte el valor de los datos), justicia basada en los derechos (las protecciones legales son inadecuadas o inexistentes) y, lo que es más importante, justicia estructural, ya que refuerza las mismas asimetrías de poder que la agroecología, el resurgimiento indígena y los movimientos de soberanía alimentaria tratan de dismantelar.

Esto crea un conjunto de oportunidades políticas claras a nivel internacional:

- En el Comité de Derechos Económicos, Sociales y Culturales (CESCR) y el Relator Especial de las Naciones Unidas sobre el Derecho a la Alimentación, los actores deben enmarcar la digitalización —y, en concreto, la datificación de la agricultura— como una amenaza estructural para los derechos culturales y alimentarios.
- En el Comité de Seguridad Alimentaria Mundial (CFS), las tecnologías digitales deben examinarse no sólo como herramientas de innovación, sino como actores que configuran la tenencia de la tierra, los sistemas de conocimiento y el acceso a los medios de producción.
- Todas las intervenciones digitales en los sistemas alimentarios deben guiarse por el principio de precaución: si una tecnología oscurece o refuerza el poder asimétrico, desplaza la capacidad de acción o aumenta la dependencia, no debe adoptarse sin una evaluación y el consentimiento de la comunidad.
- Los elaboradores de políticas deben cuestionar los esquemas ASG y de créditos de carbono que secuestran la política agrícola y presione a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) para que reconozca la

⁷³ Véase: https://planet-tracker.org/bayer-gambling-on-unproven-technology-to-meet-climate-targets-and-fails-to-tackle-scope-3-emissions/?utm_source=chatgpt.com

agroecología y la soberanía alimentaria, y no la agricultura basada en el carbono impulsada por la inteligencia artificial y las prescripciones de insumos basadas en datos, como las soluciones reales.

El caso presentado exige un cambio de paradigma en la forma en que se gestionan los datos en la agricultura: pasar de marcos de consentimiento individualizados a una soberanía colectiva de los datos basada en el territorio, la autonomía y la justicia.

4. Hacia una justicia estructural de los datos: de la captura corporativa a la gobernanza democrática

Este estudio ilustra no solo la captura de datos, sino también la captura de la infraestructura, la gobernanza y la creación de valor en los sistemas alimentarios. A través de acuerdos empresariales, ecosistemas digitales de circuito cerrado y la entrega de «información» basada en suscripciones, FieldView demuestra todo el arco de la conversión de datos en activos y el bloqueo de plataformas, con los agricultores reducidos a usuarios, y no a cocreadores, del conocimiento agrícola.

Un reto fundamental es la distinción jurídica entre propiedad y control. Aunque las plataformas pueden afirmar que los agricultores son «propietarios» de sus datos, la falta de marcos legales claros sobre la portabilidad, el acceso y los derechos de uso hace que esta propiedad sea en gran medida simbólica. De hecho, los agricultores no pueden recuperar, transferir o impedir el uso de sus datos por parte de terceros. Como han argumentado algunos juristas, la definición de la propiedad puede proteger a las empresas de su responsabilidad en lugar de empoderar a los usuarios (Carbonell, 2016; Uddin, 2024). La falta de normas internacionales que regulen los datos agrícolas deja margen para que los contratos corporativos dicten las normas, a menudo a favor de los proveedores de plataformas.

Ruder y Wittman (2025) muestran que las «mejores prácticas» actuales en la gobernanza de los datos agrícolas —marcos de propiedad, códigos voluntarios, modelos de datos abiertos— son en gran medida inadecuadas para lograr la justicia desde la perspectiva de la soberanía alimentaria. Estos enfoques hacen hincapié en los «usuarios» individuales, lo que afianza el individualismo en lugar de la cooperación, y hacen recaer la carga de la acción en los actores con menos poder dentro de la agricultura comercial: los agricultores y los trabajadores. El reto requiere un cambio estructural.

Una agenda de justicia estructural debe incluir:

- Leyes y marcos normativos que definan los datos agrícolas como una categoría distinta, sujeta a derechos colectivos, y no solo a la protección de la privacidad personal.
- Supervisión pública de la infraestructura de datos —incluido el almacenamiento en la nube, la conectividad y los sistemas algorítmicos— que debe tratarse como infraestructura crítica y regularse como tal.

- Modelos de gobernanza alternativos, como cooperativas de datos, datos comunes y marcos de soberanía de datos indígenas, que apoyan la toma de decisiones colectiva, la administración y la redistribución del valor.

Como muestra el estudio anterior, las empresas están configurando activamente las normas de gobernanza de los datos mediante acuerdos contractuales, el dominio del mercado y el control estratégico de las infraestructuras. En respuesta a ello, las políticas deben ir más allá de la transparencia y centrarse en la redistribución del poder.

Esto requiere una acción audaz y coordinada:

- La Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo (UNCTAD) y la Comisión de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CSTD) deben apoyar el desarrollo de marcos globales para los datos agrícolas como un bien común, garantizando que estén protegidos de los acuerdos de cercado y extracción.
- El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y otros organismos de las Naciones Unidas deben evaluar la huella medioambiental de las infraestructuras de datos, especialmente en las zonas rurales, donde los proyectos de computación periférica y conectividad se están expandiendo bajo modelos privatizados.
- Los foros sobre ciberdelincuencia y derechos digitales, incluida la Oficina del Alto Comisionado de las Naciones Unidas para los Derechos Humanos (ACNUDH) y los foros que debaten la gobernanza de la inteligencia artificial, deben abordar los riesgos de la gobernanza algorítmica en la agricultura, estableciendo normas de rendición de cuentas para las plataformas y los proveedores de servicios en la nube.

Por último, los gobiernos nacionales y las comunidades deben afirmar el control público sobre la infraestructura digital rural. Permitir que solo los intereses privados determinen el despliegue de la conectividad periférica y rural no sólo debilitaría la soberanía, sino que entregaría la infraestructura física de los sistemas alimentarios al capital especulativo.

Por lo tanto, sin una intervención precautoria, estructural y centrada en la justicia, el futuro de la agricultura no estará gobernado por quienes trabajan la tierra, sino por quienes poseen las infraestructuras digitales.

Referencias

BASF. (Abril de 2024). xarvio FIELD MANAGER con tecnología Gemini. Sala de prensa de BASF. https://www.basf.com/jp/en/media/news-releases/jp/2024/04/xarvio_gemini.html

Bronson, K. (2022). La inmaculada concepción de los datos: la agroindustria, los activistas y su política compartida del futuro. McGill-Queen's Press-MQUP

Carbonell, I. M. (2016). La ética del big data en la agricultura. Revista de Ética Agrícola y Medioambiental, 29 (1), 77-94.

Clapp, J. (2021). El problema del aumento de la concentración y el poder de las empresas en el sistema alimentario mundial. Nat Food 2, 404-408 (2021). <https://doi.org/10.1038/s43016-021-00297-7>

Clapp, J. y Ruder, S.-L. (2020). Tecnologías de precisión para la agricultura: agricultura digital, edición genética y la política de la sostenibilidad. Política medioambiental global, 20 (3), 49-69.

Corteva Agriscience. (2023). El futuro de la IA en la agricultura. <https://www.corteva.com/who-we-are/outlook/the-future-of-ai-in-agriculture.html>

Couldry, N. y Mejías, U. A. (2019). Los costes de la conexión: cómo los datos están colonizando la vida humana y apropiándose de ella para el capitalismo. Stanford University Press.

De Alwis, S., Hou, Z., Zhang, Y., Na, M. H., Ofoghi, B. y Sajjanhar, A. (2022). Una encuesta sobre datos, aplicaciones y técnicas de agricultura inteligente. Computers in Industry, 138, 103624. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2022.103624>

Elliott, L. (12 de abril de 2024). Musk y el presidente argentino coinciden en impulsar los mercados libres y el litio. Reuters. <https://www.reuters.com/world/americas/musk-argentine-president-see-eye-to-eye-boosting-free-markets-lithium-2024-04-12/>

Fresh Plaza. (12 de enero de 2025). Microsoft y AgriPilot.ai colaboran para impulsar soluciones agrícolas basadas en la inteligencia artificial en la India. <https://www.freshplaza.com/north-america/article/9693302/microsoft-and-agripilot-ai-collaborate-to-boost-ai-driven-farming-solutions-in-india/>

Grupo ETC & GRAIN (2025) *Los 10 gigantes de la agroindustria. Concentración empresarial en la alimentación y la agricultura en 2025*, junio de 2025, https://www.etcgroup.org/sites/www.etcgroup.org/files/files/top_10_agribusiness_giants.pdf

Grupo ETC (2022) *Barones de la Alimentación 2022: especulación con la crisis, digitalización y cambio de poder*, ETC Group, septiembre de 2022, https://www.etcgroup.org/files/files/food-barons-2022-full_sectors-final_16_sept.pdf

GlobeNewswire. (3 de marzo de 2025). Informe sobre el mercado de la agricultura de precisión 2025: el mercado mundial de la agricultura de precisión alcanzará los 22 490 millones de dólares en 2034, impulsado por los avances tecnológicos y las prácticas agrícolas sostenibles. <https://www.globenewswire.com/news-release/2025/03/03/3035739/28124/en/Precision-Agriculture->

[Market-Report-2025-Global-Precision-Agriculture-Market-to-Surge-to-22-49-Billion-by-2034-Driven-by-Technological-Advancements-and-Sustainable-Farming-Practice.html](https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/agriculture-analytics-market-report)

Grand View Research. (2025). Tamaño y tendencias del mercado de análisis agrícola. <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/agriculture-analytics-market-report>

Gurumurthy, A, Bharthur, D, Chami, N, Vipra, J y Anwar, Ira Anjali (2019) Platform Planet: Development in the Intelligence Economy. Disponible en SSRN: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3872499>

Gurumurthy, A., Chami, N., (2023). La empresa inteligente: los datos y la economía digital. En State of Power 2023. Transnational Institute. <https://longreads.tni.org/stateofpower/the-intelligent-corporation-data-and-the-digital-economy>

Hackfort, S., Marquis, S. y Bronson, K. (2024). Recolectando valor: estrategias corporativas de conversión de datos en activos en la agricultura y sus implicaciones socioecológicas. «Big Data & Society, 11» (1). <https://doi.org/10.1177/20539517241234279>

Janzen, T. (19 de febrero de 2020). La ruptura entre FieldView y Tillable: ¿qué salió mal? «Successful Farming» <https://www.agriculture.com/news/technology/the-fieldview-tillable-breakup-what-went-wrong>

John Deere. (21 de abril de 2025). Tractor John Deere totalmente autónomo listo para la producción a gran escala. *Sitio web oficial de John Deere*. <https://www.deere.com/en/our-company/digital-security/autonomous-tractor-reveal/>

Katzenbach, C., y Ulbricht, L. (2019). Gobernanza algorítmica. Internet Policy Review, 8(4). <https://doi.org/10.14763/2019.4.1424>

Kitchin, R. (2014). La revolución de los datos: big data, datos abiertos, infraestructuras de datos y sus consecuencias. SAGE Publications Ltd, <https://doi.org/10.4135/9781473909472>

LAVCA. (2020). Nuevas rondas para Solinftec y Agrottools. Asociación Latinoamericana de Capital RiASGo. <https://www.lavca.org/new-rounds-for-alphacredit-solinftec-acesso-digital-yuca-moons-pachama-rebus-new-funds-in-chile-peru-brazil-2/>

Lee, V., Seshadri, P., O'Niell, C., Choudhary, A., Holstege, B. y Deutscher, S. A. (20 de enero de 2025). Rompiendo barreras para el crecimiento de los centros de datos. Boston Consulting Group (BCG). <https://www.bcg.com/publications/2025/breaking-barriers-data-center-growth>

Microsoft. (15 de junio de 2021). África se convertirá en un centro mundial para la tecnología agrícola. <https://news.microsoft.com/en-xm/2021/06/15/africa-is-set-to-become-a-global-hub-for-agritech/>

Microsoft. (21 de abril de 2025). La iniciativa Airband de Microsoft se expande para llevar la banda ancha a millones de personas más en todo Estados Unidos. Microsoft On the Issues. <https://news.microsoft.com/on-the-issues/2019/06/25/airband-white-space/>

Nair, V. (8 de enero de 2025). «Las herramientas de IA de Microsoft ayudan a los agricultores de Maha a aumentar el rendimiento en un 20 %». Revista Analytics India. <https://analyticsindiamag.com/ai-startups/microsofts-ai-tools-help-maha-farmers-increase-yield-by-20/>

New Relic. (2022). Cómo The Climate Corporation utiliza AWS y New Relic para mejorar la producción agrícola. <https://newrelic.com/blog/how-to-relic/climate-corporation-crop-production-aws-new-relic>

Philpott, T. (2022). *Perilous bounty: El inminente colapso de la agricultura estadounidense y cómo podemos evitarlo*. Bloomsbury.

Ruder, S y Wittman H (2025). La gobernanza de los datos agrícolas desde cero: explorando la justicia de los datos con los movimientos agroalimentarios. *Big Data & Society*, volumen 12, número 1, marzo de 2025. <https://journals.sagepub.com/doi/epub/10.1177/20539517251330182>

Sathya, D., Thangamani, R. y Balaji, B. S. (2024). La revolución de la computación periférica en la agricultura inteligente. S. Balasubramanian, G. Natarajan y P. R. Chelliah (Eds.), *Robots inteligentes y drones para la agricultura de precisión. Tecnología de señales y comunicaciones*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-51195-0_17

Syngenta Group. (Junio de 2023). Syngenta Group y CNH Industrial conectan aplicaciones digitales para prestar un mejor servicio a los agricultores. <https://www.syngentagroup.com/newsroom/2023/syngenta-group-and-cnhi-industrial-connect-digital-applications-better-serve-farmers>

Uddin, Mahatab (2024). Propiedad de los datos agrícolas y leyes de propiedad intelectual. Digital Policy Hub. https://www.cigionline.org/static/documents/DPH-paper-Mahatab_Uddin.pdf

Asamblea General de las Naciones Unidas. (2025). Informe del Relator Especial sobre el derecho a la alimentación, Michael Fakhri: El poder corporativo y los derechos humanos en los sistemas alimentarios (A/80/213). <https://undocs.org/A/80/213>

Oficina de Responsabilidad Gubernamental de los Estados Unidos. (31 de enero de 2023). Agricultura de precisión: beneficios y retos para la adopción y el uso de la tecnología (GAO-24-105962). <https://www.gao.gov/products/gao-24-105962>

Virgeniya, S. C. (2024). Gemelos digitales y análisis predictivo en la agricultura inteligente. En S. Balasubramanian, G. Natarajan y P. R. Chelliah (Eds.), *Robots inteligentes y drones para la agricultura de precisión. Tecnología de señales y comunicaciones*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-51195-0_17

Wiseman, L., Sanderson, J., Zhang, A. y Jakku, E. (2019). Los agricultores y sus datos: un análisis de la reticencia de los agricultores a compartir sus datos desde la perspectiva de las leyes que afectan a la agricultura inteligente. *NJAS: Wageningen Journal of Life Sciences*.