

Agricultura de precisión: transformando la agricultura tradicional con tecnología

Precision agriculture: transforming traditional agriculture with technology

Augusto Cortez-Vásquez

<https://orcid.org/0000-0002-5188-7962>
acortezv@unmsm.edu.pe

Universidad Nacional Mayor de San Marcos,
Facultad de Ingeniería de Sistemas e
Informática, Lima, Perú

Luzmila Pro-Concepción

<https://orcid.org/0000-0003-0622-1173>
lproc@unmsm.edu.pe

Universidad Nacional Mayor de San Marcos,
Facultad de Ingeniería de Sistemas e
Informática, Lima, Perú

Néstor Mamani-Macedo

<https://orcid.org/0000-0001-8406-0235>
nmamanim@unmsm.edu.pe

Universidad Nacional Mayor de San Marcos,
Facultad de Ciencias Matemáticas, Lima,
Perú

Pablo Lozada López

Papo3987@gmail.com

Universidad Nacional Mayor de San Marcos,
Facultad de Ingeniería de Sistemas e
Informática, Lima, Perú

Jaime Pariona Quispe

<https://orcid.org/0000-0002-2760-6219>

jparionaq@unmsm.edu.pe
Universidad Nacional Mayor de San Marcos,
Facultad de Ingeniería de Sistemas e
Informática, Lima, Perú

RECIBIDO: 30/10/2024 - ACEPTADO: 15/11/2024 - PUBLICADO: 31/12/2024

RESUMEN

La agricultura en el Perú y en general en Latinoamérica, viene atravesando una crisis estructural. Son diversos los factores involucrados en esta problemática. El presente estudio tiene como objetivo una revisión de los conceptos relacionados a la agricultura de la precisión, las tecnologías existentes aplicadas a la agricultura, y las implicancias de su implementación en el sector agrícola peruano. Se explora la relación existente entre la ciencia, tecnología como factores transformadores de la agricultura, la combinación entre el conocimiento científico y la incorporación de nuevas tecnologías y la innovación nos muestran que existe una agricultura más acorde a los retos que enfrentamos: la de precisión.

Palabras Claves: agricultura de precisión, agricultura 4.0, tecnologías agrarias, planificación de cultivos.

ABSTRACT

Agriculture in Peru and in general in Latin America, has been going through a structural crisis. There are various factors involved in this problem. The objective of this study is a review of the concepts related to precision agriculture, the existing technologies applied to agriculture, and the implications of their implementation in the Peruvian agricultural sector. The existing relationship between science and technology as transforming factors in agriculture is explored. The combination of scientific knowledge and the incorporation of new technologies and innovation shows us that there is an agriculture that is more in line with the challenges we face: precision agriculture.

Keywords: precision agriculture, agriculture 4.0, agricultural technologies, crop planning.

I. INTRODUCCIÓN

La digitalización de la agricultura se ha vuelto importante para la cadena de procesos del sector agrícola desde la preparación de la tierra, la siembra, la cosecha hasta la distribución. Como suele ocurrir en otros ámbitos de la vida, la disponibilidad de las tecnologías digitales continuará creciendo y estas se irán incorporando a los procesos agrícolas, lo que inevitablemente forjará una transformación digital de la actividad. La agricultura de precisión (AP) comprende la aplicación de nuevas tecnologías de la Información a la producción agrícola con el fin de mejorar la productividad de los cultivos y disminuir el impacto medioambiental, sin afectar a su calidad. Aunque el proceso de digitalización de la agricultura está en marcha desde hace varios años (con el arribo de las primeras tecnologías digitales), transitamos actualmente una etapa en la que, por diversos motivos, su ritmo comienza a acelerarse.

La digitalización de la agricultura puede hacer un gran aporte a la transformación positiva requerida para alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). La agricultura digital tiene el potencial de contribuir al cumplimiento de 9 ODS: 2, 6, 8, 9, 11, 12, 14, 15 y 17 (UN Global Compact y Project Breakthrough 2019).

El Instituto de Recursos Mundiales (WRI), organización medioambiental no gubernamental estadounidense, sostiene que el planeta tendrá que ampliar su producción de alimentos en casi un 60% de aquí a 2050 para alimentar a casi 10.000 millones de personas.

II. PROBLEMÁTICA

La pobreza del productor agrario en el Perú se debe en gran medida a la utilización inadecuada y a la degradación de la base productiva de los recursos naturales debido a la aplicación de sistemas productivos que generan desequilibrios negativos entre el proceso de extracción y regeneración de los recursos naturales. La agricultura

de precisión (AP) proporciona métodos y técnicas para optimizar la producción. Al ser un sistema integrado, reúne múltiples herramientas de implementación: por ello, en los últimos años, muchos han intentado dar una definición exhaustiva. La AP permite aplicar tecnología para el tratamiento adecuado, en el lugar adecuado y en el momento adecuado. Se requiere por tanto, disponer de medios y tecnologías que puedan visibilizar la diversidad en el campo y aplicar los suministros necesarios para el cultivo de manera diferenciada. Las continuas crisis suscitadas desde 2020 devinieron en deterioro de los procesos agrícolas, debiéndose a diversas causas (Shang et al. 2021, Loukos y Arathoon 2021, Sotomayor et al. 2021), que se relacionan a la propia naturaleza de la actividad agrícola, que involucra: capacidades, culturas, escalas etc., por otra parte, factores que han dificultado el avance de la digitalización en la agricultura, entre los que desvirtúan: el desorden, disminución de su rentabilidad y competitividad, falta de una infraestructura vial adecuada y la ausencia de un sistema de mercados mayoristas que dificultan el proceso productivo agrícola, lo que deriva en elevados costos de comercialización que afectan a los productores agrarios. Son siete los eslabones de intermediación como se muestra en la Fig. 1.

Algunos factores son:**a. Asistencia Técnica**

Incipiente acompañamiento y de asistencia técnica constante en la implementación de las prácticas agrícolas que estén alineados a la adopción de la protección del medioambiente, optimizar y conservar los recursos naturales o para adaptarse a los desafíos climáticos.

b. Crédito Agrario

La mayoría de los agentes económicos requieren apoyo crediticio

Fig. 1

Eslabones de intermediación



El problema de las deficiencias en la agricultura en el Perú como en el resto de los países es de vital importancia y trascendental, dado que involucra aspectos como alimentación y salud de la población que se vinculan con problemas de pobreza. La principal justificación de la AP es la necesidad de optimizar la gestión de la agricultura que involucra la obtención de información más precisa y trazabilidad, así como reducir el impacto ambiental e incrementar la cantidad y calidad de productos nutritivos (EZCARA, 2012).

III. BENEFICIOS

Los principales beneficios de la AP podrían ser los siguientes:

- a. Incremento en cantidad y calidad de productos agrícolas
- b. Minimización del impacto medioambiental.
- c. Reducción de la aplicación de pesticidas y fertilizantes.
- d. Trazabilidad de los procesos agrícolas.
- e. Reducción de combustible en maquinarias.
- f. Toma de decisiones relevante y oportuna.

IV. IMPACTO DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA AP

La Organización para la Agricultura y la Alimentación (FAO) nos dice que: “Necesitamos un aumento del 70% en la producción de alimentos para alimentar a toda esa gente, y tenemos que cultivar, cosechar, distribuir y consumir los alimentos de manera

más eficiente”. Los procesos de la agricultura deben hacerse eficientes en forma sostenible, debiendo satisfacer no solo a las generaciones presentes sino también a las futuras (FAO, 2024).

4.1. Eficiencia en el uso de recursos:

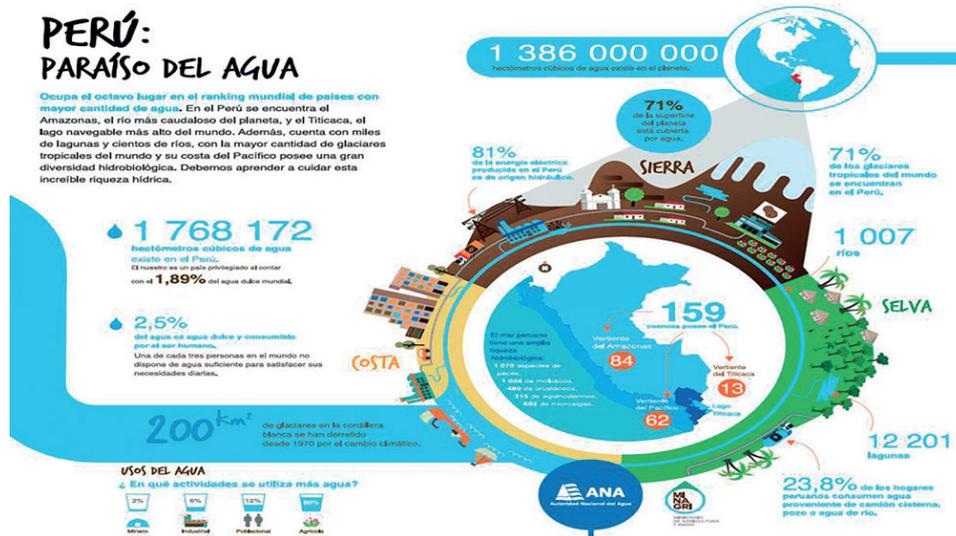
El crecimiento de la población en el mundo hace necesario el incremento de área de cultivo, por tanto el acceso a mayor cantidad de agua de calidad, sin embargo, la cantidad de agua disponible en el mundo no se incrementa en la misma proporción (ver Fig 2).

MIDAGRI, señala que el Perú cuenta con 1.89 % de la disponibilidad de agua dulce del mundo, lo que lo convierte en un país privilegiado, por ello, debemos cuidarla y administrarla con justicia y equidad para todos.

- a. **Optimización del uso de agua, fertilizantes y pesticidas (ISAM, 2024). Para optimizar el uso del agua, se aplican los siguientes mecanismos:**

El agua que provee la naturaleza mediante las lluvias no es suficiente para cubrir la demanda de la agricultura, por tanto, no debe ser desperdiciada. En diversas áreas del Perú el agua es escasa, y en algunos casos son afectadas por fenómenos climáticos periódicos, causando sequías. El riego de precisión (RP), surge como alternativa usando racionalmente el con el propósito de mantener la salud y el rendimiento de los cultivos sin desperdiciar nada de este valioso recurso (EOSDATA, 2024). También puede usarse alternativamente imágenes por satélite que resulta ser una alternativa menos costosa.

Fig. 2
El agua en cifras



Fuente: <https://www.ana.gov.pe/contenido/el-agua-en-cifras>

b. Utiliza sistemas de riego adecuados

Para contrarrestar esta situación es conveniente implementar mecanismos climáticamente inteligentes, que usen herramientas y métodos para manejar de manera eficiente los mecanismos de gestión del agua en las prácticas agrícolas. De ahí el uso y práctica del riego de precisión.

c. Reutiliza las aguas residuales

Según la ingeniería sanitaria y ambiental, la innovación en el **tratamiento de aguas residuales** se define como el desarrollo y la implementación de nuevas tecnologías, procesos y enfoques que mejoran la eficiencia, efectividad y sostenibilidad de los métodos tradicionales (Internacionales, 2023). Las aguas no tratadas contienen patógenos, y al regar por inundación, goteo o aspersión podría contaminar el cultivo. Al eliminar los contaminantes en el agua residual, como hidrocarburos y algunos compuestos orgánicos, se aprovechan y se reutilizan en el regadío (Cisneros, 2016). La aplicación de la inteligencia artificial al control de procesos se viene incrementando, con la utilización de técnicas tales como los sistemas expertos, redes neuronales, algoritmos genéticos y lógica difusa (Peña-Rojas, 2014).

4.2. Evita el desperdicio de alimentos

Indicadores del Instituto de Recursos Mundiales, muestran que se desperdician 1,3 billones de toneladas, es decir, 166 trillones de litros de agua,

lo que se traduce en casi el 24% del agua utilizada para fines agrícolas.

Como bien señala la FAO (FAO, Estrategias Efectivas para Combatir el Desperdicio de Alimentos en la Agricultura, 2023), el buen uso del agua trae consigo reducir el desperdicio de alimentos, que a su vez deriva en una "triple ganancia", ya que esta estrategia puede influir positivamente en aspectos económicos, medioambientales y alimenticios. Tradicionalmente, al no existir controles gubernamentales, el agua ha sido considerada un bien común y público, no obstante, el abuso de este bien público, puede dejar sin acceso al agua a los sectores con menos poder político y económico (Winpenny, 2013).

4.3. Aumento de la productividad:

Los beneficios que aporta la AP dependerán de la estructura de la empresa agrícola: la dimensión (hectáreas) y su estructura productiva y el mercado. Teniendo en cuenta que la variabilidad dentro del campo se refiere a una escala espacial más manejable, la utilización de la AP dependerá de una evaluación específica de cada predio. Para el logro de los objetivos de la AP se requiere hacer los esfuerzos necesarios para asegurar que los agricultores pequeños y medianos no se queden rezagados.

4.4. Mejor calidad de la producción

La FAO, estima que la producción de alimentos deberá crecer más de un 50% para 2050 frente al incremento de la población mundial, que alcanzará

los 10.000 millones de habitantes. La AP puede contribuir significativamente a la calidad de la producción garantizando la seguridad alimentaria global, protegiendo los medios de vida de millones de agricultores y garantizando el suministro constante de alimentos para una población mundial en crecimiento.

4.5. Sostenibilidad ambiental:

La AP persigue el objetivo de maximizar la productividad, sin soslayar su sostenibilidad. Al ayudar a reducir el uso de recursos como insumos como fertilizantes y pesticidas reduce el impacto ambiental de la agricultura:

- a. Reducción de deforestación
- b. Reducción de fertilizantes y pesticidas
- c. Uso preciso de agua

Es importante por tanto realizar análisis de suelos que provean información valiosa que permita decidir sobre la aplicación de fertilizantes minimizando el daño a los cultivos. Como lo señala (Ortiz, 2024), se debe valorar la conservación de suelo y el agua considerando el cuidado del bien más preciado para el desarrollo de la agricultura como es el medio ambiente (BPA, 2022). El concepto de agricultura de conservación alineado al de AP presenta un enfoque sustentable por las siguientes razones:

- a. Mejora la rentabilidad
- b. Resiliencia frente al cambio climático
- c. Promueve la biodiversidad y la salud del ecosistema

4.6. Toma de decisiones basada en datos:

En los diversos procesos agrícolas deben tomarse decisiones:

a. Monitoreo en tiempo real de cultivos y condiciones

El monitoreo de los cultivos tiene como objetivo detectar cambios de luz, humedad, temperatura,

forma y tamaño puede realizarse mediante sensores. Cualquier anomalía detectada por los sensores es analizada y notificada al agricultor. Mediante técnicas de Analítica de cultivos puede visualizarse el desempeño del cultivo para medir y pronosticar su evolución, de esta manera se puede prevenir la propagación de enfermedades y vigilar el crecimiento de los cultivos.

b. Predicciones más precisas de rendimientos

Las técnicas de machine learning y Deep learning para predicción del rendimiento y el análisis geoespacial, proporciona a los responsables de la toma de decisiones la información necesaria para una producción de cultivos sostenible y rentable. La tabla 1 muestra los beneficios de la predicción de alimentos:

4.7. Cambios en la fuerza laboral:

a. Demanda de trabajadores calificados en tecnología

Según la FAO, la agricultura emplea a más de mil millones de personas en todo el mundo, lo que representa aproximadamente un tercio de la fuerza laboral global. Sin embargo, a medida que las poblaciones urbanas aumentan y las oportunidades en otros sectores atraen a los trabajadores jóvenes, la agricultura se enfrenta a una creciente escasez de mano de obra calificada en agricultura de precisión (FEPROPAZ, 2023), con conocimiento en el uso de recursos tecnológicos: drones, sensores y otros equipos y técnicas.

b. Posible reducción de mano de obra no calificada

La esencia misma de la agricultura, que durante milenios ha dependido en gran medida de la mano de obra humana, está siendo redefinida por la irrupción vertiginosa de la tecnología. La AP se enfrenta a un desafío cruciales: la gestión de la mano de obra y la adopción efectiva de la tecnología (FEPROPAZ, 2023).

Tabla 1
Predicciones más precisas de rendimientos

Velocidad	Rentabilidad	Seguridad
Toma de decisiones oportuna relacionadas con las operaciones de cosecha, almacenamiento y transporte	Datos sobre la rentabilidad en su zona de interés basados en la predicción del rendimiento de los cultivos.	Fortalecimiento de la seguridad alimentaria mundial ayudándoles a prevenir hambrunas, impulsar la economía local e implementar prácticas agrícolas sostenibles.

4.8. Inversión en tecnología:

a. Plataformas digitales de agricultura

El uso de AP requiere implementar plataformas digitales para monitorear al cultivo: Actualmente se han desarrollado plataformas digitales (sensores, drones y técnicas de IA) tal como se muestra en Fig. 3 que permiten hacer seguimiento en tiempo real al cultivo a través de contraste de imágenes de alta definición que muestren su evolución. Para los propósitos del presente argumento la agricultura presenta desafíos, la inversión inicial en tecnología puede ser alta, y la curva de aprendizaje para manejar estas nuevas herramientas puede ser empinada para algunos agricultores, sobre todo para aquellos en regiones menos desarrolladas (Learning_heroes, 2024).

b. Necesidad de adquirir equipos y software especializados

Los elementos básicos de la agricultura son el agua, el suelo y el clima, no obstante, a estos se puede agregar la información y la tecnología para obtenerla. Las herramientas que utilizan software de agricultura de precisión, permiten recopilar datos e interrelacionarlos para lograr una relación óptima entre rendimiento, recursos disponibles, tiempo y dinero invertidos (BBVA, 20214).

c. Curva de aprendizaje para agricultores y trabajadores

Muchos agricultores, representantes de la industria y propietarios de empresas agrícolas de todo el mundo se aferran a sus prácticas de décadas de antigüedad (WISSE, 2022). Es fundamental la integración de las tecnologías de la información (TIC) en la **gestión inteligente de la agricultura**, apoyada en la nanotecnología, la comunicación entre dispositivos que propician el internet de las cosas y los protocolos móviles 4G y 5G.

d. Gestión de datos: Manejo de grandes volúmenes de información

La ciencia de datos, disciplina que se encarga de tratamiento de grandes volúmenes de datos, permite descubrir tendencias, predecir el futuro y anticiparlo. Brinda a los agricultores herramientas (fig 4) para una visión más completa de sus cultivos, y tomar decisiones más informadas sobre cuándo sembrar, cuándo aplicar fertilizantes y cuándo cosechar (HEMAV, 2024).

e. Privacidad y seguridad de datos agrícolas

Muchos de los países que se encuentran a la vanguardia de la AP protegen sus datos con derechos de propiedad intelectual (DPI) en su legislación interna. La Organización Mundial del Comercio(OMC),

Fig. 3

Inversión en tecnología



crea mecanismos de obligatoriedad para la protección de la información no divulgada en concordancia con el Acuerdo sobre los aspectos de los derechos de propiedad intelectual relacionados con el comercio (ADPIC). Se protegen invenciones, sean de productos o de procedimientos, en todos los campos de la tecnología, incluida la biotecnología.

4.9. Adaptación al cambio climático

a. Mayor resiliencia frente a condiciones climáticas variables

Se pretende incrementar la resiliencia de los sistemas agrícolas, con el propósito de garantizar su capacidad para resistir y recuperarse de las variaciones climáticas extremas, tales como sequías prolongadas, inundaciones, aumentos en la temperatura y cambios en los patrones de precipitación.

b. Ajuste preciso de prácticas agrícolas según condiciones locales

No todas las comunidades presentan la misma problemática, es muy importante reunirse con sus representantes, reconocer sus particularidades,

identificar prácticas no sostenibles en el manejo de los suelos, detección de problemas reportados, relacionados con prácticas no sostenibles que se aplican en el manejo de los suelos. Entre estos problemas pueden identificarse los más comunes (FAO, Guía de buenas practicas para la gestion y usos sostenible de suelos en areas rurales, 2018) (Tabla 2):

Agricultura sostenible AS

La agricultura sostenible (AS) es una herramienta fundamental de lucha contra el hambre y también contra el cambio climático, por tanto es respetuosa con el medioambiente, rentable y social. El valor de la producción agrícola mundial supera los 3.000 billones de dólares al año y en algunos países supone hasta el 40% de su riqueza, según datos del Banco Mundial. La aplicación de prácticas sostenibles en la agricultura permite reducir el uso de recursos no renovables y hacer un empleo más racional de los recursos renovables, con el objetivo de mantener o aumentar su calidad. Los recursos renovables, una vez explotados, se agotan y no pueden regenerarse o el ritmo de reposición es

Fig. 4
Ciencia de datos



Tabla 2
Ajuste preciso de prácticas agrícolas

Uso inapropiado del suelo, excesiva o inadecuada mecanización agrícola.
Abuso en el uso de fertilizantes y plaguicidas de síntesis
Fomento del monocultivo
Sobrepastoreo.
Abuso en la utilización de recursos hídricos, causando destrucción de microclimas.
Quemas y tala de bosques

mucho más lento que el de su consumo (combustibles fósiles, carbón, petróleo, gas natural).

4.10. Diversificación funcional

En un agroecosistema interactúan componentes abióticos (sin vida) y bióticos (con vida) que cumplen una funcionalidad dentro del mismo, y la diversificación se refiere al proceso mediante el cual se aumenta el número de especies. Se presentan en este proceso tres tipos diferentes de diversificación: temporal, espacial y genética.

Beneficios

Las diferentes estrategias de diversificación presentan los siguientes beneficios (Altieri y Nicholls, 2004; Caballero, et al 2011; Nicholls, 2009):

- a. Reducen el riesgo de los procesos agrícolas, sobre todo aquellos en áreas con condiciones ambientales impredecibles. Si un cultivo falla, el rendimiento y la ganancia de los otros compensará la pérdida.
- b. Se incrementan en cantidad y diversidad los enemigos naturales, se mantiene la regulación de plagas, por tanto disminuye la aplicación de agroquímicos.
- c. Incrementan la sostenibilidad del agroecosistema, conforme aumenta la diversidad y aumentan las interacciones benéficas entre especies.

4.11. Brecha digital

La agricultura repercute en gran manera en la economía de los países, en los países menos adelantados (países MA) constituye uno de los motores que impulsa las economías, pues contribuye con un porcentaje elevado al producto interno bruto (PIB). Muy a pesar, siendo el uso de las tecnologías el motor que impulsa la agricultura, el indicador de brecha "Porcentaje de productores agropecuarios sin servicio de asistencia técnica", según MIDAGRI, al finalizar el año 2024 tendrá un avance del 0.41% en el cierre de brecha respecto al valor del año 2023 (que alcanzó el 79.17%). Las proyecciones para el año 2025 suponen un incremento en el cierre del 2.02 %, ocasionando una disminución del valor numérico del indicador, para alcanzar 76.75% y para el año 2026 (MIDAGRI, 2024).

V. CONCLUSIONES

1. La AP no sólo optimizará los procesos agrícolas en el tiempo presente, lo más resaltante es que se preparara a los productores para enfrentar los desafíos del futuro. Entender qué es la AP y la agricultura 4.0, implica prepararse para el mañana.
2. La conectividad también ha revolucionado la forma en que los agricultores gestionan sus explotaciones. Las aplicaciones móviles y herramientas en línea les permiten acceder a datos en tiempo real o monitorear el progreso de las actividades.
3. La agricultura de precisión combina la tecnología de la información, la electrónica y la agronomía con el propósito de mejorar la productividad agrícola. Se basa en la recolección y análisis de datos agrícolas precisos y en tiempo real, lo que permite tomar decisiones informadas y optimizar los procesos de producción.

IV. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda abordar adecuadamente en análisis espacio - temporal de zonas agrícolas con el propósito de aprovechar el potencial de los beneficios económicos, ambientales y sociales de la agricultura de precisión.
2. Se recomienda fomentar el desarrollo de softwares de decisión que proporcionen un mayor asertividad en la producción. Estas herramientas permitirán analizar diferentes factores que se ofrecerán al agricultor, para que pueda tomar decisiones en temas como finanzas, clima, fertilizantes, plagas y algunos otros elementos necesarios durante el periodo de siembra.
3. Utilizar las tecnologías digitales en la agricultura para mitigar las consecuencias del cambio climático en América Latina, en especial del Perú.

REFERENCIAS

- [1] "Cámara de Zaragoza". (2012). *¿Qué es un código QR?* Obtenido de <https://www.camarazaragoza.com/faq/que-es-un-codigo-qr/>

- [2] "PYV Technology". (2022). *TECNOLOGÍA CONTACTLESS: QUÉ ES Y CÓMO FUNCIONA*. Obtenido de <https://pyv.technology/es/blog/tecnologia-contactless-que-es-y-como-funciona/>
- [3] "SAP Concur Team". (2022). *¿Qué es la tecnología contactless?* Obtenido de <https://www.concur.pe/blog/article/tecnologia-sin-contacto>
- [4] ACADEMIC. (2010). *Código QR*. Obtenido de <https://es-academic.com/dic.nsf/eswiki/278121>
- [5] Agritotal. (2024). *El rol de la Agricultura de Precisión en la trazabilidad*. Obtenido de <https://www.agritotal.com/nota/el-rol-de-la-agricultura-de-precision-en-la-trazabilidad-de-los-agroalimentos/>
- [6] 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/>
- [7] AGROSOLMEN. (2024). Obtenido de <https://agrosolmensl.es/que-es-la-hidroponia-o-agricultura-hidroponica>
- [8] Aumaille, B. (2002). *J2EE: Desarrollo de aplicaciones Web*. Barcelona - España: Ediciones ENI, 2002. Obtenido de https://books.google.com.pe/books?id=dsR2ydrU3vUC&hl=es&source=gbs_navlinks_s
- [9] 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>
- [10] BASF. (2023). *Agricultura 4.0*. Obtenido de <https://agriculture.basf.com/pe/es/contenidos-de-agricultura/digitalizacion-agricultura-4-0.html>
- [11] BBVA. (20214). *Cómo es y para qué sirve el 'software' de la agricultura de precisión*. Obtenido de <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/como-es-y-para-que-sirve-el-software-de-la-agricultura-de-precision/>
- [12] BCRP. (2020). *Reglamento del Servicio de Pago con Códigos de Respuesta Rápida (QR)*. Obtenido de <https://www.bcrp.gob.pe/docs/Transparencia/Normas-Legales/Circulares/2020/circular-0003-2020-bcrp.pdf>
- [13] BPA. (2022). *Buenas Prácticas Agrícolas: Lineamientos de Base*. Obtenido de <https://www.casafe.org/pdf/2015/BUENAS-PRACTICAS-AGRICOLAS/BuenasPracticasAgricolas-LineamientosdeBase.pdf>
- [14] Camila. (2021). *Todo lo que debes saber sobre el trabajo remoto en Perú*. Obtenido de <https://www.sesamehr.pe/blog/todo-lo-que-debes-saber-sobre-el-trabajo-remoto-en-peru/>
- [15] CEPAL. (2021). *PERSPECTIVAS DE LA AGRICULTURA*. Obtenido de <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/ec3e9a9f-593e-4c55-85a3-b5eefbeca839/content>
- [16] CEPAL. (2022). *¿Qué son los Códigos QR?* Obtenido de <https://biblioguias.cepal.org/QR>
- [17] CEPAL. (2022). *Perspectiva de las agricultura y el desarrollo rural en las americas*.
- [18] CEPAL. (2023). *Observatorio de Agricultura digital*. Obtenido de <https://agriculturadigital.cepal.org/es>
- [19] 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/>
- [20] Cisneros, O. (2016). *Reúso de aguas residuales en la agricultura*. Mexico. Obtenido de https://www.imta.gob.mx/biblioteca/libros_html/riego-drenaje/reuso-aguas-residuales.pdf
- [21] Conde, S. (2017). *Control de Asistencia mediante Técnicas NFC*. Trabajo de grado, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid - España. Obtenido de https://oa.upm.es/44943/1/TFG_SERGIO_CONDE_MURO.pdf
- [22] CONFIEP. (2022). *PYMES: El motor del crecimiento en el Perú*. Obtenido de <https://www.confiep.org.pe/confiep-tv/pymes-el-motor-del-crecimiento-en-el-peru/>
- [23] Contreras, J. (2022). *Código QR: qué es y cómo estar alerta para protegernos*. Obtenido de https://www.seguritecnia.es/actualidad/codigo-qr-que-es-y-como-estar-alerta-para-protegernos_20220211.html
- [24] Cortes, N. (2023). *¿Por qué controlar asistencia digitalmente en Perú?* Obtenido de <https://www.geovictoria.com/es-pe/blog/tecnologia/beneficios-controlar-asistencia-digital-peru/>
- [25] Cortez, A. (2023). Impacto del uso de TICs en la agricultura de precision, Revista Perfiles de Ingenieria, 201-219. Obtenido de https://revistas.urp.edu.pe/index.php/Perfiles_Ingenieria/article/view/6308/10047

- [26] Ecobusiness. (2021). *QR Dinámico: Autenticación al alcance de la mano (Y del dispositivo)*. Obtenido de <https://www.ecobusiness.in/2021/08/30/qr-dinamico-autenticacion/>
- [27] EDSRobotics. (12 de 11 de 2021). *Agricultura automatizada y robótica agrícola*. Obtenido de <https://www.edsrobotics.com/blog/agricultura-automatizada-y-robotica-agricola/>
- [28] EOS. (2023). *Clasificación de Redes Neuronales para la Vigilancia de la Pr.* Obtenido de Eos Data Analytic: <https://eos.com/es/industries/agriculture/crop-production-monitoring/>
- [29] EOSDATA. (2024). *EOS Data Analytic*. Obtenido de <https://eos.com/es/blog/riego-de-precision/>
- [30] EosDataAnalytic. (2023). Obtenido de <https://eos.com/es/blog/humedad-del-suelo/>
- [31] EPRS. (2016). *La agricultura de precisión y el futuro del sector agropecuario en Europa*.
- [32] ESAN. (2024). *La brecha de infraestructura de riego en el sector agropecuario*. Lima. Obtenido de <https://www.esan.edu.pe/conexion-esan/la-brecha-de-infraestructura-de-riego-en-el-sector-agropecuario>
- [33] EZCARA, I. (2012). *AGRICULTURA DE PRECISIÓN: ELABORACIÓN DE MAPAS DE CONSUMO Y RESBALAMIENTO*.
- [34] FAO. (2018). *Guía de buenas prácticas para la gestión y usos sostenible de suelos en áreas rurales*. Bogotá. Obtenido de <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/158f38e2-86ef-47a9-aa3e-21be6fe6bd28/content>
- [35] 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>
- [36] FAO. (2023). *Estrategias Efectivas para Combatir el Desperdicio de Alimentos en la Agricultura*. Obtenido de <https://www.micultivo.bayer.com.mx/es-mx/novedades/articulos/practicas-recomendadas-para-reducir-el-impacto-del-desperdicio-d.html>
- [37] FAO. (2024). Obtenido de <https://www.fao.org/sustainability/es/>
- [38] Feliciano, L. (2015). *Seguridad en Base de Datos & Aplicaciones Web*. Obtenido de https://premios.eset-la.com/universitario/pdf/seguridad_en_base_de_datos_y_aplicaciones_web.pdf
- [39] FEPROPAZ. (2023). *Desafíos de la industria agrícola: mano de obra y tecnología*. Obtenido de <https://fepropaz.com/agricultura-y-tech/>
- [40] Furiati, S. (2024). *¿Qué es el teletrabajo y cómo funciona?* Obtenido de <https://payfit.com/es/contenido-practico/que-es-el-teletrabajo/#:~:text=En%20efecto%2C%20el%20teletrabajo%20es,vimos%20forzados%20en%20la%20pandemia>
- [41] Geolnova. (2023). Obtenido de https://geolnova.org/blog-territorio/agricultura-de-precision-en-busca-del-cultivo-mas-productivo/?gad_source=1&gclid=CjwKCjwKCAjwko21BhAPEiwAwfaQCD5EHMJ3o5mKT5Tj6wfhQhA9xHrnJUEacOKFTDeOvclcUZMvju7ntxoCTdIQAvD_BwE
- [42] GobChile. (2009). Estudio de Alcance de la agricultura de precisión en Chile. Obtenido de <https://www.odepa.gob.cl/wp-content/uploads/2009/07/AgriculturaDePrecision.pdf>
- [43] Gonzales, A. (2016). Drones Aplicados a la agricultura de precisión. *10*.
- [44] Gonzáles, F. (2021). *El potencial de las PYMES*. Obtenido de <https://blogs.gestion.pe/mision-verde/2021/08/el-potencial-de-las-pymes.html>
- [45] Guillen, E. (2023). *Abrazando la Sostenibilidad y Trazabilidad*. Obtenido de <https://farmable.tech/es/blog/sostenibilidad-trazabilidad-agricultura/>
- [46] HEMAV. (2024). *Big data en la agricultura: revolucionando cultivos con análisis*. Obtenido de <https://hemav.com/blog/big-data-en-la-agricultura/>
- [47] Hualpa, A. (2023). Trazabilidad en el sector agrícola: una revisión para el periodo 2017 – 2022. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/437/43774024012/43774024012.pdf>
- [48] Hurtado, E., & LLanos, J. (2021). *Sistema de control de asistencia a estudiantes mediante carnet virtual con código QR*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá D.C - Colombia. Obtenido de <https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/26731>

- [49] 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>
- [50] Internacionales. (2023). *Nuevas tecnologías para tratamiento de aguas residuales*. Obtenido de <https://uni.edu.gt/noticias/tratamiento-aguas-residuales/>
- [51] ISAM. (2024). *5 formas de ahorrar agua en agricultura*. Obtenido de <https://isam.education/5-formas-de-ahorrar-agua-en-agricultura/>
- [52] JACTO. (2023). Obtenido de <https://bloglatam.jacto.com/como-usar-gps-agricola/>
- [53] Jiménez, G. (2018). *Sistema web de control de asistencia basado en web services y la biometría de huella dactilar para las instituciones educativas*. Tesis de grado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima - Perú. Obtenido de <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/10179>
- [54] Joyanes, L. (2013). *Big Data, Analisis de grandes volúmenes de datos en organizaciones*. España: [Barcelona]: Marcombo, D.L. 2013. Obtenido de <https://www.iberlibro.com/BIG-DATA-An%C3%A1lisis-grandes-vol%C3%BAmenes-datos/19390663210/bd>
- [55] Joyanes, L. (2013). *BigData*. Mexico: AlfaOmega.
- [56] KAMATA. (2019). *BBC*. Obtenido de <https://www.bbc.com/mundo/noticias-49784511>
- [57] KREIMER. (2003).
- [58] 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=S0718-34292011000100009
- [59] Learning_heroes. (2024). *Tecnología en Agricultura de Precisión: ¿Cómo Funciona?* Obtenido de <https://www.learningheroes.com/aprende-sobre-tecnologias-disruptivas/agricultura-de-precision-usando-la-tecnologia-para-alimentar-al-mundo>
- [60] Leija, L. (2009). *Metodos de procesamiento avanzado e Inteligencia artificial en sistemas sensores y biosensores*. Barcelona: Reverte.
- [61] Márquez, L. (2023). *Control de asistencia: ¿Qué es y para qué sirve?* Obtenido de <https://www.geovictoria.com/es-mx/blog/recursos-humanos/control-de-asistencia-que-es/>
- [62] MIDAGRI. (2024). Obtenido de <https://www.midagri.gob.pe/portal/22-sector-agrario/vision-general/190-problemas-en-la-agricultura-peruana?start=3>
- [63] MINTRA. (2021). *Decreto Supremo N.º 014-2021-TR: Decreto Supremo que modifica el Reglamento de la Ley General de Inspección del Trabajo, aprobado mediante Decreto Supremo N.º 019-2006-TR*. Obtenido de <https://www.gob.pe/institucion/mtpe/normas-legales/2004405-014-2021-tr>
- [64] Mundo_Agropecuario. (2023). *Mundo agropecuario La agricultura inteligente en China se ha convertido en una práctica común*. Obtenido de <https://mundoagropecuario.com/la-agricultura-inteligente-en-china-se-ha-convertido-en-una-practica-comun/>
- [65] Naylamp. (2024). Obtenido de <https://naylampmechatronics.com/sensores-temperatura-y-humedad/47-sensor-de-humedad-de-suelo-fc-28.html>
- [66] NETAFIM. (2023). *Importancia de los sensores de humedad para diseñar una estrategia de riego exitosa*. Obtenido de <https://www.netafim.pe/blog/importancia-de-los-sensores-de-humedad-para-disenar-una-estrategia-de-riego-exitosa/#:~:text=El%20sensor%20de%20humedad%20Delta,del%20d%C3%ADa%20en%20tiempo%20real>
- [67] OCU. (2022). *Códigos QR: qué son y para qué sirven*. Obtenido de <https://www.ocu.org/tecnologia/telefono/noticias/codigos-qr-que-son-y-para-que-sirven576294>
- [68] Orozco, M. A., & Cerezo, S. M. (2019). *Propuesta de mejora para el control de acceso de los estudiantes al Crai de la Universidad Estatal de Milagro por medio de la lectura de códigos QR en carnets estudiantiles*. Universidad Estatal de Milagro, Milagro - Ecuador. Obtenido de <https://repositorio.unemi.edu.ec/handle/123456789/4808>
- [69] Ortiz, L. (2024). *agricultura de conservación*. Obtenido de <https://www.hydrobit.ag/blog/agricultura-de-precision-y-agricultura-de-conservacion>
- [70] Osio, L. (2010). *El Teletrabajo: Una opción en la era digital*. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/3252786.pdf>
- [71] Palomino, D. C. (2023). *Implementación de un sistema de registro de usuarios temporales*

- utilizando código QR para mejorar el control de acceso a una institución privada. Tesis de grado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima - Perú. Obtenido de <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/19649>
- [72] Peña-Rojas, A. (2014). La aplicación de la inteligencia artificial al control de procesos es cada vez mayor, ejemplo de.
- [73] Perez, A. (2015). Redes neuronales artificiales para estimar el contenido de nitrógeno en plantas leguminosas. *Revista Ciencia e Ingeniería*, 36(2), 85-92.
- [74] Peruano. (2022). *Sunafil: Normativa sociolaboral no obliga consignar la hora de salida e ingreso por el tiempo de refrigerio*. Obtenido de <https://www.elperuano.pe/noticia/163443-sunafil-normas-no-exigen-anotar-salidas-por-refrigerio>
- [75] PortalFruticola. (2021). *PortalFruticola*. Obtenido de <https://www.portalfruticola.com/noticias/2021/06/15/los-nuevos-robots-agricolas-eliminarian-las-malas-hierbas-con-electricidad/>
- [76] Proxima. (febrero de 2019). *Que es la agricultura 4.0*. Obtenido de <https://www.proximasystems.net/agricultura/que-es-la-agricultura-4-0/>
- [77] RawData. (2024). *Trazabilidad agraria: definición e importancia en la cadena alimenticia*. Obtenido de <https://agrawdata.com/blog/trazabilidad-agraria-definicion/>
- [78] Ríos, M. (2023). *Horas extras: ¿cómo se calcula el pago y quiénes quedan excluidos?* Obtenido de <https://gestion.pe/mix/vida-laboral/pago-de-horas-extras-en-peru-como-se-calcula-el-monto-y-que-tipo-de-trabajadores-quedan-excluidos-horario-laboral-jornada-laboral-noticia/>
- [79] Rocha_de_Moraes, C. (SN). *AGRICULTURA DE PRECISIÓN EN BRASIL. VII Congreso de Estudiantes Universitarios de Ciencia, Tecnología e Ingeniería Agronómica*. Obtenido de https://oa.upm.es/42094/1/INVE_MEM_2015_225973.pdf
- [80] Salazar, N., & Espinoza, J. C. (2018). *Implementación de un sistema con código QR para optimizar el control de asistencia de alumnos, en la UAP sede Huánuco*. Universidad de Huánuco, Huánuco - Perú. Obtenido de <http://repositorio.udh.edu.pe/handle/123456789/945>
- [81] Santos, J. (2022). *Código QR: Todo lo que necesitas saber*. Obtenido de <https://www.deltaprotect.com/blog/codigo-qr-que-es>
- [82] SERVILUZ. (2024). El impacto de la digitalización en el empleo agrícola en Ucrania y Eslovaquia. *Revista Universidad de Zulia*, 15(42). Obtenido de <https://produccioncientificaluz.org/index.php/rluz/article/view/41344>
- [83] solutekcolombia. (2016). *Implementación códigos QR*. Obtenido de https://www.solutekcolombia.com/servicios_tecnologicos/implementacion/codigos_qr.htm
- [84] Tienda. (2023). *Sensor de Humedad de Suelo FC-28*. Obtenido de <https://angelmicelti.github.io/VilladiegoSTEAM/invernadero/sensor-de-humedad-de-suelo-fc28.pdf>
- [85] Torres, E. (2019). *Implementación de un sistema de control de asistencia con código QR para la institución educativa Ricardo Palma – Carhuaz; 2019*. Tesis de grado, Universidad Católica los Ángeles de Chimbote (ULADECH), Chimbote - Perú. Obtenido de <https://repositorio.uladech.edu.pe/handle/20.500.13032/14434>
- [86] UCM. (2020). *Los desafíos que plantea la agricultura de precisión para Chile*. Obtenido de <https://portal.ucm.cl/noticias/los-desafios-plantea-la-agricultura-precision-chile>
- [87] UDL. (2010). *Cómo obtener y qué hacer con los mapas de colores*. La Universidad de Lérica. Obtenido de https://www.google.com/search?q=Creaci%C3%B3n+de+mapas+de+cosecha&client=firefox-b-d&ei=Lk2_ZJjfDazC5OUPk7i-0Ao&ved=0ahUKEwiYrrq7gKmAAxUsIbkGHROcD6oQ4dUDCA4&uact=5&oq=Creaci%C3%B3n+de+mapas+de+cosecha&gs_lp=Egxnd3Mtd2l6LXNlcnA iHUNyZWJfacOzbiBkZSBtYXBhcyBk
- [88] Vega, A. (2023). *El teletrabajo en el Perú. Evolución Normativa*. Obtenido de <https://lpderecho.pe/el-teletrabajo-en-el-peru-evolucion-normativa/>
- [89] Verand, M. (2023). *SERVICIOS DE AGRICULTURA DE PRECISIÓN APLICADOS A CULTIVOS DE AGROEXPORTACIÓN EN LA COSTA PERUANA*. Lima. Obtenido de <https://repositorio.lamolina.edu.pe/items/311096dd-ac2c-426e-b087-622054b86d48>

- [90] Winpenny, J. (2013). *Reutilización del agua en la agricultura: ¿Beneficios para todos?* Roma.
- [91] WISSE. (2022). *Las barreras de entrada a la agricultura de precisión*. Obtenido de <https://www.wiseagrotechnology.net/b/las-barreras-de-entrada-a-la-agricultura-de-precision>
- [92] YePLY. (2022). *Las nuevas tendencias y los retos de la Agricultura 4.0*. Obtenido de <https://www.yeeply.com/blog/tendencias-y-retos-agricultura-4-0/>

Fuentes de financiamiento:

Propia.

Conflictos de interés:

Los autores declaran no tener conflictos de interés.

Contribuciones de autoría:

Augusto Cortez-Vásquez: formulación de objetivos y problemática, estructuración de artículo. Revisión de técnicas y herramientas.

Luzmila Pro-Concepción: Revisión de literatura, inmersión en tecnología existente.

Néstor Mamani-Macedo: revisión de literatura, revisión de tecnología existente.

Pablo Lozada López: revisión de literatura, revisión estado del arte.

Jaime Pariona Quispe: revisión de literatura, revisión de equipos y herramientas de IA.