



MAYO 2023

Observatorio de tendencias:

Tecnologías de 'actuación'
en agricultura

AgroBankTech

Digital INNOvation



AgroBank

INNSOMNIA
Innovators that dream



Tecnologías de 'actuación' en agricultura

INTRODUCCIÓN Pág. 03

01

Bioteología, aprender de la naturaleza Pág. 05

02

La automatización transforma la agricultura Pág. 12

03

La trazabilidad y la cadena de bloques Pág. 21

CONCLUSIONES Pág. 26

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Pág. 27

INTRODUCCIÓN

El primer cultivo totalmente operado por máquinas del mundo, un cultivo sembrado y cuidado sin la colaboración de ningún humano, se cosechó de manera experimental en 2017, un hito rotundo en la aplicación de la agricultura digital. Desde entonces la evolución de la llamada 'agricultura inteligente' ha sido exponencial.

Las tecnologías digitales están cambiando la agricultura y el sistema alimentario. Los campos cada vez se parecen más a fábricas al aire libre donde el IoT, la IA, la robótica, el *big data* o las nuevas tendencias como la agricultura regenerativa o la economía circular se imponen.

Los ejemplos abundan en diferentes etapas de la cadena de valor agroalimen-

taria: la automatización de la maquinaria agrícola permite ajustar los insumos y reduce la demanda de mano de obra; los datos satelitales remotos y los sensores in situ mejoran la precisión y reducen el costo de monitorizar el crecimiento de los cultivos y la calidad de la tierra o el agua; y las tecnologías de trazabilidad y los servicios de logística digital ofrecen el potencial de racionalizar las cadenas de suministro agroalimentario, al tiempo que proporcionan información confiable para los consumidores.

Así lo recoge la OCDE en su *paper* [Tecnología y digital en la agricultura](#) donde también apunta las ventajas de la digitalización para una mejor administración política de este sector. *“Las tecnologías digitales también pueden ayudar a los*



“En el futuro ya no se llamará agricultura de precisión, se llamará agricultura de pronóstico porque, si queremos llegar a reducir el impacto de la agricultura, tenemos que anticiparnos”.

Luca Corelli Grappadelli, Universidad de Bolonia.

gobiernos a mejorar la eficiencia y eficacia de las políticas y programas existentes, y a diseñar otros mejores. Por ejemplo, las imágenes satelitales de alta calidad y disponibles gratuitamente reducen drásticamente el costo de monitorear muchas actividades agrícolas. Esto podría permi-

tir a los gobiernos avanzar hacia políticas más específicas que paguen (o penalicen) a los agricultores en función de los resultados ambientales observados. Además de monitorizar el cumplimiento de las políticas ambientales, las tecnologías digitales permiten la automatización de los procesos administrativos para la agricultura y el desarrollo de servicios gubernamentales ampliados, como en relación con los servicios de extensión o asesoramiento”.

La tecnología en el campo es una realidad y ya no está reservada a unos pocos, sino que se ha convertido en un elemento al alcance de cualquier explotación, algo clave en un país como España en el que el 95 % de las empresas del sector agroalimentario son pymes, de las cuales el 80 % tiene menos de 10 trabajadores. Para cualquiera de ellos, **ahora basta con un smartphone para utilizar las prestaciones básicas de la agricultura de precisión y comenzar el viaje hacia la digitalización.**



01

Biotecnología, aprender de la naturaleza

La sociedad cada día está más concienciada sobre el cuidado del medio ambiente. Tomar conciencia de ello y apostar por medidas que apuesten por la preservación del medio nos atañe a todos. **Agricultura sostenible y biotecnología** son, así, dos términos relacionados, que se necesitan el uno al otro.

El sector agrícola, que es uno de los que está directamente más en contacto con la tierra, es uno de los más concienciados, por ello durante los últimos años hemos visto un cambio importante en el conjunto de técnicas, medios y formas de trabajar en la industria y profesionales vinculados a este sector.

La gran mayoría de empresas y profesionales agrícolas han empezado a apostar por una agricultura sostenible. Una agri-

cultura sostenible lograda a través de la biotecnología.

La biotecnología trata de aprovechar los propios elementos y agentes del entorno para gestionarlos de forma natural, minimizando por tanto el impacto que deja la agricultura industrial en el medio ambiente.

La biotecnología utiliza organismos vivos del propio entorno para crear nuevos cultivos, o modificarlos, y llevar a cabo una serie de técnicas para hacer que los fertilizantes sean más eficientes, los suelos sean más nutritivos, y las plantas y cultivos más resistentes a las plagas o inclemencias meteorológicas.

Por tanto, la biotecnología se ha convertido en una gran aliada de la agricultura, ya

Principales aplicaciones de la Biotecnología



Fuente: Elaboración propia

que gracias a ella en el campo se pueden llevar a cabo infinidad de tareas que ayudan al sector a lograr cosechas más productivas, cultivos más ecológicos y con unos costes más reducidos.

Mejora de la producción de cultivos

Uno de los mayores desafíos en la agricultura es aumentar la producción de cultivos para alimentar a una población mundial cada vez mayor. La biotecnología ha desarrollado herramientas que ayudan a mejorar la producción de cultivos de varias maneras. Una de estas herramientas es la ingeniería genética, que permite a los científicos modificar los genes de las plantas para hacerlas más resistentes a los insectos y enfermedades, más tolerantes a la sequía y otros factores ambientales adversos, y más nutritivas.

Por ejemplo, la modificación genética ha permitido desarrollar variedades de maíz y soja que son resistentes a los herbicidas, lo que significa que los agricultores pueden tratar sus campos con herbicidas sin dañar las plantas. Esto ha permitido una disminución en el uso de herbicidas y ha reducido el costo de producción de cultivos.

Por otro lado, la ingeniería genética ha permitido desarrollar variedades de arroz que son más ricas en nutrientes, como el hierro y el zinc, lo que ayuda a combatir la malnutrición en países en desarrollo.

Mejora de la calidad de los alimentos

La biotecnología también ha mejorado



la calidad de los alimentos. Una de las principales formas en que lo ha hecho es mediante la selección de variedades de cultivos que son más nutritivas y saludables. Por ejemplo, la modificación genética ha permitido desarrollar variedades de tomates que contienen más licopeno, un antioxidante que se cree que reduce el riesgo de cáncer. También se han desarrollado variedades de arroz dorado que son ricas en vitamina A, lo que ayuda a prevenir la ceguera en niños en países en desarrollo.

Además, la biotecnología ha permitido desarrollar variedades de cultivos que tienen una vida útil más larga y una ma-

por resistencia a la descomposición. Por ejemplo, se han desarrollado variedades de manzanas que no se oxidan cuando se cortan, lo que significa que duran más tiempo en el refrigerador y son más atractivas para los consumidores.

Mejora de la seguridad alimentaria

La biotecnología también ha mejorado la seguridad alimentaria al desarrollar herramientas para prevenir la contaminación y los brotes de enfermedades transmitidas por los alimentos. Por ejemplo, se han desarrollado técnicas para detectar patógenos en los alimentos, lo que permite a los productores identificar y eliminar los alimentos contaminados antes de que lleguen al mercado. También se han desarrollado variedades de cultivos que son más resistentes a los patógenos y las enfermedades, lo que disminuye la necesidad de pesticidas y herbicidas que pueden ser perjudiciales para la salud humana y el medio ambiente.

1.1 BIOGENÉTICA

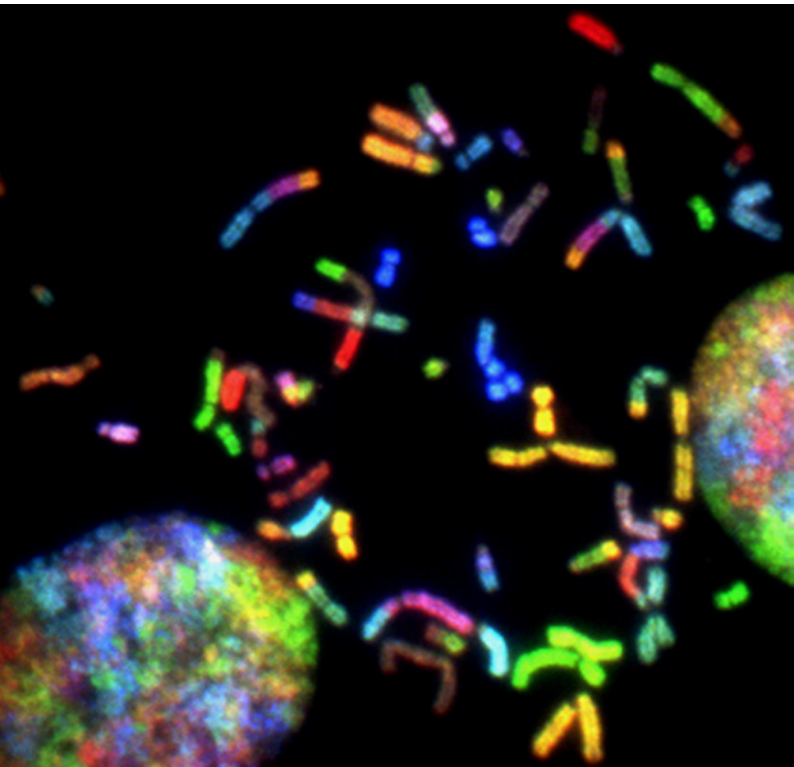
Agricultores y pastores han manipulado la estructura genética de las plantas y los animales desde que se inició la agricultura, hace más de 10.000 años. Los agricultores manejaron durante milenios el proceso de domesticación a través de numerosos ciclos de selección de los individuos mejor adaptados. Esta explotación de la diversidad natural en los organismos biológicos ha proporcionado los cultivos, árboles de plantación, animales de granja y peces cultivados actualmente existentes, que a menudo difieren radicalmente de sus antepasados más lejanos. Se trataba de 'mutaciones espontáneas' en las que la propia naturaleza hacía el trabajo que hoy investigan los genetistas.

El [Convenio sobre la Diversidad Biológica](#)

[ca \(CDB\)](#) define la biotecnología como *"toda aplicación tecnológica que utilice sistemas biológicos y organismos vivos o sus derivados para la creación o modificación de productos o procesos para usos específicos"*. Esta definición incluye las aplicaciones médicas e industriales, así como muchos de los instrumentos y técnicas habituales en la agricultura y la producción de alimentos.

En este trabajo de emular y 'acelerar' los procesos naturales, **los biotecnólogos han conseguido sus mejores resultados en el ámbito de la genómica**. Esta disciplina está proporcionando información sobre la identidad, la localización, los efectos y las funciones de los genes que afectan a cualquiera de las características de un individuo y con esos conocimientos pueden





mejorarse plantas o animales para ser más resistentes, más fuertes o para evitar enfermedades.

La mejora genética consiste en modificar algunas de las instrucciones genéticas contenidas en el genoma de una especie para adaptarla a nuestras necesidades. Los humanos llevamos modificando el ge-

noma de nuestros cultivos desde el Neolítico, al haber ido seleccionando aquellas mutaciones que por azar resultan más beneficiosas. Sin embargo, hasta el siglo pasado nuestra capacidad de generar cambios genéticos estaba limitada a la aparición de mutaciones espontáneas. Más recientemente, la mejora asistida por marcadores ha permitido acelerar la incorporación a nuestros cultivos de mutaciones provenientes de genomas de otras variedades o especies relacionadas.

Con la llegada del siglo XXI nuestras capacidades de intervenir en los genomas han aumentado de forma radical gracias a un conjunto de nuevas tecnologías entre las que destacan dos: la síntesis de DNA y la edición genética CRISPR.

El cambio más inmediato que podemos esperar en un horizonte de diez años es una explosión de diversidad, tanto de variedades como de especies. Más a medio plazo, cabe también esperar un aumento en el número de especies cultivadas. Y es que en agricultura utilizamos solo una parte ínfima del catálogo de especies vegetales que existen en la naturaleza, ya que son pocas las que se dejan domesticar mediante métodos tradicionales. Sin embargo, hoy conocemos muchos de

En España ha surgido un nuevo cereal: el Tritordeum. Ha sido desarrollado con técnicas tradicionales de mejora en el Instituto de Agricultura Sostenible (IAS) del CSIC, en colaboración con Agrasys, spin-off del CSIC ubicada en el Parc Científic de Barcelona. El Tritordeum es un cruce entre el trigo duro y una cebada silvestre, *Hordeum chilense*, originaria de Chile y Argentina. Se trata del segundo cereal desarrollado por el hombre. después de más de 30 años de mejora, se ha conseguido un cereal con rendimientos similares a las distintas variedades de trigo, y con una alta resistencia a la sequía y al estrés por altas temperaturas. Es un cultivo robusto con buena resistencia a patógenos, que necesita poca agua y pocos fertilizantes. Estas características lo hacen apto para su uso en sistemas de producción sostenible y con bajo impacto medioambiental.

los factores genéticos que han permitido la domesticación de nuestras plantas de cosecha, y ayudados por las nuevas técnicas de mejora, se hace posible emprender la domesticación de nuevas especies silvestres.

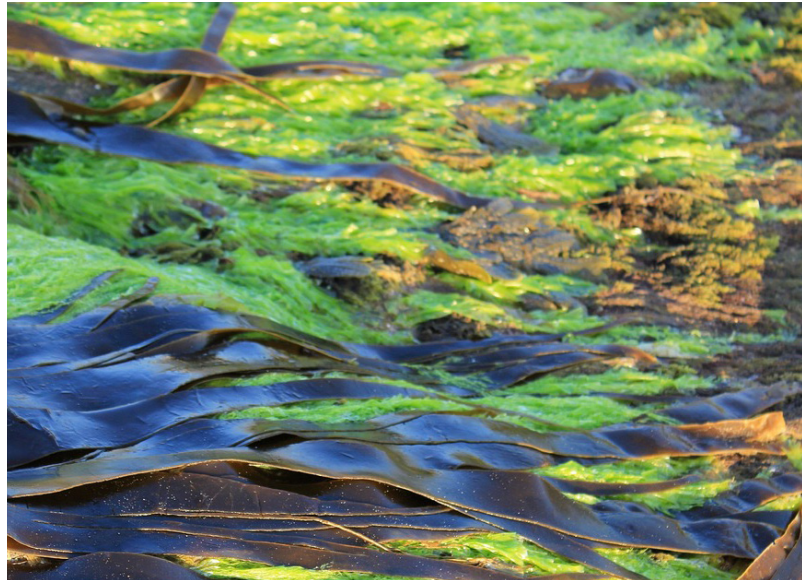
Esta domesticación de las plantas puede llevarnos hasta logros que pueden parecer de ciencia ficción, pero en lo que ya trabajan los científicos. Por ejemplo, resulta tecnológicamente posible ya diseñar plantas 'inteligentes' capacitadas para responder con antelación a una alerta meteorológica, como por ejemplo una helada, con la producción de compuestos defensivos como una proteína anti-congelante. Muy pronto la biotecnología permitirá diseñar plantas que, cuando detecten una plaga en su entorno puedan responder a la agresión con la producción de compuestos volátiles defensivos, como feromonas sexuales que confundan a los insectos.

1.2. EL PODER DE LAS ALGAS

Un estudio dirigido por la [Universidad de Queensland](#) ("Cultivar más algas marinas para alimentos, piensos y combustible") ha demostrado que **la expansión del cultivo mundial de algas marinas po-**

“Las algas tienen un gran potencial comercial y ambiental como alimento nutritivo y como parte de otros productos comerciales, incluyendo alimento para animales, plásticos, fibras, diésel y etanol”.

Scott Spillias, Universidad de Queensland



dría contribuir en gran medida a abordar la seguridad alimentaria del planeta, la pérdida de biodiversidad y los desafíos del cambio climático.

La investigación se centró en el estudio de 34 tipos de algas marinas – que tienen usos comerciales en la actualidad-. En este estudio se explica que la expansión del cultivo de algas podría ayudar a reducir la demanda de cultivos terrestres y reducir las emisiones globales de gases de efecto invernadero (GEI) de la agricultura en hasta 2.6 millones de toneladas de CO2 por año.

Una de las grandes ventajas que señala este estudio es que existen millones de hectáreas disponibles de océano para poder poner en marcha cultivos controlados de algas y aprovechar todos sus beneficios. Los investigadores creen que **tan sólo con introducir en un 10 % la dieta de algas en el consumo humano se reduciría la explotación de 110 millones de hectáreas de tierra.** Eso sí, destacan también que este tipo de cultivos no deben repetir los errores de sobrexplotación que se han producido en muchos casos tierra adentro.



USOS ACTUALES DE LAS ALGAS MARINAS

Alimentos: Las algas son comestibles y se utilizan en una variedad de alimentos, como sushi, ensaladas y sopas. También se pueden encontrar en productos alimenticios como galletas, chips y helados.

Suplementos dietéticos: Las algas son una fuente rica en nutrientes, y por ello se utilizan en la elaboración de suplementos dietéticos como cápsulas y polvos.

Cosméticos: Las algas contienen compuestos que pueden beneficiar la piel y el cabello, por lo que se utilizan en la elaboración de cremas, lociones, champús y otros productos de cuidado personal.

Fertilizantes: Las algas pueden utilizarse como fertilizantes para ayudar a enriquecer los suelos y mejorar el crecimiento de las plantas.

Biocombustibles: Las algas contienen aceites y otros compuestos que se pueden convertir en biocombustibles como el biodiesel.

Productos químicos: Las algas pueden utilizarse en la producción de una variedad de productos químicos, como agentes gelificantes, espesantes y estabilizadores.

La agricultura con mayúsculas también se hace, cada vez más, desarrollando partículas minúsculas. Empresas, centros de investigación y entidades relacionadas de primer nivel ya trabajan en la producción de unos cultivos microscópicos a los que los expertos auguran un gran futuro en el sector agrario: las microalgas.

Un proyecto financiado por la Unión Europea y apoyado por el Ministerio de Agricultura, en el que la Región de Murcia participa a través del Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura (Cebas-CSIC), investiga la eficacia de bioestimulantes derivados de estos ínfimos organismos presentes en casi todo tipo de ambientes, sobre todo si son acuáticos, "para combatir eficientemente los efectos del cambio climático en cultivos de gran importancia, como tomate y trigo", al paso que mejoran su rendimiento, de acuerdo con sus desarrolladores.

De momento, [Microclimatt](#), como se denomina la iniciativa, ya está ensayando, con fines demostrativos, el aumento de la fijación del carbono, la resistencia al estrés hídrico y la reducción del uso de fertilizantes químicos en la agricultura. El doctor en Biología Pedro Seixas, especialista en acuicultura y gerente de la firma pionera en el desarrollo de productos sostenibles procedentes de microalgas Aqualgea, destaca la capacidad de estos organismos diminutos



en fijar carbono, y de ese modo limpiar el aire.

El proyecto Microclimatt, en palabras de sus desarrolladores, *"persigue demostrar la eficacia de innovadoras soluciones bioestimulantes derivadas de microalgas para combatir eficientemente los efectos del cambio climático en cultivos de gran importancia, como tomate y trigo"*. En concreto, el consorcio público-privado conformado para esta iniciativa se ha propuesto evaluar en estos productos *"los efectos que, a nivel fisiológico, bioquímico y de expresión génica son inducidos por*

el tratamiento con novedosos bioestimulantes de microalgas, incluyendo condiciones de estrés hídrico [que suponen un escaso uso de agua] o tasas bajas de fertilización".

Detrás de la iniciativa, impulsada por Europa con apoyo del Ministerio, se encuentran, además del murciano Cebas-CSIC, la empresa de biotecnología de microalgas Algaenergy; el Instituto de Bioquímica Vegetal y Fotosíntesis (IBVF),

dependiente de la Universidad de Sevilla y el CSIC (Consejo Superior de Investigaciones Científicas); el Instituto Madrileño de Investigación y Desarrollo Rural, Agrario y Alimentario (Imidra); la Plataforma Tecnológica de Biotecnología Vegetal (Biovegen) y la Asociación Agraria de Jóvenes Agricultores (Asaja).

02

La automatización transforma la agricultura

El agricultor se ha servido de su intuición y su experiencia para tomar decisiones en el campo: cuándo y dónde plantar, que tipo de cultivo, cómo fertilizar o abonar el terreno. Una información que no se registraba y se limitaba a pasar de padres a hijos. La situación ha cambiado radicalmente. A la experiencia se suman las 'certezas' que aportan las tecnologías de la información. Datos que se han convertido en las semillas de una nueva y más eficaz forma de producir.

La automatización agrícola, que incluye desde los tractores hasta la inteligencia artificial, **persigue facilitar los trabajos más duros o repetitivos del campo, reducir el empleo de insumos y conseguir que la producción de alimentos sea más eficiente y ecológica.**

La ubicuidad, portabilidad y movilidad de las tecnologías digitales son las herramientas que hacen posible esta transformación de la agricultura y la producción alimentaria. Concretamente, en el sector agrícola y alimentario, la difusión de las tecnologías móviles, los servicios de teledetección y la informática distribuida ya están mejorando el acceso de los pequeños campesinos a la información, los insumos y los mercados, aumentando la producción y la productividad, racionalizando las cadenas de suministro y reduciendo los costes operativos.

En el informe [El estado mundial de la agricultura y la alimentación](#), la FAO define la automatización agrícola como *"el uso de maquinaria y equipo en las actividades agrícolas para mejorar el diagnós-*



tico, la toma de decisiones o la ejecución, reduciendo el trabajo agrícola pesado o mejorando la puntualidad, y posiblemente la precisión, de las actividades agrícolas”.

El informe plantea que **la automatización de la agricultura**, que incluye desde el uso de tractores hasta la implementación de inteligencia artificial agrícola, puede aumentar la productividad y la resiliencia, mejorar la calidad del producto y la eficiencia en el uso de los recursos, reducir el trabajo humano y la escasez de mano de obra, mejorar la sustentabilidad ambiental y facilitar la adaptación y mitigación del cambio climático.

Para la consultora [Eastern Peak](#), la automatización en la agricultura puede resolver los grandes desafíos del sector en la actualidad y que resume en 3 grandes frentes:

- **Preferencias del consumidor.** En los 80 se impuso la comida rápida. Tanto que se ha llegado a producir un ‘hartzago’ por parte del consumidor que solicita ahora un ‘regreso a lo tradicional’, a los alimentos menos procesados, más frescos, naturales y saludables. Los productores tienen que atender esa demanda de productos de proximidad.
- **Escasez de mano de obra.** Difícilmente encontrarás un adolescente hoy en día que sueña con ser agricultor. La verdad es que la población mundial está buscando vivir un estilo de vida más urbano, por lo que el negocio agrícola tiene que lidiar con la esca-



sez de mano de obra. La incorporación de las nuevas tecnologías a la producción y distribución convierte en imprescindible la búsqueda de especialistas en TIC y la formación y adaptabilidad de los trabajadores a este nuevo escenario laboral.

- **Responsabilidad ecológica.** El público en general y las administraciones en particular exigen cada vez más que cualquier actividad económica sea respetuosa con el medio ambiente. Y los agricultores son los primeros interesados en conseguir que su trabajo sea eco-eficiente. La automatización promete ser una gran herramienta para conseguir aunar – producción eficiente y crecimiento sostenible.

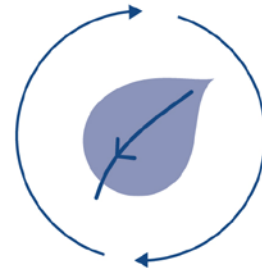
Retos del sector agrario



Preferencias del consumidor



Escasez de mano de obra



Responsabilidad medioambiental

Fuente: Agricultura inteligente: cómo la automatización está transformando la agricultura | Pico Oriental (easternpeak.com)

MERCADO DE AGRICULTURA DE PRECISIÓN

El negocio internacional de la Agricultura de Precisión continuará creciendo en los próximos años y tenderá, prácticamente, a duplicarse.

Se espera que el mercado global pase de facturar 8.500 millones de dólares en 2022 a 15.600 millones de dólares para el año 2030, según un informe de la consultora [MarketsandMarkets](#).

Mercado global de IA en agricultura

Pronóstico del mercado para crecer a una CAGR de 23,10%



Fuente: researchandmarkets.com

Las principales ventajas o beneficios que ofrece la automatización en la agricultura son:

- **Reducción de costes.** Requiere unos gastos de inversión inicial, pero después, durante el ciclo productivo, el uso de los insumos es más preciso y eficiente. Lo que supone un ahorro progresivo de capital.
- **Mejoras en la gestión de los cultivos.** Las situaciones de estrés, o amenaza, para las plantas se minimiza, debido al monitoreo y control del entorno de éstas.
- **Optimización en el empleo de recursos materiales y humanos.** Ocurre lo mismo que en el caso de los costes. Al disponer de valores precisos, se hace un uso más eficiente de los recursos disponibles.

- **Aumento del rendimiento por hectárea cultivada.** Obviamente, con la toma de datos de los distintos factores que influyen en la plantación, se consiguen unas condiciones óptimas de desarrollo que dan lugar a un rendimiento superior.
- **Mayor calidad de producto final.** Los procesos de control de los productos frescos son más precisos con lo que se consigue una mejor calidad. Además, se reduce el número de frutos de descarte, con el consiguiente ahorro y beneficio medioambiental.

2.1 ROBOTS Y MÁQUINAS AUTÓNOMAS

La agricultura es un nicho perfecto para las innovaciones en el ámbito de la robótica: los agricultores generalmente tienen que lidiar con tareas repetitivas en el campo, y este trabajo es principalmente intensivo en mano de obra. Ahora los robots agrícolas (o "agrobots") se encargan de una amplia gama de tareas: cosechar, regar, sembrar, etc.

Casos de uso de robots agrícolas:

- **Tractores automatizados.** Este tipo de tractores se pueden controlar de forma remota. Solo es necesario ayudar durante la configuración inicial y el mantenimiento regular de las máquinas. Con el tiempo, los tractores inteligentes serán cada vez más independientes con tecnologías tales como sistemas de visión, herramientas para la detección de luz, GPS, etc.
- **Robótica de siembra y deshierbe.** Los robots para plantar están enfocados en el área específica del campo y trabajan con gran precisión. Este tipo de robot agrícola utiliza inteligencia artificial y visión artificial, lo que permi-



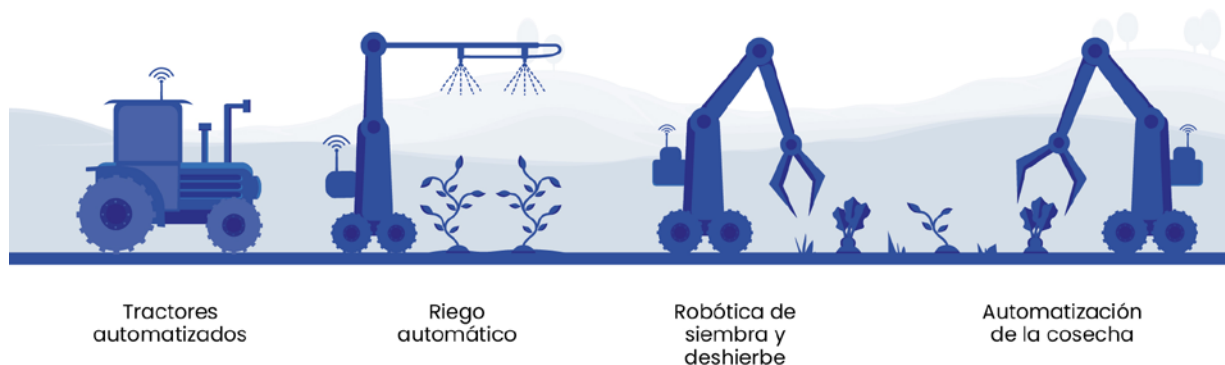
te una reducción de pesticidas en el campo y asegurar así la producción de alimentos de alta calidad.

- Riego automático.** Los sistemas de riego asistidos por robot contienen aproximadamente dos partes grandes: un sistema de riego por goteo subterráneo (SDI) más sensores especiales. SDI es bien conocido en la industria agrícola: proporciona un medio preciso para controlar la cantidad de agua que se utiliza y en qué momento la reciben las plantas. A pesar de que estos sistemas son obviamente más avanzados que el riego manual planta por planta, todavía no son perfectos, ya que requieren algo de asistencia humana. Los sensores IoT más sofisticados pueden monitorizar los niveles de humedad por sí mismos y enviar análisis en tiempo real a un dispositivo inteligente. La combinación de SDI con estos sensores crea equipos agrícolas automatizados que facilitan el trabajo y ahorran recursos hídricos.
- Automatización de la cosecha.** La cosecha no es un trabajo fácil para las máquinas: deben ser lo suficiente-



mente suaves como para no dañar las frutas y verduras. Sin embargo, los robots de cosecha ya existen y hacen frente a sus tareas con éxito. Desde recolectores de manzanas a cosechadores de fresa, la robótica blanda, la visión artificial y el guiado GPS facilitan estos trabajos y reducen la necesidad de mano de obra.

Casos de uso de robots agrícolas



Fuente: easternpeak.com

2.1.1 DRONES

Los drones juegan ya un papel fundamental para afrontar la digitalización en el sector agrario tanto en el campo como en la industria y la distribución. Por su flexibilidad, capacidad y precio reducido, se han convertido en la plataforma aérea más popular y la que más se está utilizando en explotaciones tecnificadas.

La tecnología ha avanzado a una velocidad de vértigo en estos últimos años. Los últimos modelos de drones son equipos con una configuración más robusta capaces de elevar mayor carga útil. Presentan una gran versatilidad que les permite adoptar nuevos elementos que van desde cámaras hiperespectrales hasta sistemas de pulverización de productos químicos. Además, la nueva generación de baterías ofrece mayor autonomía de vuelo lo que permite la monitorización de grandes extensiones con un único plan de vuelo.

Casos de uso de drones agrarios

- **Monitorización y análisis.** La monitorización permanente de una parcela es un trabajo importante pero imposible prácticamente de asumir desde el suelo. La ayuda de los satélites ha sido hasta ahora el mejor de los recursos, pero todavía están lejos de ofrecer esa información en tiempo real. Con los drones, la automatización en la agricultura se lleva al siguiente nivel. Los dispositivos de drones pueden identificar cultivos dañados utilizando diferentes tipos de luz, incluido el infrarrojo cercano. Los agricultores reciben esta información de inmediato y pueden reaccionar rápidamente ante cualquier advertencia. Los drones también son útiles al crear un esquema de plantación. Proporcionan mapas de campo en 3D con análisis de suelo y ayudan así a los agricultores a tomar las decisiones correctas al comienzo del ciclo de cultivo.



- **Siembra.** Si bien es cierto que para la siembra cada vez se emplean más robots – incluso capaces de sembrar y deshierbar al tiempo – en las plantaciones más automatizadas ya comienzan a emplearse sistemas aéreos de siembra. Un sistema que ya se emplea con éxito en la reforestación como es el caso de la empresa [Dro-neSeed](#), una startup agrotecnológica con sede en Seattle que ayuda a reforestar tierras después de incendios forestales. El dron lleva un módulo que “dispara” semillas en el lugar establecido y a una distancia específica entre sí. Para hacerlo posible, los desarrolladores usan aire comprimido, de esta manera, las semillas no se dispersarán por el campo.
- **Riego y fumigación.** También se pueden usar drones para regar o incluso fumigar los cultivos en el campo. Gracias a las últimas innovaciones, estos

drones se adaptan a varios factores de ubicación: altitud, objetos en el campo, condiciones climáticas, etc. La ventaja de estos sistemas inteligentes es que pueden llegar a comunicarse entre si y obtener información de otros ‘agrobots’ en tierra para conocer, por ejemplo, qué plantas en concreto necesitan un mayor tratamiento. La automatización de la agricultura permite resolver problemas en el momento.

A pesar del enorme potencial de los drones para automatizar las tareas agrícolas, su implantación es relativamente baja. Esto es en gran medida por las limitaciones que existen todavía por las exigencias legislativas sobre su uso. La legislación evoluciona muy lentamente y no está armonizada en todo el mundo. Cada vez son más las voces que se suman a la exigencia de una normativa clara y definida sobre el vuelo de este tipo de sistemas robóticos.

Casos de uso de drones agrícolas



Fuente: easternpeak.com

MERCADO DE ROBOTS AGRÍCOLAS

El mercado global de robots agrícolas alcanzó los 11.4 mil millones de dólares en 2022.

La tasa de crecimiento del mercado global de robots agrícolas es del 18,1 %, con un valor estimado de 43.4 mil millones de dólares para 2030.

Mercado mundial de robots agrícolas

Pronóstico del mercado para crecer a una CAGR de 18,2%



Fuente: researchandmarkets.com

2.2 APLICACIONES DE LA IA EN EL CICLO DEL AGUA

Más producción y menos costes es el lema que llevan implícito la mayoría de los profesionales que se dedican a las tareas del campo. Hasta el momento, este es un objetivo que solo se ha conseguido gracias a la utilización de las herramientas inteligentes.

No cabe duda de que la inteligencia artificial (IA) está teniendo un impacto cada vez mayor en cualquier actividad económica. También en la agricultura. **La IA nos ha permitido obtener información acerca de cada una de nuestras plantas y trasladarla a plataformas digitales donde se analizan al momento para ofrecer respuesta a los principales problemas.** Gracias a la gestión de los datos se están construyendo auténticas bases de datos sobre las que controlar y tomar decisiones.

La inteligencia artificial, permite proteger el rendimiento de cultivos, a través del riego, desmalezado, pulverización con ayuda de sensores, robots y drones, fomentando el ahorro del agua, manteniendo una estabilidad de nutrientes en el suelo y por ende su fertilidad, con un uso eficiente del poder humano, elevando la productividad y mejorando la calidad.

Los sistemas de IA pueden reducir la demanda de insumos hasta en un 65 %.

El desafío al que se enfrenta el sector con la cada vez más acuciante escasez de agua puede abordarse de la mano de la tecnología inteligente. **La inteligencia artificial permite dejar de hablar de recomendaciones especiales para poner en marcha recomendaciones específicas.**

Como recoge el informe [“La inteligencia artificial en la gestión del ciclo integral del agua”](#) de IDRICA *“la IA se está utilizando cada vez más para optimizar la gestión del agua, identificar y prevenir posibles crisis y mejorar la eficiencia del suministro de agua, entre otros”.*

En el estudio proponen 5 aplicaciones de la Inteligencia Artificial en la gestión del ciclo integral del agua:

1. Una de las formas en que la IA se está utilizando en la gestión del agua es a través de la **monitorización y el análisis de los datos del ciclo del agua**. Esto incluye la monitorización de la calidad del agua, el seguimiento del uso del agua y la identificación de posibles problemas en las infraestructuras de suministro de agua. La IA se utiliza para analizar grandes cantidades de datos en tiempo real, lo que permite a los gestores del agua detectar posibles problemas antes de que se conviertan en crisis.
2. **Gestión de la demanda de agua:** la IA puede ser utilizada para predecir la demanda de agua y para optimizar el suministro de agua a lo largo del día. Esto puede ayudar a los gestores del agua a reducir el desperdicio de agua y a asegurar que la demanda de agua se satisface de manera efectiva.
3. La IA también se utiliza para **predecir y mitigar posibles riesgos** asociados con el ciclo del agua. Por ejemplo, las inundaciones son una amenaza constante



para muchas ciudades y comunidades. La IA se puede utilizar para analizar los datos meteorológicos y del nivel del agua y predecir cuándo es probable que ocurran inundaciones. Esto permite a las autoridades locales tomar medidas preventivas y evacuar a las personas de las áreas de riesgo antes de que sea demasiado tarde.

4. Además, la IA también puede **mejorar la eficiencia del suministro de agua**. Esto incluye la identificación de fugas, la detección de problemas de presión y la optimización del flujo de agua. Se pueden utilizar modelos de IA para optimizar el suministro de agua, minimizar los costos, reducir las pérdidas de agua y mejorar la eficiencia energética de las infraestructuras de suministro de agua. Esto puede ayudar a reducir los costos de operación y mantenimiento, y mejorar el acceso al agua potable.
5. **Monitorizar de la calidad del aire:** la IA también puede ser utilizada para monitorizar la calidad del aire en las plantas de tratamiento de agua. Esto permite detectar y prevenir problemas de contaminación del aire, lo que puede tener un impacto negativo en la calidad del agua.

03

La trazabilidad y la cadena de bloques

La gestión de las cadenas de suministro es una tarea extremadamente compleja. En el sector agrícola, abarca cientos de etapas, múltiples ubicaciones geográficas (incluso internacionales), un sinfín de facturas y pagos y la intervención de múltiples personas físicas y jurídicas. Una compleja cadena de la que depende la actividad económica pero también, y lo que es más importante, la salud de una sociedad.

La diversidad de esta cadena de valor necesita de transparencia y trazabilidad para poder controlar todo el proceso y detectar en el momento oportuno los problemas que se hayan podido producir y que afecten a la seguridad alimentaria o a la distribución de los productos, ya sean frescos o elaborados.

Es en este contexto donde las tecnologías de registro distribuido pueden convertirse en las grandes aliadas del sector para conseguir solventar algunos aspectos como:

- La dificultad de seguimiento de los productos en tiempo real.
- Falta de confianza de los consumidores.
- Elevados costes del producto final a causa de la suma de los costes de aprovisionamiento, costes de transporte, costes de inventario y costes de calidad.
- Barreras arancelarias o fiscales que se plantean con la internacionalización de los envíos.

Trazabilidad y transparencia son dos dimensiones de la gestión de la cadena de suministro donde blockchain puede tener un mayor impacto.



Trazabilidad para conseguir transparencia

Cada vez más **el consumidor está más informado, es más exigente y más eco-responsable**. Quiere conocer dónde se cultivaron los vegetales o criaron los animales, cómo se trataron o alimentaron, qué tecnología se ha empleado para su procesamiento o cuál ha sido el cauce de distribución.



La trazabilidad identifica el origen de un producto y facilita su seguimiento en todos los puntos de control de la cadena de suministro y su ciclo de vida. Además, también garantiza la eficacia de la retirada de productos ante un determinado problema, identificando cuáles han sido los productos afectados incluso a nivel unitario en lugar de lotes enteros. Como garantía de sostenibilidad, también facilitan el análisis del ciclo de vida del producto y el cálculo del impacto social y medioambiental (la huella de carbono).

Para garantizar la trazabilidad a todos los niveles, se debe contar con tecnologías avanzadas y la armonización de los datos de todas las partes que intervienen en la cadena de suministro. Entre los procesos digitales que se emplean para conseguir la trazabilidad podemos señalar:

- Códigos de barras 2D, códigos QR, etiquetas RFID e impresión láser contactless para marcar o etiquetar los artículos.

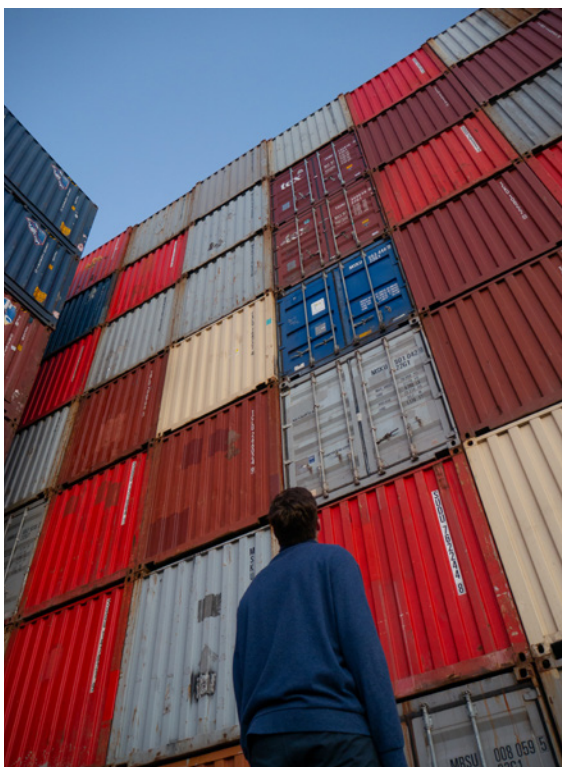
- Agregación en cajas o palés para crear jerarquías de los diferentes niveles.
- Paletización: agregación de datos de mercancías serializadas.
- Tecnología de visión y/o RFID para automatizar una captura de datos precisos durante la recepción y el envío, con una verificación 100 % exacta.
- Sensores del IoT para controlar el estado del producto.
- Lectores y equipos informáticos portátiles para optimizar tanto los procesos de flujo de trabajo, como la gestión de entregas.
- Plataformas de datos colaborativas para capturar y unificar los datos en toda la cadena de suministro.
- IA, IoT y aprendizaje automático para aumentar la eficiencia.

Explotar todo el potencial de blockchain en torno a la trazabilidad requiere que pensemos en la tecnología como un mosaico para integrarse con otras soluciones disponibles.

Tecnología Blockchain

La tecnología blockchain, la que confiere seguridad, transparencia y trazabilidad en un sector en el que la calidad debe ser el primero de los objetivos, tiene un amplio recorrido y perspectivas de crecimiento en el sector agroalimentario.

La trazabilidad de los productos tanto frescos como procesados, es una prioridad para la industria alimentaria. Con la blockchain como herramienta no sólo se garantiza el cumplimiento de la normativa sobre seguridad sino que permite controlar los costes y proteger al mismo tiempo que ningún problema afecta a la cadena de suministro y por tanto a los productos. Para el consumidor final, es la garantía de transparencia ya que la cadena de bloques conserva toda la información que aportan los diferentes eslabones de la cadena sin que sea posible modificarla. **La inmutabilidad de los datos proporciona seguridad a las partes.**



Todos los eslabones de la cadena de suministro pueden beneficiarse de las ventajas de la tecnología blockchain, desde los productores hasta los procesadores o los almacenes y por supuesto los retailers y los consumidores.

Desde una perspectiva estratégica, la tecnología blockchain es relevante para la agroalimentación en términos de:

- Transparencia en la sostenibilidad y contribución a los objetivos climáticos y la agricultura circular (seguimiento de los indicadores clave de rendimiento en sostenibilidad, emisiones, condiciones del suelo/agua/aire, prevención y lucha contra el fraude en ámbitos como el transporte de fertilizantes).
- Trazabilidad para la seguridad alimentaria y optimización de la cadena de valor (retiradas inmediatas en emergencias, reducción del desperdicio de alimentos).
- Información para los consumidores (origen y calidad de los alimentos, precios justos de los productos alimenticios, salud, impacto climático y contribución a los objetivos climáticos).
- La posición de los agricultores y los modelos de ingresos en la economía de los datos (acceso a las infraestructuras de datos, gobernanza, regulaciones sobre el intercambio de datos).

Blockchain of food

“La tecnología blockchain tiene grandes ventajas en el ámbito de la trazabilidad, permitiendo rastrear de forma segura la ubicación y el estado de los productos a lo largo de toda la cadena de suministro, al mismo tiempo que todos los actores del proceso pueden acceder a la información recopilada en cada paso. Y a nivel de certificación, esta tecnología brinda a los usuarios de esa cadena de suministro información detallada sobre el producto y su calidad, dotando a los procesos de fiabilidad y eficiencia. Por otro lado, al consumidor final le brinda una mayor confianza, pudiendo conocer todo tipo de detalles que conforman la calidad del producto que van a comprar”, explica Olga Blanco, responsable de Blockchain de IBM España.

IBM Food Trust es una de las iniciativas más ambiciosas en este ámbito. Es una plataforma que conecta a todas las personas que participan en la cadena de suministro para hacerla más eficiente y ofrecer transparencia y seguridad a los consumidores. De esta forma, se crea un ecosistema de productores, proveedores, fabricantes y minoristas que disponen de una forma de suministrar alimentos más inteligente, seguro y sostenible. *“Gracias a ello, se logra una mayor seguridad en la calidad de los alimentos, se garantiza a los consumidores que dispongan de alimentos más frescos y se minimiza el desperdicio, por ejemplo”,* detalla Blanco.

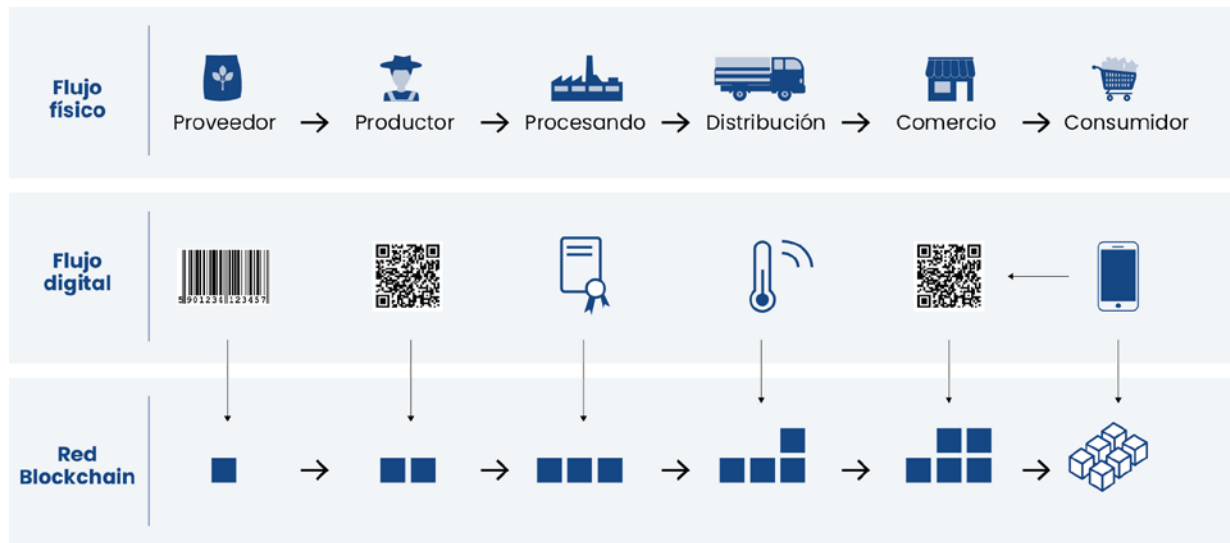
Esta plataforma ya tiene usuarios en España. Por ejemplo, Carrefour usa blockchain para certificar que el pollo campero que ofrece ha sido criado sin tratamientos antibióticos, permitiendo que sus consumidores verifiquen la calidad del productor y conozcan información relevante como la fecha de nacimiento del pollo, cómo se

ha criado, en qué granja, cuál ha sido su alimentación, el proceso de envasado o la fecha en la que llega a la tienda. También participa en IBM Food Trust el aceite ecológico de la cooperativa granadina Conde de Benalúa, ofreciendo a los consumidores de su aceite de oliva virgen extra información como el agricultor que lo cultivó, la almazara donde se produjo o el fabricante y el distribuidor.

IBM también cuenta con VinAssure, que contiene un gran catálogo de bebidas alcohólicas de pequeños productores españoles y franceses. *“El blockchain garantiza a sus compradores que los vinos que adquieren cumplen las expectativas de calidad e integridad que requieren estos productos. El consumidor final puede conocer la procedencia del vino, sus perfiles, sabor o si cumple la normativa de certificación orgánica escaneando un código QR en sus botellas”,* puntualiza la responsable de IBM.Blockchain para mitigar el cambio climático.



Sistema de cadena de suministro de alimentos simplificado



Fuente: Chapterfinal

Según el informe de la FAO [“Blockchain para la Agricultura, Oportunidades y Desafíos”](#) la tecnología blockchain tiene un gran potencial para respaldar una política climática efectiva en los sectores agrícolas y medir la eficacia de la acción climática. El informe describe las limitaciones y las aplicaciones potenciales de las cadenas de bloques en la agricultura y cómo se puede utilizar en el contexto del cambio climático.

El estudio muestra que la tecnología blockchain puede ayudar a mejorar la transparencia y la responsabilidad de las actividades de mitigación y adaptación al cambio climático. Además de monitorizar las emisiones de gases de efecto invernadero, puede apoyar la adaptación de los agricultores al cambio climático al ayudar a rastrear las inversiones y los resultados de las prácticas de gestión mejoradas. Blockchain también puede ayudar a rastrear los indicadores de los ODS relevantes para el género en las actividades de adaptación y mitigación. Consideran-

do todo, la blockchain tiene el potencial de actuar como una herramienta para acelerar las acciones globales hacia el Acuerdo de París y los ODS de la Agenda 2030.

También insiste en esta idea el Foro Económico Mundial (WEF) que ha publicado un informe sobre el uso de blockchain para escalar la acción climática ([Blockchain for Scaling Climate Action](#)) en el que destaca que la tecnología blockchain tiene el potencial de transformar la forma en que abordamos el cambio climático. En especial porque puede ayudar a rastrear y verificar la reducción de emisiones, y también puede facilitar el comercio de carbono y la financiación climática.

Según el WEF, la tecnología blockchain puede ayudar a rastrear y verificar las emisiones de manera precisa y confiable. Esto puede ser de gran ayuda para los países que buscan cumplir con los objetivos de reducción de emisiones establecidos en el Acuerdo de París.

Conclusiones

La ciencia y la tecnología digital están revolucionando el sector agroindustrial, ofreciendo nuevas herramientas, productos y servicios que ayudan a proteger los cultivos, a cuidar los recursos naturales y a garantizar la seguridad alimentaria de una población en crecimiento constante.

Nos toca vivir en tiempos muy especiales, tiempos en los que la revolución tecnológica y los avances de la ciencia modifican la forma en que nos relacionamos y convivimos en sociedad. El vínculo que tenemos con el mundo digital es cada vez más estrecho y, en muchos casos, nos resultaría difícil comunicarnos o trabajar sin la ayuda de dispositivos y herramientas de última generación.

Este cambio radical afecta sobre todo a la gestión de los procesos económicos y, por supuesto al sector de la agroindustria. Cada día descubrimos nuevas herramientas digitales, nuevos avances científicos, nuevas aplicaciones de la disrupción en y para el sector primario que muestran que el sector tiene mucho que ganar en el universo tecnológico moderno.

En este contexto, [la innovación y la creatividad son conceptos clave para enfrentar los problemas del agro](#) desde otras perspectivas y encontrar nuevas soluciones. La curiosidad y la necesidad tan humana de formular preguntas que -por ahora- no tienen respuesta son fuerzas poderosas que nos impulsan a seguir investigando e innovando.

Hoy en día, gracias al uso de aplicaciones móviles y a la tecnología digital, los productores pueden saber con gran precisión cuántos insumos agrícolas, nutrientes o cantidad de agua necesita una porción determinada de suelo para mantenerse saludable. Esta información valiosa - obtenida



en tiempo real- ayudan a tomar las mejores decisiones en el momento adecuado.

La tecnología presente en una semilla, por ejemplo, puede ayudar a combatir el estrés hídrico en regiones con climas áridos, o a mantener los cultivos alejados de enfermedades y plagas. El avance de nuevos tipos de herbicidas o plaguicidas son la solución moderna de laboratorio para problemas agrícolas que, en muchos casos, son milenarios.

La agroindustria sabe que puede confiar en la ciencia y en la tecnología digital para satisfacer la demanda de alimentos de calidad. La innovación y la creatividad son los mejores caminos para seguir desarrollando una Agricultura 4.0, acorde a las necesidades de un mundo en constante crecimiento.

Referencias Bibliográficas

"Tecnología y digital en la agricultura", OCDE

<https://www.oecd.org/agriculture/topics/technology-and-digital-agriculture/>

Convenio sobre la Diversidad Biológica

<https://www.cbd.int/>

"Cultivar más algas marinas para alimentos, piensos y combustible" Universidad de Queensland

<https://sees.uq.edu.au/article/2023/01/farming-more-seaweed-food-feed-and-fuel>

"El estado mundial de la agricultura y la alimentación 2022" , FAO

<https://www.fao.org/documents/card/en/c/cb9479en>

"Agricultura Inteligente", Eastern Peak

<https://easternpeak.com/blog/smart-farming-how-automation-is-transforming-agriculture/>

"Inteligencia artificial en el mercado agrícola", Research and Market

<https://www.researchandmarkets.com/reports/5022322/artificial-intelligence-in-agriculture-market-by#sp-pos-17>

"La inteligencia artificial en el ciclo de gestión integral del agua", IDRICA

<https://www.idrica.com/es/blog/la-inteligencia-artificial-en-la-gestion-del-ciclo-integral-del-agua/>

"Blockchain para la Agricultura, Oportunidades y Desafíos", FAO

<https://www.fao.org/3/CA2906EN/ca2906en.pdf>

Blockchain for Scaling Climate Action, World Economic Forum

https://www3.weforum.org/docs/WEF_Blockchain_for_Scaling_Climate_Action_2023.pdf

MAYO 2023

Observatorio de tendencias:

Tecnologías de 'actuación'
en agricultura.



AgroBank

INNSOMNIA
Innovators that dream

