



Algoritmos y su efecto en la agricultura: automatización de procesos

Algorithms and their effect on agriculture: process automation

Sánchez-Calle, Jeison Elí ^{1*}

Castillo-Armas, Gian Poll¹

¹Universidad Peruana Unión, Tarapoto, Perú

Recibido: 22 May. 2022 | **Aceptado:** 23 Jun. 2022 | **Publicado:** 20 Jul. 2022

Autor de correspondencia*: jeisonsanchez@upeu.edu.pe

Cómo citar este artículo: Sánchez-Calle, J. E. & Castillo-Armas, G. P. (2022). Algoritmos y su efecto en la agricultura: automatización de procesos. *Revista Científica de Sistemas e Informática*, 2(2), e386. <https://doi.org/10.51252/rcsi.v2i2.386>

RESUMEN

La Inteligencia Artificial emerge como parte esencial de la evolución tecnológica de la agroindustria, teniendo como objetivo brindar al productor información precisa para la toma de decisiones. El propósito del artículo de revisión bibliográfica es dar a conocer cuáles son los algoritmos aplicados en diversos estudios y analizar su efecto en la agricultura, teniendo en cuenta evidencias empíricas de diversas investigaciones. Se revisaron artículos científicos publicados en las bases de datos Scopus, Scielo, Directory of Open Access Journals (DOAJ), ScienceDirect, Latindex y Google académico, utilizando el gestor de búsqueda de referencias Mendeley. Se seleccionaron 40 artículos basados en los criterios de relación con el tema, nivel de impacto y año de publicación en los últimos cinco años. Se concluye que países como India, Colombia y Perú implementaron la inteligencia artificial inmersos en sus políticas orientadas a la producción agrícola, con las cuales han logrado posicionarse como referentes con altos niveles de productividad y competitividad.

Palabras clave: agricultura; automatización; algoritmos; inteligencia artificial; TI

ABSTRACT

Artificial Intelligence emerges as an essential part of the technological evolution of agribusiness, with the objective of providing the producer with accurate information for decision making. The purpose of the bibliographic review article is to present the algorithms applied in various studies and analyze their effect on agriculture, taking into account empirical evidence from various investigations. Scientific articles published in the Scopus, Scielo, Directory of Open Access Journals (DOAJ), ScienceDirect, Latindex and Google Scholar databases were reviewed, using the Mendeley reference search engine. 40 articles were selected based on the criteria of relationship with the topic, level of impact and year of publication in the last five years. It is concluded that countries such as India, Colombia and Peru implemented artificial intelligence immersed in their policies aimed at agricultural production, with which they have managed to position themselves as benchmarks with high levels of productivity and competitiveness.

Keywords: farming; automation; algorithms; artificial intelligence; IT



1. INTRODUCCIÓN

La agricultura es el pilar fundamental de la economía mundial, entre ellos Perú (Del Carpio Gallegos & Miralles, 2019). Factores como el cambio climático y el crecimiento de la población impulsan buscar soluciones innovadoras que mejoren el rendimiento de los cultivos (Calle Yunis et al., 2020; León et al., 2020). La Inteligencia Artificial emerge como parte esencial de la evolución tecnológica de la agroindustria (Armas Morales, 2021), teniendo como objetivo brindar al productor información precisa para la toma de decisiones (Parody Zuleta & Zapata Sanjuan, 2018). Las nuevas tecnologías son parte de la solución para lograr la productividad (Ribeiro de Oliveira et al., 2019), al procesar variables, interpretar los escenarios, simular contextos y realizar prospectivas logrando así hacer el uso más eficiente de los recursos (Ramírez Gómez, 2020).

La Inteligencia artificial logrará que el sector agrario duplique su producción de manera sustentable (Oliveira Ivo et al., 2020), teniendo como estrategia clave el agrupamiento de la biotecnología, la robótica, el Big Data, la simulación y la geoestadística (Cuberlo de la Rosa et al., 2018; Rodriguez et al., 2021).

La clasificación de aprendizaje automático se ha convertido en un foco principal de la teledetección (Bonilla-Castillo et al., 2018; Bonilla Paz et al., 2018; Larios-Francia, 2017). En definición, para Narciso Horna & Manzano Ramos (2021), los algoritmos son bloques de código que exploran y analizan conjuntos de datos complejos y buscan significado en ellos. Cada algoritmo sigue un proceso de instrucciones para lograr un objetivo (Luo et al., 2015), es decir, establecen y detectan patrones para hacer predicciones y clasificar información (Chucos Baquerizo & Vega Ventoncilla, 2022; Mejia et al., 2018; Mejía González et al., 2021).

Los algoritmos más utilizados en el sector agrícola son: árboles de decisión, máquinas de soporte vectorial, métodos bayesianos, redes neuronales y métodos de regresión (Perret et al., 2020; Porrás-Rivera & Rodríguez-Pulido, 2019 & Rodriguez et al., 2021). Ejemplo de ello, para encontrar tipos de suelos, tipos de peces o plantas. Las técnicas más utilizadas son: algoritmo K-means para análisis de clustering, algoritmo Apriori para la creación de reglas de asociación y correlaciones para el análisis de factores (Paccioletti et al., 2020; Zárate M. et al., 2018).

En Perú, la exportación del arándano es una de las actividades agroindustriales que más ha crecido en la última década (Piñeiro Antelo et al., 2018). Sin embargo, las empresas locales aún presentan dificultades con la automatización de sus procesos (Cervantes-Santiago et al., 2015; Sierralta Chichizola et al., 2016; Martínez-Yáñez et al., 2018), destacando entre ellos la deficiencia en la selección de las frutas, la cual de realizarse inadecuadamente generaría pérdidas en la producción (Rubin de Celis et al., 2021).

La presente revisión tuvo como objetivo identificar cuáles son los algoritmos aplicados en diversos estudios y analizar su efecto en la agricultura, teniendo en cuenta evidencias empíricas de diversas investigaciones, con la finalidad de recopilar información relevante, y generar un artículo con base científica que pueda ser de gran ayuda para que cualquier investigador, tenga en cuenta y pueda implantar soluciones informáticas.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

La revisión bibliográfica se realizó a partir de la combinación de operadores booleanos y almacenamiento de artículos de revistas de alto impacto en Scopus, Scielo, Directory of Open Access Journals (DOAJ), ScienceDirect, Latindex y Google académico. Se utilizó el gestor de búsqueda de referencias bibliográficas Mendeley, se seleccionaron 40 artículos basados en los criterios de relación con el tema, nivel de impacto y año de publicación en los últimos 5 años.

En la Tabla 1 se presenta la distribución de los artículos consultados por año y palabra clave, en las columnas se describen las 5 palabras clave utilizadas: random forest, KNN y decision Tree, SVM y naive bayes, j48, REP y LMT, y en las filas, los años de publicación.

Tabla 1. Distribución de artículos consultados por año y palabra clave

Año de publicación	Random forest	KNN y Decision Tree	SVM y naive bayes	J48, REP, LMT
2022	3	3	2	2
2021	3	2	3	2
2020	2	2	2	-
2019	-	3	2	2
2018	2	-	3	2
Totales	10	10	12	8

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de la búsqueda se dispusieron en un orden relacionado con los algoritmos y su efecto en la agricultura, sin que necesariamente tengan un vínculo con su ponderación.

3.1. Inteligencia artificial en el Perú

En el 2020, la Presidencia del Consejo de Ministros (PCM) junto con un grupo de expertos inició la elaboración de la estrategia nacional para aprovechar y usar la inteligencia artificial en el desarrollo del país (Zafra Trelles et al., 2018). No obstante, aún hay muchos retos y brechas por superar. Algunos de los principales desafíos que deben superarse son la reducida oferta laboral en comparación con otros países, bajos incentivos salarial (Herrera, 2017).

3.2 Algoritmos eficientes en la agricultura

Con el fin de realizar una evaluación sistemática, se ha elaborado la tabla 2, en la que se hace una recopilación de las investigaciones que han utilizado determinados algoritmos y cuál ha sido su efecto en la agricultura.

Tabla 2. Algoritmos y su efecto en la agricultura

País	Algoritmo	Metodología	Efecto en la agricultura
Perú	Random forest (León et al., 2020)	Implementación de visión por computador con imágenes captadas por un dron Mavic2 Zoom. Utilizó librerías, como: OpenCV, que contiene algoritmos para la detección de objetos y segmentación; Numpy, para el análisis matricial y Machine Learning, para su clasificación.	Se clasificó y verificó el estado de infestación de plagas en las hojas de palto, obteniendo un porcentaje promedio de precisión de 100%; se implementó la visión artificial y se detectó la infestación de plagas bicho de cesto y araña roja.
Colombia	KNN y Decision Tree (Ramirez Gómez, 2020)	Propone un modelo de Machine Learning para predecir el estado de la cosecha a partir de información de consumo de pesticidas y otras variables del cultivo, para lo cual se sigue la metodología de machine Learning, la cual consiste en cuatro pasos que son: Pre procesamiento y análisis de la información, separación de los datos de entrenamiento, test y validación;	Al comparar los dos métodos el árbol de decisión presenta un mejor desempeño ya que logra obtener un mejor ajuste, adicionalmente, lo logra con un coste computacional significativamente menor por lo cual se puede decir que es el mejor modelo para la predicción durante esta primera ronda de comparación.

Perú	SVM y naive bayes (Baquerizo & Vega Ventocilla, 2022)	Desarrollar un modelo de Machine Learning para clasificación de imágenes satelitales en la amazonia peruana. Realizar el entrenamiento del modelo de clasificación, configurando en el entorno de Python en Jupyter Notebook, evaluar la precisión de los modelos en cada caso de clasificación	Kmeans, no garantiza una clasificación robusta y tiene limitaciones en la clasificación de coberturas en imágenes satelitales. Algoritmo SVM y naive bayes presentaron mejor precisión de 0.909 en comparación con el algoritmo de árbol de decisión 0.864 y kmeans.
India	J48, Random forest, REP, LMT (Espinoza Mina, 2018)	Implementación del sistema de predicción del rendimiento de los cultivos mediante el uso de técnicas de minería de datos.	Naïve Bayes es el algoritmo más utilizado por los autores de los estudios valorados de la herramienta Weka, le sigue J48, en menor proporción, pero con buenos resultados en su uso.

En el caso específico del sector agrícola peruano, que carece de tecnología en sus procesos (Angón et al., 2019); según Chucos Baquerizo & Vega Ventocilla (2022), son escasas las empresas que utilizan inteligencia artificial o tecnología relacionada a ello; razón por la cual Armas Morales (2021), enfatiza que amerita la incorporación de estas tecnologías, primordialmente en la costa de Perú donde se centra la mayor cantidad de empresas industriales (Crispín-Sánchez et al., 2019). Es importante recalcar que la incorporación de la inteligencia artificial ha permitido a grandes países posicionarse como pioneros en el sector con altos índices de producción (Ramírez Gómez, 2020; Rojas-Vilcahuaman et al., 2019).

En base a la tabla 2, podemos afirmar que existen algoritmos que son eficientes en la agricultura, puesto que optimizan los procesos y permiten lograr que la producción sea más eficiente (Parody Zuleta & Zapata Sanjuan, 2018).

Tomando en consideración los estudios de la Tabla 2, el área agrícola busca en la Inteligencia artificial una alternativa para mejorar los métodos y estrategias de cultivo (León et al., 2020). Naive Bayes es el algoritmo más utilizado por los autores, le sigue J48, en menor proporción, pero con buenos resultados. En su uso también se destacan los algoritmos decision Tree, random forest y Support Vector Machine (SMV).

4. CONCLUSIONES

A partir de esta revisión, se encontró que a nivel mundial países como India, Colombia y Perú implementaron la inteligencia artificial inmersos en sus políticas orientadas a la producción agrícola, con las cuales han logrado posicionarse como referentes con altos niveles de productividad y competitividad.

El presente estudio sostiene que algoritmos como: Naive Bayes, J48, decisión Tree, random forest y Support Vector Machine son los más utilizados en investigaciones agrícolas dado a su eficiencia y efectividad. Sin duda, estos algoritmos analizados fueron exitosos dado a su previo análisis antes de su implementación; es decir, analizar el campo y objeto de estudio a fin de asegurar el éxito en su implementación.

FINANCIAMIENTO

Ninguno.

CONFLICTO DE INTERESES

No existe ningún tipo de conflicto de interés relacionado con la materia del trabajo.

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Conceptualización: Sánchez-Calle, J. E.; Castillo-Armas, G. P.

Curación de datos: Sánchez-Calle, J. E.; Castillo-Armas, G. P.

Análisis formal: Sánchez-Calle, J. E.

Investigación: Sánchez-Calle, J. E.; Castillo-Armas, G. P.

Metodología: Sánchez-Calle, J. E.; Castillo-Armas, G. P.

Supervisión: Castillo-Armas, G. P.

Redacción - borrador original: Sánchez-Calle, J. E.; Castillo-Armas, G. P.

Redacción - revisión y edición: Sánchez-Calle, J. E.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Angón, E., Castillejo, L., Rodríguez, J., González, A., Molina, D., Cueva, T., & García, A. (2019). Fry growth modelling in *Cichlasoma festae* (Cichlidae) with Biobloc technology (BFT). *Ciencia Veterinaria*, 21(2), 43–54. <https://doi.org/10.19137/cienvet-201921203>
- Armas Morales, C. E. (2021). La Inteligencia Artificial en empresas peruanas e impactos laborales en los trabajadores. *Iberoamerican Business Journal*, 5(1), 83–105. <https://doi.org/10.22451/5817.ibj2021.vol5.1.11053>
- Baquerizo, N. C., & Vega Ventocilla, E. (2022). Evaluación de algoritmos de machine learning en la clasificación de imágenes satelitales multiespectrales, caso: Amazonia Peruana Evaluation of machine learning algorithms in the classification of multispectral satellite images, case: Peruvian Amazon. *Ciencia Latina*, 6(1), 4946–4963. https://doi.org/https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i1.1843
- Bonilla-Castillo, C. A., Córdoba, E. A., Gómez, G., & Duponchelle, F. (2018). Population dynamics of *Prochilodus nigricans* (Characiformes: Prochilodontidae) in the Putumayo River. *Neotropical Ichthyology*, 16(2). <https://doi.org/10.1590/1982-0224-20170139>
- Bonilla Paz, B. L., Montoya Bonilla, B., Gómez, J., & Caja, Á. (2018). Efecto de la Temperatura sobre el Crecimiento de Tilapia (*Oreochromis* sp) en Mamá Lombriz, Vereda Rio Blanco, Popayán, Colombia. *Teknos Revista Científica*, 24–30. <https://doi.org/10.25044/25392190.922>
- Calle Yunis, C. R., Salas López, R., Cruz, S. M. O., Barboza Castillo, E., Silva López, J. O., Iliquín Trigos, D., & Briceño, N. B. R. (2020). Land Suitability for Sustainable Aquaculture of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) in Molinopampa (Peru) Based on RS, GIS, and AHP. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 9(1), 28. <https://doi.org/10.3390/ijgi9010028>
- Cervantes-Santiago, A., Hernández-Vergara, M. P., & Pérez-Rostro, C. I. (2015). Aprovechamiento de metabolitos nitrogenados del cultivo de tilapia en un sistema acuapónico. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 3(7), 63–73. <https://doi.org/10.19136/ERA.A3N7.667>
- Chucos Baquerizo, N., & Vega Ventoncilla, E. J. (2022). Evaluación de algoritmos de machine learning en la clasificación de imágenes satelitales multiespectrales, caso: Amazonia Peruana. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(1), 4946–4963. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i1.1843
- Crispín-Sánchez, F., Porturas, R., & Vásquez, W. (2019). Effect of organic acids on the presence of *Salmonella* spp. in fishmeal. *Agroindustrial Science*, 9(2), 139–144. <https://doi.org/10.17268/agroind.sci.2019.02.06>
- Cuberlo de la Rosa, M., Piñeiro Morejon, I., & Ramos Miranda, F. E. (2018). La gestión del conocimiento

- como base de la innovación tecnológica: la creación de nuevos productos en la Empresa Pesquera Industrial de Cienfuegos. *La Gestión Del Conocimiento Como Base de La Innovación Tecnológica: La Creación de Nuevos Productos En La Empresa Pesquera Industrial de Cienfuegos*, 10(4), 227–230. <https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/view/1017>
- Del Carpio Gallegos, J. F., & Miralles, F. (2019). Análisis cualitativo de los determinantes de la innovación en una economía emergente. *Retos*, 9(17), 161–175. <https://doi.org/10.17163/ret.n17.2019.10>
- Herrera, J. (2017). Pobreza y desigualdad económica en el Perú durante el boom de crecimiento: 2004-2014. *Revue Internationale de Politique de Développement*, 9. <https://doi.org/10.4000/poldev.2518>
- Larios-Francia, R. P. (2017). Estado actual de las mipymes del sector textil de la confección en Lima. *Ingeniería Industrial*, 035, 113. <https://doi.org/10.26439/ing.ind2017.n035.1795>
- León, R., Díaz, M., & Rodríguez, L. (2020b). Management of an artificial vision system for the detection of damage caused by pests in avocado crop using a drone. *Revista Ciencia y Tecnología*, 16(4), 145–151. <https://doi.org/10.17268/rev.cyt.2020.04.14>
- Luo, S., Li, X., Wang, D., Li, J., & Sun, C. (2015). Automatic Fish Recognition and Counting in Video Footage of Fishery Operations. *2015 International Conference on Computational Intelligence and Communication Networks (CICN)*, 296–299. <https://doi.org/10.1109/CICN.2015.66>
- Martínez-Yáñez, A. del R., Albertos-Alpuche, P. J., Guzman-Mendoza, R., Robaina-Robaina, L. E., Alvarez-Gonzalez, A., & Diaz-Plascencia, D. (2018). Production and chemical composition of hydrophytes cultivated in aquaponics. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 5(14), 247–257. <https://doi.org/10.19136/era.a5n14.1447>
- Mejia, B., Salas, A., & Kemper, G. (2018). An Automatic System Oriented to Counting and Measuring the Geometric Dimensions of Gray Tilapia Fingerlings Based on Digital Image Processing. *2018 IEEE XXV International Conference on Electronics, Electrical Engineering and Computing (INTERCON)*, 1–4. <https://doi.org/10.1109/INTERCON.2018.8526426>
- Mejía González, J. J., Zapata Gil, S. A., León Serna, S., Buriticá Isaza, N., González Jaramillo, D. A., & Zamora Vélez, J. M. (2021). Construcción de prototipo de CANSAT para toma de imágenes aéreas para detección de zonas de vegetación en agricultura de precisión. *Ciencia y Poder Aéreo*, 16(2), 11–28. <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderaereo.709>
- Narciso Horna, W. A., & Manzano Ramos, E. A. (2021). Sistema de visión artificial basado en redes neuronales convolucionales para la selección de arándanos según estándares de exportación. *Campus*, 26(32), 155–166. <https://doi.org/10.24265/campus.2021.v26n32.01>
- Oliveira Ivo, I., Sacardi Biudes, M., Gomes Machado, N., Fabricio dos Santos, L. O., & Lopes Pedreira Junior, A. (2020). Parâmetros Biofísicos de Diferentes Tipos de Cobertura do Solo em uma área de Cerrado no Sul de Mato Grosso. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 35(1), 111–122. <https://doi.org/10.1590/0102-7786351021>
- Paccioretti, P., Córdoba, M., & Balzarini, M. (2020). Desarrollo de un software para mapeo de variabilidad espacial en agricultura y ambiente. *AgriScientia*, 37(1), 75–84. <https://doi.org/10.31047/1668.298x.v37.n1.27863>
- Parody Zuleta, A. M., & Zapata Sanjuan, E. de J. (2018). Agricultura de precisión en Colombia utilizando teledetección de alta resolución. *Suelos Ecuatoriales*, 48(1–2), 41–49. http://unicauca.edu.co/revistas/index.php/suelos_ecuatoriales/article/view/94

- Perret, J., Villalobos Leandro, J. E., Abdalla Bolaños, K., Fuentes Fallas, C. L., Cuarezma Espinoza, K. M., Macas Amaya, E. N., López Maietta, M. T., & Drewry, D. (2020). Desarrollo de métodos de análisis de espectroscopia y algoritmos de aprendizaje automático para la evaluación de algunas propiedades del suelo en Costa Rica. *Agronomía Costarricense*. <https://doi.org/10.15517/rac.v44i2.43108>
- Piñeiro Antelo, M. de los Á., Durán Villa, F. R., & Santos, X. M. (2018). Inmigración peruana y pesca en el puerto de Cambados (Galicia): una perspectiva de género. *Boletín de La Asociación de Geógrafos Españoles*, 76, 218. <https://doi.org/10.21138/bage.2521>
- Porras-Rivera, G., & Rodríguez-Pulido, J. A. (2019). Comparación y Caracterización Morfométrica del Híbrido (*Pseudoplatystoma metaense* x *Leiarius marmoratus*) y sus Parentales (Siluriformes: Pimelodidae). *International Journal of Morphology*, 37(4), 1409–1415. <https://doi.org/10.4067/S0717-95022019000401409>
- Ramírez Gómez, C. A. (2020). Aplicación del machine learning en agricultura de precisión. *Revista CINTEX*, 25(2), 14–27. <https://doi.org/10.33131/24222208.356>
- Ribeiro de Oliveira, F., Braga França, S. L., & Duncan Rangel, L. A. (2019). Princípios de economia circular para o desenvolvimento de produtos em arranjos produtivos locais. *Interações (Campo Grande)*, 1179–1193. <https://doi.org/10.20435/inter.v20i4.1921>
- Rodríguez, D., Lisboa Rocha, M., De queiroz Trevisan, D. M., De Castro Jorge, L. A., Ferreira, E. J., Prado Osco, L., & Melgaço Barbosa, R. (2021). Aplicando Mineração de Imagens na Agricultura de Precisão. *Revista Cereus*, 13(3), 283–301. <http://ojs.unirg.edu.br/index.php/1/article/view/3572/>
- Rojas-Vilcahuaman, S., Solano, S. A. ., Camayo-Lermo, K. N. ., Vicente-Ramos, W. E. ., & Mejia, C. R. (2019). Innovación Disruptiva: Generación de una encuesta para la medición del potencial y nivel según las características de las empresas exportadoras en 5 departamentos del Perú. *Espacios*, 40(11). <https://cris.continental.edu.pe/en/publications/innovación-disruptiva-generación-de-una-encuesta-para-la-medición>
- Rubin de Celis, E., Cruz Burga, Z. A., Rosot, N. C., Dalla Corte, A. P., & Araki, H. (2021). Cambio de uso de la tierra en la amazonía peruana mediante algoritmos de inteligencia artificial. *Journal of Biotechnology and Biodiversity*, 9(1), 073–084. <https://doi.org/10.20873/jbb.uft.cemaf.v9n1.celis>
- Sierralta Chichizola, V., Mayta Huatucu, E., & León Quispe, J. (2016). Primer Registro de Plesiomonas shigelloides como Patógeno Oportunista de Tilapia Oreochromis niloticus (Linnaeus, 1758) en una Piscigranja de Lima, Perú. *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Perú*, 27(3), 565. <https://doi.org/10.15381/rivep.v27i3.11996>
- Zafra Trelles, A. M., Diaz Barboza, M. E., Davila Gil, F. A., Vela Alva, K. A., & Colchado Colchado, J. P. E. (2018). Catálogo de peces ornamentales en Trujillo, La Libertad-Perú. *Arnaldoa*, 25(2), 757–786. <https://doi.org/10.22497/ARNALDOA.252.25221>
- Zárate M., I., Sánchez P., C., Palomino C., H., & Smith D., C. (2018). Caracterización de la crianza de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en la provincia de Chincheros, Apurímac, Perú. *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Perú*, 29(4), 1310–1314. <https://doi.org/10.15381/rivep.v29i4.15196>