



IMPACTO DEL USO DE LAS TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN EN LA AGRICULTURA DE PRECISIÓN

IMPACT OF THE USE OF INFORMATION TECHNOLOGIES IN PRECISION AGRICULTURE

Augusto Cortez Vásquez*, Nely Cortez Vásquez** y Ronald Ulises García Conde
Universidad Nacional Mayor de San Marcos*, Universidad Federico Villarreal**,
Universidad Tecnológica del Perú.***

RECIBIDO: 26 de octubre de 2023

ACEPTADO: 11 de diciembre de 2023

RESUMEN

En los últimos años, los nuevos abordajes sobre el estudio de la agricultura en el mundo enfrentan serios problemas y han comenzado a tomar en consideración los procesos globales y sus efectos, como la contaminación de los recursos hídricos y la degradación del suelo. El Perú no puede sustraerse a esta problemática, sobre todo en esta época en la que la situación se complica debido al cambio climático, que se manifiesta mediante el incremento de la temperatura, variación en la precipitación, entre otras variables que ponen en riesgo la seguridad alimentaria. En consecuencia, se reduce la oferta mundial de alimentos y aumentan los precios. Estos cambios están causando preocupación no solo en los agricultores, sino también en los economistas, ecologistas e incluso los gobiernos. Por eso, el presente proyecto tiene como objetivo hacer una revisión bibliográfica de las tecnologías existentes que constituyen herramientas que promuevan la innovación en los diferentes procesos vinculados a la agricultura.

Palabras claves: agricultura, agricultura 4.0, agricultura de precisión, Smart Farming, tecnologías agrícolas, Perú

Cómo citar

A. Cortez Vásquez, N. E. Cortez Vásquez, y R. U. García Conde, «Impacto del uso de las tecnologías de la información en la agricultura de precisión», *Perfiles_Ingeniería*, vol. 19, n.º 20, pp. 201–219, dic. 2023.

ABSTRACT

In recent years, new approaches to the study of agriculture in the world face serious problems and have begun to take into consideration global processes and their effects, such as the contamination of water resources and soil degradation. Peru cannot escape this problem, especially at this time when the situation is complicated due to climate change, which is manifested by an increase in temperature, variation in precipitation, among other variables that put security at risk. food. As a result, the global supply of food is reduced and prices increase. These changes are causing concern not only among farmers, but also among economists, environmentalists and even governments. Therefore, the objective of this project is to carry out a bibliographic review of the existing technologies that constitute tools that promote innovation in the different processes linked to agriculture.

Keywords: agriculture, agriculture 4.0, precision agriculture, Smart Farming, agriculture technologies, Peru

© Los autores. Este artículo Open Access esta publicado bajo la Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional.
(CC-BY 4.0)



1. Introducción

La posibilidad de supervivencia de la agricultura se ve condicionada por el uso de diversas tecnologías (drones, sensores aéreos y terrestres, cámaras de suelo y maquinaria guiada por GPS) que son utilizadas en el proceso de agricultura. Basta ver a nuestro alrededor para vislumbrar cómo el uso de estas tecnologías cambia el paisaje rural y nos enfrentan a nuevos desafíos, como alimentar a una población mundial que crece permanentemente. Según la FAO, en el 2050, se estima que habrá un incremento de más de 2.000 millones de habitantes en el planeta, mientras que, paradójicamente, se reduce progresivamente la superficie cultivable. El Banco Mundial muestra que, en 1961, había 0,53 hectáreas por persona y, en el 2015, se redujo a 0,27. Este cambio se debe sustancialmente al cambio climático y a la impredecibilidad de los patrones meteorológicos ocasionados por el calentamiento, lo que causa preocupación en el sector agrario por las sequías, tempestades, huaycos (grandes aguaceros), nuevas plagas, desestacionalización de las cosechas, etc. Por todo lo mencionado, resulta imperativo migrar hacia sistemas de producción agrícola más eficientes para la obtención de más alimentos usando menos recursos naturales. Este modelo se denomina agricultura de precisión o agricultura climáticamente inteligente, que forma un binomio con el uso de nuevas tecnologías y la biotecnología (Independiente, 2023). En Perú, podemos señalar que, en las últimas tres décadas, en el contexto de la agricultura 4.0, se han promovido leyes para impulsar la transición desde una agricultura convencional hacia otra agroexportadora. Contra el telón de fondo de la agricultura de precisión, se han hecho grandes esfuerzos para ganarle espacio al desierto, para lo cual se aprovechó la tecnología de riego por goteo, sensores de humedad que detecten y controlen el porcentaje de agua en la superficie, las estaciones meteorológicas vinculadas a computadores de riego, y los dendrómetros para medir el incremento del diámetro de tallos y troncos, y el análisis estadístico para proyectar el rendimiento con data acumulada a partir de campañas anteriores (Pizarro, 2022). La agricultura de precisión se convierte, así, en la principal aliada de los pequeños productores rurales.

2. Definición

En un seminario internacional (IICA, 2023), en donde se presentaron casos de buenas prácticas en agricultura, se evidenció el impacto del uso de la ciencia y la

tecnología en la agricultura de precisión (AP). Al respecto, Chartuni señaló que “La agricultura de precisión es un conjunto de técnicas diseñadas para **optimizar el uso de los insumos agrícolas** (semillas, agroquímicos y fertilizantes) de acuerdo a la variabilidad espacial y temporal de la producción agrícola”. Por su parte, Khosla afirmó que “La agricultura de precisión es una de las herramientas que puede ayudar a solventar la seguridad alimentaria, sin embargo, forma parte de un gran abanico de temas que se deben abordar para el desarrollo agrícola”. **La agricultura de precisión se basa en la recopilación de datos en base a sensores, drones y análisis de datos mediante técnica de *machine learning* y *deep learning* para el aprendizaje por niveles a partir del reconocimiento de imágenes y *bigdata* sobre el campo con el objetivo de mejorar la calidad de los cultivos siempre considerando el respeto y la sostenibilidad del medio ambiente.**

Debe observarse que el nuevo modelo de AP provee nuevas herramientas al sector primario (actividades económicas destinadas a producir alimentos y a obtener materias de origen biológico: agricultura, ganadería, pesca y explotación forestal), especialmente a la agricultura como actividad dedicada al cultivo de la tierra para obtener productos para el consumo humano y alimento de los animales. La incorporación de la Inteligencia Artificial (IA) al sector agrícola, permite realizar labores básicas de la cadena productiva (siembra, cosecha, monitoreo de cultivos y suelos) a través de algoritmos de aprendizaje para procesar los datos, intervienen también las técnicas de *bigdata* y la conectividad dentro de una red agrícola (drones, sensores, software) que proporciona una ingente cantidad de datos que, luego de ser sometidos a un análisis, nutren de información valiosa en cada paso de la cadena de suministro. De este modo, se produce un incremento de la productividad, reducción de costos e impacto ambiental de las prácticas agrícolas, lo que permite un gran ahorro de recursos (suministros y tiempo de trabajo).

3. Características

Existen varios tipos de sistemas de cultivo para obtener el máximo rendimiento. Estos dependen de las condiciones físicas del espacio natural. Esta clasificación puede responder a varios criterios (ver la Tabla N° 1).

Tabla N° 3. Clasificación de cultivos

Variedad de producto	policultivo
	monocultivo
Aprovechamiento del agua	Secano
	regadío
Aprovechamiento del suelo	Agricultura intensiva
	Agricultura extensiva
Relación producción obtenida y mano de obra empleada	Agricultura de alta productividad
	Agricultura de baja productividad

Elaboración propia

4. Factores de la Producción Agrícola

La calidad de la producción agrícola depende básicamente de los siguientes factores:

- Disponibilidad de recursos naturales
- Clima de la zona de producción agrícola

Respecto a los recursos naturales, los elementos que intervienen en el proceso son los siguientes:

- Características de los suelos en donde se producirá,
- Presencia de minerales ricos en nutrientes,
- Riqueza de los sustratos, y
- Calidad y pureza de las aguas disponibles

5. Ventajas y Desventajas

5.1 Ventajas de la AP

Entre los principales beneficiarios de la AP se considera a los agricultores, los consumidores finales y, en especial, el medio ambiente. La AP presenta algunos beneficios y ventajas como las que se detallan a continuación:

- Aumento de la productividad,
- Mejora el proceso de toma de decisiones,
- Reducción del impacto en el medio ambiente,
- Reducción del uso de químicos, y
- Reducción de los costos de recursos (luz, agua, combustible, etc.)

5.2 Desventajas de la AP

- Inversión de capital
- Acceso a Internet
- Formación y conocimientos básicos en uso de tecnologías

6. Tecnologías Usadas

Big Data: el uso de TICs ha impactado grandemente en la AP y se estima que su valor de mercado alcance los 5.090 millones de dólares para 2023 (Yeply, 2022). *Bigdata* surge como un concepto utilizado en las diferentes fases (recopilación y análisis inteligente de datos) y conforma un binomio con el software de gestión para un trabajo simplificado y eficiente.

Tecnologías de automatización de procesos (TAP): los TAP son sistemas que siguen un procedimiento efectivo (algoritmo) con el propósito de reducir la carga agrícola pesada y mejorar la puntualidad e inclusive la precisión. Con este propósito, disponen de la robótica y el uso de maquinaria. La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) define la mecanización como “el uso de todo tipo de maquinaria y equipo, desde herramientas manuales sencillas y básicas hasta maquinaria más sofisticada y a motor, en las actividades agrícolas” (FAO, 2022).

Internet de las cosas: la interconectividad de distintos dispositivos y programas como un organismo que funciona en tiempo real se denomina IoT. Este organismo permite el proceso de cultivo de plantas como una actividad controlada, regulada, analizada y corregida por tecnología inteligente automatizada. Este proceso pasa por dos etapas:

Primera etapa: geolocalización del área de cultivo utilizando sensores y un sistema GPS que pueden colocarse en un dron o un tractor que grabe y registre datos sobre superficies. Luego, mediante un Sistema de Información Geográfica (SIG), se analizan los datos recibidos para definir con precisión una serie de indicadores como ubicación geográfica del área, altura respecto el nivel del mar, el mapeo del suelo, canales, erosiones, etc. Todo esto con el propósito de tener un conocimiento primario del espacio donde se proyectan los cultivos.

Segunda etapa: monitoreo con sensores para elaborar un mapa de rendimiento con indicadores de las propiedades del suelo, grado de salinidad, de nitrógeno, de fosfatos, de acidez, grado de humedad, entre otros. Este proceso es necesario para determinar la humedad requerida, cantidad de semillas necesaria por áreas de tierra, tipo y cantidad de abono a utilizar, así como los mecanismos para combatir plagas.

Inteligencia artificial (IA): la IA abre un abanico de posibilidades para generar valor en la agricultura con el propósito fundamental **de reducir los** insumos y la automatizar las tareas. La IA brinda un conjunto de técnicas (redes neuronales, *machine learnig*, *deep learning*, entre otras) para medir las tasas de producción de cultivos y proporcionar una valiosa información para los clientes de la cadena de suministro (EOS, 2023). Las técnicas de IA aplicada a la AP se orientan al uso de satélites para la detección de los patrones de crecimiento de áreas vegetales (cultivos, bosques, áreas verdes urbanas) (Perez, 2015).

Sensores: los sensores son una pieza clave en IoT. Se amparan en la miniaturización, nanotecnología y comunicaciones inalámbricas. Están impulsando el desarrollo grandes redes inalámbricas de sensores capaces de monitorear el entorno de forma autónoma y ubicua. Los sensores capturan un gran volumen de datos que serán analizados para generar información muy valiosa que ayudará a mejorar la calidad de los cultivos y a reducir el impacto sobre el medio ambiente (Joyanes, 2013).

Robótica: los denominados robots agrícola o agrobots están diseñados para realizar una actividad específica (recolección de frutas, transporte de alimentos/productos seleccionados/maduros), realizar trabajos pesados, labores todas que requieren precisión. Tenemos los robots autodirigidos, el robot cosechador automático que poseen brazos automáticos para manipulación mediante la aplicación de visión artificial (EDSRobotics, 2021)

Drones: son vehículos exploradores provistos con cámaras multiespectrales muy funcionales en la captura remota de fotografías y grabación de videos de alta resolución mediante el sobrevuelo de los cultivos. Los datos capturados son procesados y permiten detectar características que se pasan por alto a simple vista, como la detección de plagas

en lugares de difícil acceso. La tecnología de sensores incluye nuevas funcionalidades como usar longitudes de onda en el espectro de luz (calidad de la luz) para influir en el ritmo de florecimiento de muchos cultivos ornamentales (Chen, 2023). Estos dispositivos para ayudan a respaldar las decisiones para una mejor precisión y productividad del campo (Gonzales, 2016).

GPS: el uso del GPS en la agricultura de precisión ofrece varias ventajas para los agricultores y profesionales en el área; sin embargo, se requiere constante de capacitación y desarrollo de capacidades. El uso del GPS en la agricultura permite medir áreas, planificar la plantación, mapear el campo, muestreo de suelos, inspeccionar las cosechas, etcétera (Agroempresario, 2020).

7. Aplicaciones

7.1 Zonificación de terrenos

La agricultura tradicional o convencional considera generalmente que el espacio de cultivo es totalmente homogéneo. Esta suposición trae como consecuencia un considerable desperdicio de insumos en la cadena de producción. Frente a ello, se requiere facilitar el proceso de planificación y coordinación de las actividades del sector agrícola, por lo que es necesario zonificar los terrenos, identificar las particularidades de cada lugar dentro de una misma zona de cultivo debido a lo irregular del área de producción y composición del suelo para asignar en forma eficiente la cantidad de recursos (BASF, 2023).

7.2 Optimización del uso de insumos

La AP tiene como propósito optimizar el uso de insumos como semillas, fertilizantes, agua, entre otros, para aumentar los rendimientos y calidad de los cultivos (Infortambo, 2023).

7.3 Identificación de malezas dentro de plantaciones

Los drones (y otros robots), sensores, software, etc. proveen gran ayuda para realizar tareas agrícolas con minuciosidad (detectar malezas y cultivos enfermos desde el aire), eficiencia (ahorro de suministros y recursos) y en menor tiempo (Proxima, 2019).

7.4 Facilitar el proceso de siembra

El éxito del proceso de siembra dependerá de la elección correcta del tipo de plantas y también de su momento de siembra. Deben clasificarse las especies según sus necesidades y características, monitorear el estado de las semillas, preparar el suelo, identificar la maleza, y sembrar de la manera indicada. En todas estas actividades interviene la tecnología (sensores, drones, robots) para hacerlas más eficiente.

7.5 Creación de mapas de cosecha (MC)

Como se mencionó, es un error considerar que todas las zonas son homogéneas. El tratamiento de cultivos diferenciado permite ajustar la distribución de insumos (fertilizantes, pesticidas, agua de riego, etc.) así como la intensidad de la actividad agrícola en función de las necesidades locales. El MC particiona las áreas de manejo como subregiones, en la que cada una de estas tiene ciertas características de heterogeneidad de rendimiento y para los que un tratamiento uniforme basado en el terreno podría ser perjudicial (UDL, 2010). El concepto de Manejo Sitio Específico (MSE) consiste en el tratamiento eficiente (elegir lugar adecuado y el momento oportuno) de los procesos agrícolas, en contraposición a la mecanización homogeneizadora de la agricultura que prevalecía en el siglo XX, propiciada por la gran motivación económica de ese periodo (Lago, 2011).

7.6 Aplicación de insumos a tasas variables

La AP pretende evitar sobre costos en el presupuesto del agricultor, lo cual derivará en maximizar la eficiencia en el suelo y mejores rendimientos al final de cada ciclo productivo, gracias a las correcciones precisas en las parcelas.

8. Agricultura de Precisión y Cambio Climático

La agricultura repercute notablemente en el cambio climático, debido a que toda la cadena agroalimentaria absorbe aproximadamente un tercio de la producción mundial de energía.

Investigadores del Instituto Bio Sense (Euronews, 2023), en reiteradas veces, han señalado que “No podemos alimentar al mundo de hoy con la agricultura de ayer”. Por lo tanto, es imperativo desarrollar formas más eficientes de realizar los procesos de la cadena agrícola. Se estima que en los próximos 30 años se incrementará la demanda de alimentos en un 70 %, por lo que resulta un requerimiento impostergable no sólo aumentar y mejorar la producción agrícola, sino también emprender medidas que mitiguen el impacto en el medio ambiente (Euronews, 2019). La FAO se plantea como desafío imperativo de la agricultura hasta 2050 la capacidad de alimentar a una población mundial creciente con el agravante de una reducción progresiva de las tierras de cultivo por habitante y el decrecimiento del agua salubre. Asimismo, es imperativo emprender medidas de sostenibilidad de la mejora de los procesos vinculados al agro tanto en aspecto social como medioambiental (AINIA, 2020). Afortunadamente, la irrupción de las nuevas tecnologías aplicadas al agro que incluyen el procesamiento de grandes volúmenes de datos (*bigdata*) propició la denominada agricultura de precisión, como alternativa de incrementar la producción de más alimentos con menos recursos, y al tiempo implementar cambios en los procesos, prácticas y estructuras para mitigar los daños causados por el cambio climático o incluso para beneficiarse de las oportunidades propiciadas por estos cambios, lo que los científicos llaman “desarrollar la resiliencia climática” (Oksen, 2023).

9. Estado del Arte

La revolución tecnológica aplicada al sector agrícola viene integrando tecnologías diversas, como son Internet de las cosas (dispositivos y maquinaria conectados), *bigdata* e IA para una analítica avanzada de datos que permita monitorizar rendimientos, al mismo tiempo que la robótica realiza su tarea en la misma área de cultivo. La AP permite aplicar métodos más personalizados de cultivo de alimentos. La empresa argentina Blacksoil es un claro ejemplo. Fabrica fertilizantes a medida en función del análisis de los datos del

suelo. Mediante un dispositivo acoplado a cualquier sembradora se administra el fertilizante líquido junto con las semillas, sin que sea necesario adquirir maquinaria nueva y costosa.

Las tecnologías digitales móviles constituyen una de las innovaciones con mayor potencial en la agricultura de precisión, habida cuenta que tienden un puente entre los agricultores y los mercados. No obstante, existe una brecha en los avances de tecnología móvil y las técnicas de agricultura. La empresa (Envira, 2023), por ejemplo, utiliza dispositivos basados en sensores inalámbricos que funcionan con energía solar para controlar la temperatura, la humedad, el pH del suelo y otros muchos parámetros. En Chile (AguaControl, 2023), minimizan el consumo de agua de riego usando red de sensores que identifican el grado de humedad requerido y mandos a distancia. Otra empresa innovadora chilena, Austral Falcon (AustralFalcon, 2023), recopila datos y digitaliza procesos combinando la visión artificial de los vehículos con la inteligencia artificial. Los datos compilados sirven para estimar los rendimientos futuros de las cosechas a través de una aplicación Wipo Green (WIPOGREEN, 2023), que contiene una base de datos sobre necesidades y tecnologías ecológicas. Esta base de datos es un recurso público y gratuito que ofrece las Naciones Unidas con el propósito de fomentar la implantación de tecnologías innovadoras y ecológicas para contrarrestar los estragos que deja el cambio climático, la seguridad alimentaria y otros desafíos de alcance mundial. Esta base de datos puede nutrirse con información que proveen en forma gratuita las personas y entidades.

El desarrollo histórico reciente de China ha influenciado en el desarrollo de los mercados agrícolas mundiales. Estas dinámicas vanguardistas de las últimas tres décadas, el papel que mantiene el Gobierno y el surgimiento de las instituciones de apoyo al sector constituyen condiciones clave para la evolución de la agricultura del gigante asiático. El gobierno chino, a través de su plan de desarrollo agrícola 2019-2025, promueve la digitalización del campo, con metas de alcanzar una cobertura del 70 % de 5G (Hands-Free Farm, un proyecto de investigación y desarrollo mediante procedimientos efectivos: planta, administra y cosecha cultivos efectivamente sin intervención humana), y conseguir que las nuevas tecnologías representen, al menos, el 15 % del valor añadido agrícola (Gestion, 2023).

gobierno germano, por su parte, tiene claro que la agricultura 4.0 permitirá mejorar la automatización de los procesos productivos que incrementa la rentabilidad de las explotaciones. Por ello, ha lanzado su programa Big Data en la Agricultura (EFE:Agro, 2023) con el firme propósito de fomentar el desarrollo de innovaciones tecnológicas dirigidas al agro y enmarcados en la automatización de los procesos productivos, y, como consecuencia, incrementar la rentabilidad de las explotaciones. La agricultura puede equipararse a la naturaleza como recurso, habida cuenta que ambas se benefician del predominio de la diversidad (Yudice, 2008). El proyecto *soil2Data*, dirigido por la Universidad de Osnabrück, destaca pues permitirá un análisis *in situ* y rápido del contenido de fosfato, nitrato y potasio del suelo, así como el valor del pH, que permite una aplicación más racional de los fertilizantes. En Estados Unidos de Norteamérica, los avances recientes en la tecnología de información posibilitan que las personas tengan acceso directo e inmediato a amplia gama de información almacenada en bibliotecas especializadas, agencias del gobierno y universidades en todo el mundo, información bibliográfica, información actualizada sobre el clima, previsiones presentes de la cosecha actual y muchas otras organizaciones federales y privadas a través del mundo (Gary, 2007) .

La ONU, en recientes estudios, ha resaltado que en 2050 la población mundial se incrementará a 9.700 millones de personas, lo que significa que **será necesario alimentar a 2.000 millones de bocas más respecto a 2020**. Frente a este notable crecimiento, la FAO recomienda que debiera compensarse con un aumento de al menos 70% de la producción agrícola (Innovacion, 2022). En esta línea, el gobierno brasileño lanzó el Plan Safra 2023-2024 al que asignó un presupuesto de \$75,8 mil millones para fortalecer los sistemas productivos con garantía de sostenibilidad ambiental y otorgar beneficios crediticios rurales con tasas de interés muy bajas para los productores que adopten prácticas de producción orgánica o agroecológica y bioinsumos (OPSA, 2022; BBVA, 2021).

El proyecto Sierra y Selva Exportadora se encuentra adscrita al Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI) en el marco del convenio con la Comisión Nacional de Investigación y Desarrollo Aeroespacial (CONIDA). En este se usa la información del satélite Perú SAT, lo que marcará un hito en la agricultura peruana. Sierra exportadora tiene como propósito impulsar la actividad económica sobre todo en las zonas rurales de

Figura N° 1. Mapa Nacional de la Superficie Agrícola



10. Conclusiones

1. Como resultado de estas investigaciones puede afirmarse con seguridad que la agricultura de precisión ha provocado la reconfiguración de los procesos agrícolas en el campo, lo que permite tomar decisiones productivas precisas para incrementar su rendimiento y rentabilidad, al tiempo que sirve como instrumento de evaluación.
2. Debe promoverse una transición gradual entre la agricultura convencional a una agricultura de precisión sostenible en el tiempo.
3. Los datos obtenidos a partir de las métricas y rendimientos producidos en tiempo real sobre el terreno, pueden convertirse en datos cuantificables que permitan una toma de decisiones más ágil y eficiente. Este progreso no es meramente cuantitativo, sino que implica una reorganización a fondo de lo ya conocido.
4. Frente a la perspectiva tecnológica existente de diverso tipo se hace necesario evaluar las que mejor se ajusten a los objetivos y requerimientos tanto individuales como comunitarios, sobre todo teniendo en cuenta que las preferencias no están respaldadas por razones objetivas.
5. La agricultura de precisión es una de las herramientas más urgentes a aplicar; sin embargo, debe analizarse holísticamente el impacto ocasionado para poder ayudar a solventar la seguridad alimentaria.
6. Los beneficios que trae consigo el uso de IoT –es decir, de la aplicación de todas estas tecnologías que actúan de manera coordinada y automatizada en AP– son múltiples en cuanto a costos, tiempos e insumos en el proceso de cultivo.
7. Aunque la agricultura de precisión y la agricultura 4.0 son conceptos usados indistintamente, no deben confundirse. La Agricultura 4.0 también es conocida como agricultura digital, porque usa un conjunto de tecnologías digitales (software y hardware) para optimizar la producción, en todos sus procesos, desde la siembra hasta la cosecha.
8. La diferencia radica en que AP es el uso de insumos en áreas con mayor potencial productivo, mientras que agricultura 4.0 es el conjunto de tecnologías usadas para la AP. Nada de la AP podría lograrse sin el uso de la agricultura 4.0 (CEPAL, AGRO 4.0, 2021).

11. Recomendaciones

Dado la existencia de una brecha en productividad agrícola entre los países desarrollados y los que no lo son, se recomienda la creación de un Observatorio de la Agricultura Digital para enterarse de los avances y enfrentar los desafíos para disminuir, de forma efectiva, las brechas de productividad y bienestar con los países desarrollados. Así, se podrá virar hacia una agricultura más inclusiva, eficiente y sustentable.

12. Referencias Bibliográficas

Agroempresario. (4 de junio de 2020). *GPS en agricultura: conozca las ventajas*.

Obtenido de <https://agroempresario.com/publicacion/23827/gps-en-agricultura-conozca-las-ventajas>

AguaControl. (2023). *AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DE RIEGO AGRÍCOLA*.

Obtenido de <https://aguacontrol.cl/>

AINIA. (2020). *Agricultura de precisión, tecnologías clave para conseguir una agricultura más sostenible*. Obtenido de <https://www.ainia.es/ainia-news/agricultura-precision-sostenible-inteligencia-artificial-sensores-fonicos/>

Andina. (junio de 2023). Obtenido de <https://andina.pe/agencia/noticia-la-agricultura-precision-es-principal-desafio-pequenos-productores-rurales-686117.aspx>

AustralFalcon. (2023). *estima tu produccion de manera simple y rapida*. Obtenido de <https://australfalcon.com/>

BASF. (17 de abril de 2023). *7 aplicaciones de agricultura de precisión*. Obtenido de <https://agriculture.basf.com/pe/es/contenidos-de-agricultura/digitalizacion-agricultura-precision.html>

BBVA. (26 de agosto de 2021). *Que es la agricultura de precision*. Obtenido de <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/que-es-la-agricultura-de-precision-la-gestion-digital-del-campo/>

CEPAL. (2021). AGRO 4.0. Obtenido de <https://www.cepal.org/es/proyectos/agro-40-0>

CEPAL. (2023). <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/43595>. Obtenido de <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/43595>

- Chen, J. (27 de junio de 2023). *Influencia de la luz en el crecimiento del cultivo*. Obtenido de <https://www.pthorticulture.com/es/centro-de-formacion/la-influencia-de-la-luz-en-el-crecimiento-del-cultivo/>
- EDSRobotics. (12 de 11 de 2021). *Agricultura automatizada y robótica agrícola*. Obtenido de <https://www.edsrobotics.com/blog/agricultura-automatizada-y-robotica-agricola/>
- EFE:Agro. (2023). Obtenido de <https://efeagro.com/alemania-big-data-agricultura>
- Envira. (2023). *Instrumentación y servicios para la gestión ambiental*.
- EOS. (2023). *Clasificación de Redes Neuronales para la Vigilancia de la Pr*. Obtenido de Eos Data Analitic: <https://eos.com/es/industries/agriculture/crop-production-monitoring/>
- Euronews. (octubre de 2019). *La agricultura 4.0: tecnología sustentable para afrontar el futuro*. Obtenido de <https://es.euronews.com/next/2019/10/07/la-agricultura-4-0-tecnologia-sustentable-para-afrontar-el-futuro>
- Euronews. (2023). *La agricultura 4.0: tecnología sustentable para afrontar el futuro*. Obtenido de <https://es.euronews.com/next/2019/10/07/la-agricultura-4-0-tecnologia-sustentable-para-afrontar-el-futuro>
- FAO. (2022). *El estado mundial de la agricultura y la alimentación 2022*. Obtenido de <https://www.fao.org/3/cb9479es/online/sofa-2022/agricultural-automation-technological-evolution.html>
- Gary, W. (2007). *Revista Mexicana de Agronegocios*, 11(20). Obtenido de https://www.google.com/search?q=tecnologias+en+agricultura+en+estados+unidos&client=firefox-bd&ei=CEqsZMAeNsXZ5OUP7uW7sAY&ved=0ahUKEwjGwrj13oSAAxXFLlkGHe7yDmYQ4dUDCA4&uact=5&oq=tecnologias+en+agricultura+en+estados+unidos&gs_lcp=Cgxnd3Mtd2l6LXNlcuAQA0oEC
- Gestion. (2023). Obtenido de Nuevas tecnologías transforman la milenaria agricultura china: <https://gestion.pe/mundo/internacional/nuevas-tecnologias-transforman-la-milenaria-agricultura-china-noticia/>
- Gonzales, A. (2016). Drones Aplicados a la agricultura de precisión. 10.

- IICA. (2023). *La agricultura de precisión tiene potencial para transformar el Agro*. Obtenido de <https://www.iica.int/es/prensa/noticias/la-agricultura-de-precisi%25C3%25B3n-tiene-potencial-para-transformar-el-agro>
- Independiente. (2023). *Agricultura 4.0: cosechas abonadas con ciencia y tecnología*. Obtenido de <https://www.elindependiente.com/desarrollosostenible/2018/04/07/agricultura-4-0-cosechas-abonadas-ciencia-tecnologia/#gs.hfVhHdU>
- Infortambo. (15 de julio de 2023). *Cómo optimizar el uso de los insumos*. Obtenido de <https://www.infortambo.cl/es/contenidos/como-optimizar-el-uso-de-los-insumos>
- Innovacion. (2022). *Smart Farming y agricultura de precisión*. Obtenido de <https://www.iberdrola.com/innovacion/smart-farming-agricultura-precision>
- Joyanes, L. (2013). *BigData*. Mexico: AlfaOmega.
- Lago, C. (2011). Sistema para la generación automática de mapas de rendimiento. Aplicación en la agricultura de precisión. Obtenido de https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S071834292011000100009
- Latella, M. (2020). *Efectos del cambio climático en la agricultura*. Obtenido de <https://redagricola.com/efectos-del-cambio-climatico-en-la-agricultura/>
- MIDAGRI. (2023). *Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego*. Obtenido de <https://www.gob.pe/institucion/midagri/noticias/325509-midagri-peru-tiene-una-superficie-agricola-de-11-6-millones-de-hectareas-a-nivel-nacional>
- Oksen, P. (15 de marzo de 2023). *Agricultura de precisión: datos y tecnología para enfrentar el cambio climático*. Obtenido de <https://blogs.iadb.org/innovacion/es/agricultura-de-precision-tecnologia-para-enfrentar-el-cambio-climatico/>
- OPSA. (2022). *Lanzamiento Plan Safra 2023-2024 para apoyar la producción agropecuaria en Brasil*. Obtenido de <https://opsaa.iica.int/resource-997-lanzamiento-plan-safra-2023-2024-para-apoyar-la-produccion-agropecuaria-en-brasil>

- Perez, A. (2015). Redes neuronales artificiales para estimar el contenido de nitrógeno en plantas leguminosas. *Revista Ciencia e Ingeniería.*, 36(2), 85-92.
- Pizarro, J. (2022). *ESAN: Tecnología, la clave para el impulso de la agricultura peruana 4.0*. Lima. Obtenido de <https://www.esan.edu.pe/conexion-esan/tecnologia-la-clave-para-el-impulso-de-la-agricultura-peruana-4-0>
- Proxima. (febrero de 2019). *Que es la agricultura 4.0*. Obtenido de <https://www.proximasystems.net/agricultura/que-es-la-agricultura-4-0/>
- Ramirez, D. (2010). *EFFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO en la agricultura*. Obtenido de <https://redagricola.com/efectos-del-cambio-climatico-en-la-agricultura/>
- UDL. (2010). *Cómo obtener y qué hacer con los mapas de colores*. La Universidad de Lérida. Obtenido de https://www.google.com/search?q=Creaci%C3%B3n+de+mapas+de+cosecha&client=firefox-bd&ei=Lk2_ZJfDazC5OUPk7i0Ao&ved=0ahUKEwiYrrq7gKmAAxUsIbkGHROcD6oQ4dUDCA4&uact=5&oq=Creaci%C3%B3n+de+mapas+de+cosecha&gs_l=Ep=Exnd3Mtd2l6LXNlcnAiHUNyZWfjacOzbiBkZSBtYXBhcYBk
- Viguerra, B. (2017). *Impacto del cambio climático en la agricultura*. Costa Rica. Obtenido de https://www.conservation.org/docs/default-source/publication-pdfs/cascade_modulo-2-impactos-del-cambio-climatico-en-la-agricultura-de-centroamerica.pdf
- WIPOGREEN. (2023). *WIPO GREEN – The Marketplace for Sustainable Technology*. Obtenido de <https://www3.wipo.int/wipogreen/en/>
- Yeplly. (2022). *Las nuevas tendencias y los retos de la Agricultura 4.0*. Obtenido de <https://www.yeplly.com/blog/tendencias-y-retos-agricultura-4-0/>
- Yudice, G. (2008). *El recurso de la cultura*. Gedisa.

Augusto Parcemón Cortez Vásquez

Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.

Licenciado en Computación e Informática, Ingeniero de Sistemas UNMSM, Magister en Computación e Informática UNMSM, Egresado de doctorado en Filosofía UNMSM Docente Principal Facultad de Ingeniería de Sistemas UNMSM-FISI (ingreso 1988). Docente de Universidad Ricardo Palma (15 años), Docente Investigador UNMSM Líneas de investigación: Ingeniería de software, complejidad computacional, inteligencia artificial Premio a mérito Científico UNMSM Consejo Superior de Investigaciones. Decano Facultad de Ingeniería de Sistemas UNMSM, Director Administrativo Facultad de Ingeniería de Sistemas UNMSM, Director Académico Facultad de Ingeniería de Sistemas UNMSM, Director de Instituto de Investigación Facultad de Ingeniería de Sistemas UNMSM Fundador de Revista Algorithmic.

Autor corresponsal: acortezv@unmsm.edu.pe.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5188-7962>

Nely Cortez Vásquez

Universidad Nacional Federico Villarreal, Lima, Perú.

nelycortezvunfv@gmail.com.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0172-7917>

Ulises García Conde

Universidad Tecnológica del Perú, Lima, Perú.

ronald.ugarcia@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4357-1722>

Contribución de Autoría

Todos los autores contribuyeron de manera equitativa en el desarrollo de la investigación, participando en la redacción del primer borrador del artículo, el cual fue revisado críticamente con aportes de forma y de contenido por los revisores de la revista. Posteriormente, se le otorgó el consentimiento de aprobación a la versión final para ser publicada en la revista *Perfiles de Ingeniería*.

Conflictos de Intereses

Se declara que no existe conflicto de intereses de los autores de la presente publicación.

Responsabilidad Ética

Los autores declaran y garantizan el

Financiamiento

La investigación se realizó de conformidad a los principios éticos en las ciencias de las ingenierías.

Correspondencia: acortezv@unmsm.edu.pe.