



Investigación Exploratoria de Robots Agrícolas

Exploratory Research of Agricultural Robots

Autores

✉ ***Zambrano Caicedo Andres Fernando** 

✉ **Briones Giler Karen Ivonne** 

✉ **Pinargote Bravo Victor Joel** 

✉ **Alfonso Tomás Loor Vera** 

Carrera de Computación, Escuela
Superior Politécnica Agropecuaria de
Manabí Manuel Félix López, Calceta,
Ecuador.

* Autor para correspondencia

Como citar el artículo: Zambrano
Caicedo, A.F., Briones Giler, K.I.,
Pinargote Bravo, V.J., & Loor Vera, A.T.
(2022). Investigación Exploratoria de
Robots Agrícolas. *Informática y Sistemas:
Revista de Tecnologías de la Informática y
las Comunicaciones*, 6(2), 110-116. DOI:
<https://doi.org/10.33936/isrtic.v6i2.5286>

Enviado: 03/11/2022
Aceptado: 17/12/2022
Publicado: 20/12/2022

Resumen

El presente artículo plantea una propuesta de los conceptos teóricos básicos para el funcionamiento de un prototipo de un robot agrícola inteligente capaz de sembrar en pendientes menores a 45° aplicando las nuevas tecnologías de la Industria 4.0 como lo son la inteligencia artificial, la agricultura de precisión, los robots (agentes inteligentes) y los sensores, realizando una investigación exploratoria para realizar una primera aproximación al objeto de estudio, partiendo de una revisión bibliográfica que brinda una perspectiva más amplia del tema a investigar para elaborar un árbol de problema para así esquematizar los componentes de Hardware y Software necesarios para el prototipo. Una vez que ha sido aplicada la metodología escogida se obtiene como resultado el árbol de problema que muestra las causas y efectos del problema, una matriz REAS que describe los componentes de hardware del prototipo, una lista inicial de algoritmos necesarios para el entrenamiento y posterior funcionamiento del robot, y un modelo en 3D del robot realizado en SketchUp.

Palabras clave: Industria 4.0; robots; agricultura de precisión; inteligencia artificial.

Abstract

This article presents a proposal of the basic theoretical concepts for the operation of a prototype of an intelligent agricultural robot capable of planting on slopes less than 45° applying the new technologies of Industry 4.0 such as artificial intelligence, precision agriculture, robots (intelligent agents) and sensors, conducting an exploratory research to make a first approach to the object of study, starting from a literature review that provides a broader perspective of the subject to investigate to develop a problem tree to outline the hardware and software components needed for the prototype. Once the chosen methodology has been applied, the result is a problem tree that shows the causes and effects of the problem, a REAS matrix that describes the hardware components of the prototype, an initial list of algorithms necessary for the training and subsequent operation of the robot, and a 3D model of the robot made in SketchUp.

Keywords: Industry 4.0; robots; precision agriculture; artificial intelligence.



1. Introducción

El mundo necesita encontrar soluciones a los problemas que hoy le afectan: cambio climático, provisión de alimentos, agua y energía, problemas demográficos, pobreza, entre otros. El descubrimiento y desarrollo de la agricultura permitió un crecimiento demográfico exponencial, por lo que se han desarrollado nuevas técnicas cada vez más eficientes para asegurar la provisión de alimentos. Desde mediados del siglo XVII con la revolución industrial hubo un rápido y masivo aumento de la producción de los alimentos por el amplio mejoramiento de la tecnología.

Según la FAO en su informe del estado de la agricultura y la alimentación 2021 “La pandemia de la enfermedad COVID-19 puso de manifiesto las vulnerabilidades de los sistemas agroalimentarios y dio lugar a una mayor inseguridad alimentaria y malnutrición a nivel mundial. Es necesario adoptar medidas para lograr que los sistemas agroalimentarios sean más resilientes, eficientes, sostenibles e inclusivos” (FAO, 2021).

A nivel mundial, el sector agrícola es el que demanda la mayor cantidad de agua dulce para el desarrollo de sus actividades, lo cual muestra la necesidad inmediata de analizar la demanda hídrica asociada al desarrollo de los cultivos, inclusive los requerimientos de agua de los productos utilizados para favorecer esta actividad económica, y de esta manera formular estrategias que conduzcan hacia el uso óptimo de dicho recurso (Ramírez Rios et al., 2022).

La agricultura cumple un papel fundamental en la mayoría de los países en vías de desarrollo. En el Ecuador es importante por: 1) Representa el 9% del PIB. 2) Concentra una de las mayores participaciones en el empleo de la población económicamente activa (Fiallo Iturralde, 2017).

Los ecosistemas forestales son un componente crítico de la biodiversidad mundial, ya que muchos bosques son más biodiversos que otros ecosistemas. La superficie cubierta por bosques es, por tanto, uno de los indicadores del Objetivo de Desarrollo Sostenible 15 “Vida de ecosistemas terrestres” (FAO & PNUMA, 2020).

Las innovaciones y tecnologías digitales pueden ser parte de la solución a la provisión alimentaria y a la protección de los recursos hídricos. La denominada “cuarta revolución industrial” (Industria 4.0) está causando una rápida transformación en varios sectores debido a innovaciones digitales revolucionarias tales como la tecnología de la cadena de bloques, el Internet de las cosas y la inteligencia artificial. En el sector de la agricultura y la alimentación, la difusión de las tecnologías móviles, los servicios de teledetección y el procesamiento distribuido ya están mejorando el acceso de los pequeños productores a la información, los insumos, los mercados, la financiación y

la capacitación. Los avances digitales están creando nuevas oportunidades para integrar a los pequeños agricultores en un sistema agroalimentario de base digital (Trendov, Varas, & Zeng, 2019).

La digitalización modificará todos los eslabones de la cadena alimentaria, funcionará en tiempo real, de forma interconectada y las decisiones se tomarán en base a datos, mismos que serán obtenidos como producto de la digitalización.

Muchos países del mundo, se estén realizando esfuerzos a nivel de política gubernamental estratégica para difundir las tecnologías y los beneficios que la incorporación de la industria 4.0 y la manufactura inteligente traería a las empresas, especialmente PyMEs, al igual que para su implementación, y como una estrategia nacional para desarrollar ventajas competitivas. (Ynzunza Cortés et al., 2017)

Conocer el nivel de adopción de los agricultores de las nuevas técnicas y tecnologías es de suma importancia para las empresas privadas y los organismos públicos. La adopción de tecnología por parte de los productores es muy variable, dependiendo del grado de instrucción, de la experiencia previa, de la localidad, del sistema de producción en que esté involucrado, del costo que tiene la innovación, su complejidad de aplicación, e inclusive puede estar condicionada por cuestiones culturales, políticas y religiosas. (Vicini, 2000)

Las Industrias y Agricultura Mundial están en proceso de Robotización. Aumentan los Robots agrícolas, los tractores autónomos (sin conductor), con techo solar y crecen los robots agrícolas de cosechas. Se ha encontrado robots cosechadores con 24 manos. La Revolución de la Maquinaria autónoma es dirigida por Inteligencia Artificial. Se ha encontrado tractores autónomos. Los tractores autónomos para plantar y cosechar se aplican más a cultivos extensivos, como el maíz, el trigo, el arroz y el algodón. Los robots Agrícolas son más usados en la recolección de frutas. Se les ha encontrado en los viveros cosechando fresas y manzanas. (Baca & Tito, 2022)

Inteligencia Artificial (IA), es el área de investigación de la cual nacen diferentes desarrollos entre los que se encuentran los agentes inteligentes. El concepto de IA, se refiere al diseño de sistemas informáticos inteligentes, es decir, que poseen las características comúnmente asociadas a la inteligencia humana: comprensión del lenguaje natural, capacidad de solución de problemas y de aprendizaje, razonamiento lógico, entre otros. (Villareal, 2003)

En inteligencia artificial, un agente inteligente (IA) es una entidad autónoma que observa a través de sensores y actúa sobre un entorno utilizando actuadores (es decir, es un agente) y dirige su actividad hacia el logro de objetivos (es decir, es racional). Los agentes inteligentes también pueden aprender o usar el

conocimiento para lograr sus objetivos. (Coloma Garofalo et al., 2020).

El Rendimiento, el Entorno, los Actuadores y los Sensores (REAS) deben especificarse para guiar el diseño de agentes (Benítez, 2017). La matriz REAS es un lenguaje universal para describir a los agentes inteligentes, que son cualquier cosa que puede percibir su entorno mediante sensores y actuar sobre el mediante actuadores y con un rendimiento esperado.

2. Materiales y Métodos

La presente es una investigación exploratoria, el problema analizado es la automatización de un sembrío en áreas que poseen pendientes menores a 45°, que es la relación que existe entre el desnivel y la distancia en horizontal que debemos recorrer. Se expresa normalmente en % o en grados (Ibañez Asensio et al., 2011).

Para cumplir con el objetivo planteado, se parte de la metodología que se estructura de la siguiente manera: 1) Revisión Bibliográfica (Gálvez Toro, 2002), que consiste en obtener información publicada sobre cómo ha sido abordada la dificultad por otros autores; 2) Construcción de un árbol de problemas (Martínez & Fernández, 2008), con la finalidad de establecer la cuestión central, además de sus causas y efectos, esta es una técnica participativa que ayuda a desarrollar ideas creativas para identificar el problema, causas y efectos de una manera estructurada que basado en una consulta bibliográfica previa, ayuda a generar un modelo ordenado de relaciones causales que explican el problema y; 3) Metodología de Desarrollo de Hardware Libre (Camargo Bareño, 2011), donde se establecieron componentes de hardware y software, para el diseño de un prototipo. En este paso se plantean los componentes de Hardware necesarios para dar una solución posible al problema planteado, siguiendo la metodología REAS (rendimiento, entorno, actuadores, sensores), dado que se va a dar una solución mediante el uso de un agente inteligente. De la misma forma se plantean los componentes de software para conseguir el funcionamiento deseado mediante la definición de algoritmos necesarios para el funcionamiento del agente que se representará de manera virtual utilizando la aplicación de SketchUp (Chopra, 2007).

3. Resultados y Discusión

3.1 Revisión Bibliográfica

La revolución agrícola 4.0, también conocida como agricultura 4.0, es un nuevo dispositivo para llevar a cabo las estrategias tradicionales de la empresa agrícola con la ayuda de la tecnología progresiva que incluye la robótica agrícola, la computación en la nube y el internet de las cosas, entre otros. Esta tecnología se caracteriza por el uso de la inteligencia artificial y la automatización de la recopilación de información aplicable para la toma de decisiones, el seguimiento regular de los cultivos y otras técnicas agrícolas tradicionales (Astudillo, 2022).

Agricultura de precisión

La agricultura de precisión (AP) parte de un concepto novedoso que busca optimizar el manejo de la producción agrícola teniendo en cuenta la variabilidad del agroecosistema. De esta manera se forman estrategias para usar los insumos necesarios en la cantidad requerida, en el sitio adecuado y en el momento oportuno como se le conoce en Europa y USA, su desarrollo se basa en tecnologías electrónicas, de telecomunicación y de informática el equipo agrícola especialmente adaptado para la aplicación diferenciada de insumos según las necesidades del cultivo o del suelo. En países tropicales, dada la heterogeneidad de sus agroecosistemas, el concepto de manejo de la variabilidad adquiere plena vigencia, pero se requieren adaptaciones tecnológicas de apropiadas al medio (Leiva, 2003).

Robots Agrícolas

Se espera que unos 10 años, circularán en la agricultura tractores y maquinaria agrícola sin conductores (Tractores Autónomos). Los “Bots” (Robots) ya son aceptados en las industrias y en particular la industria automotriz. Se está hablando de agricultura inteligente e invernaderos inteligentes. Se ha comenzado con drones de regadío, drones de fumigación y drones de siembra. Se presume que la experiencia de comunicación entre los Robots en la Industria se traslade más rápido a la agricultura (Baca & Tito, 2022).

La robotización de la agricultura avanza en los países desarrollados que poseen 90% de la población urbana. En la mayoría de los países desarrollados la mano de obra en el campo no sobrepasa el 5 –10% de la población (Baca & Tito, 2022).

Innovación

Las tecnologías usadas en esta área son las siguientes: Visión artificial, Machine Learning y análisis de datos. Las aplicaciones de la visión artificial en la agricultura van desde asociar propiedades fisiológicas enzimáticas con un perfil RGB, detección temprana de enfermedades, detección de malas hierbas para su eliminación mediante aspersión selectiva o mecánica mediante robots o máquinas automatizadas, detección de frutos para los robots cosechadores, para el autoguiado de tractores y máquinas agrícolas autopropulsadas, etcétera.

Se trata de monitorizar en tiempo real el estado de un cultivo y el manejo que el agricultor tiene sobre el mismo, medir a través de sensores los KPIs claves, procesar los datos en conjunción con los obtenidos de estaciones meteorológicas y ofrecer las conclusiones gracias a un sistema de Ayuda a la Toma de Decisión o (DSS) (Astudillo, 2022).

Sensores

El término sensor hace referencia a cualquier dispositivo que al recibir un impulso o magnitud física convierte a la misma en una señal de voltaje (analógica), esta señal puede ser compartida, procesada en un dispositivo u ordenador. Dichos sensores nos permiten determinar con precisión periódica: la posición de una máquina, la velocidad de desplazamiento, medir la temperatura de un lugar, la condición de sus mecanismos, la fertilidad del suelo, el nivel de vegetación del cultivo entre otros (Rambauth Ibarra, 2022).





3.2. Construcción de un árbol de problemas

Se procedió con la elaboración del árbol de problemas (Figura 1).

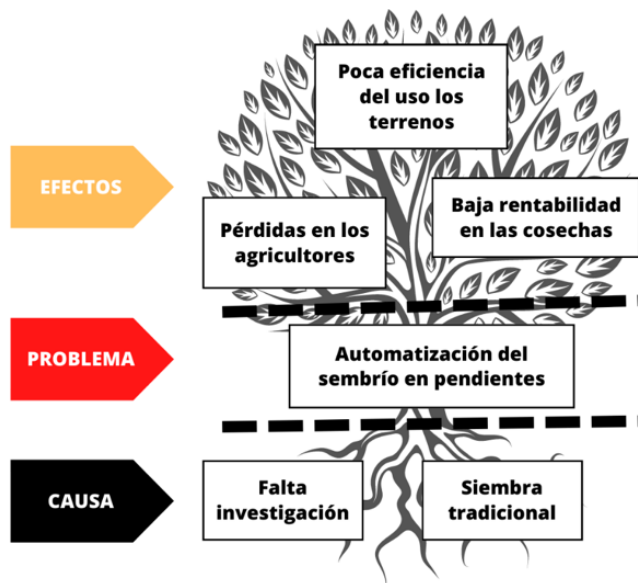


Figura 1. Árbol de problemas.

El uso de esta técnica facilita la identificación de las causas del problema a tratar y de la misma forma los efectos que se producen. Al separar el problema en partes ayuda a mejorar el análisis facilitando la realización de otros componentes de la investigación.

Es una técnica participativa que ayuda a desarrollar ideas creativas para identificar el problema y organizar la información recolectada, generando un modelo de relaciones causales que lo explican. Esta técnica facilita la identificación y organización de las causas y consecuencias de un problema. Por tanto, es complementaria, y no sustituye, a la información de base. El tronco del árbol es el problema central, las raíces son las causas y la copa los efectos. La lógica es que cada problema es consecuencia de los que aparecen debajo de él y, a su vez, es causante de los que están encima, reflejando la interrelación entre causas y efectos (Martínez & Fernández, 2008).

Como resultado de la búsqueda bibliográfica obtuvimos que las nuevas tecnologías ya se aplican en la agricultura, desde tractores autónomos hasta recolectores de fruta automáticos que detectan el estado de la fruta y la cosechan sin apenas tocarla (Fernández, 2019). Sin embargo, la falta de investigación e inversión en la siembra de pendientes ocasiona que las nuevas tecnologías no lleguen a este sector de la agricultura, dando como resultado una baja rentabilidad en las cosechas y pérdidas para los pequeños agricultores.

3.3. Hardware y Software

Una vez definido el problema con sus causas y efectos se procede a plantear una propuesta de tipo computacional, que consiste en la creación de un sistema autónomo, para realizar este proceso, utilizamos la primera fase de la metodología de Hardware Libre que consiste en el diseño. Para esto, se elaboró la matriz REAS dado que es un lenguaje universal para describir a los agentes inteligentes, que son cualquier cosa que puede percibir su entorno mediante sensores y actuar sobre el mediante actuadores en un entorno y con un rendimiento esperado, de ahí vienen las siglas REAS. La elaboración de la matriz tiene dos componentes principales:

1. Componente de Hardware.

Describir los componentes de hardware del agente inteligente mediante una matriz REAS brinda la ventaja de poder visualizar de manera ordenada las características que debe cumplir el agente (Tabla 1). Planteando un rendimiento objetivo y un entorno en el que se va a desenvolver. También permitiendo un análisis a los sensores que percibirán y recopilarán información que luego se procesará para ejecutar la acción deseada con los actuadores.

Tabla 1. Matriz REAS

Tipo Agente	Rendimiento (Meta)	Entorno (Ambiente)	Actuadores (Acciones)	Sensores (Percepciones)
Robot Sembrador Inteligente	Rápido.	Suelo	Piernas robóticas.	Sensor de proximidad.
	Eficaz.	Terrenos de cultivos.		Velocímetro.
	Seguro		Visualizar el terreno.	Niveles de los parámetros del motor.
	Confortable	Semillas		Velodyne puck vlp-16.
	Optimiza el uso del agua.	Hidrogel	Batería	Cámara HD RGB
			Panel solar.	Medidor de distancia
			Compuertas o válvulas (punta sembradora).	Sensor giróscopo.
				GPS
			GPS	Bluetooth
			Bluetooth	Placa de procesamiento.



2. Componente de Software:

En esta sección se plantean:

- Algoritmos de aprendizaje por refuerzo para enseñar al prototipo a desplazarse por la zona, la información se obtendrá mediante una combinación de diferentes fuentes, como lo son sensor LIDAR y de proximidad, giroscopio.
- Sistemas de navegación basados en recolección de nube de puntos provenientes de los sensores LIDAR Velodyne puck vlp-16, proximidad, giroscopio y GPS.
- Algoritmos de clasificación basados en aprendizaje profundo y visión artificial, cuya información se obtendrá de las cámaras RGB y sensor LIDAR, con el objetivo de identificar las características idóneas del suelo para poder sembrar.
- Sistema de comunicación vía Bluetooth hacia una aplicación móvil donde se registrará la actividad continua del agente.

Con la información recopilada por los sensores esta se podrá procesar para conseguir las metas deseadas y planteadas en la matriz REAS. El agente debe cumplir con una funcionalidad básica que es caminar o desplazarse por un entorno, objetivo conseguido mediante los algoritmos de aprendizaje por refuerzo que tiene su origen en la psicología del aprendizaje animal, en la teoría del aprendizaje por prueba y error. Consiste en llevar a cabo una interacción con el entorno, sin necesidad de conocimientos previos o resultados conocidos, salvo el objetivo final del problema y una señal de refuerzo, positiva o negativa, imitando así el aprendizaje humano. (Lascorz Lozano, 2018)

El agente contará con un sistema de navegación basado en la nube de puntos que proviene del sensor LIDAR descrito en la matriz REAS y mediante algoritmos de clasificación podrá determinar las áreas idóneas para realizar la siembra respectiva además de la comunicación hacia una app móvil para el monitoreo del estado del robot durante el proceso de siembra.

Utilizando la aplicación de SketchUp se realizó el modelado 3D del robot donde son visibles los siguientes actuadores: las patas robóticas, los paneles solares y la punta sembradora (Figura 2).

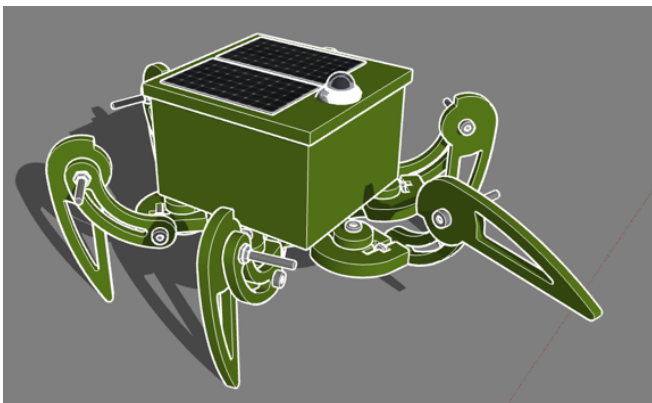


Figura 2. Modelado 3D del Robot

Los sensores descritos en la matriz REAS como el sensor LIDAR Velodyne puck vlp-16, el cual permitirá que el robot sea capaz de “ver”, el sensor escanea el terreno con láser y crea un modelo topográfico de los alrededores que posteriormente el robot podrá procesar y en conjunto con los otros sensores (proximidad, giroscopio, GPS) le permitirá el navegar autónomamente al robot.



Figura 3. Ejemplo de la imagen generada por un sensor LIDAR

4. Conclusiones

La automatización de la siembra en pendientes es un problema muy poco investigado y desarrollado, pese a que las nuevas tecnologías ya se aplican en la agricultura aún no han llegado a este sector específico que sigue trabajando de manera tradicional, dado que se podrían aprovechar mucho mejor los recursos y abaratar costes para los agricultores, uniendo las nuevas tecnologías a la agricultura para asegurar la soberanía alimentaria para los años venideros.

Las tecnologías actuales brindan un mejor panorama para que la agricultura sea mucho más eficiente y autónoma permitiendo así que se pueda asegurar la soberanía alimentaria para los años futuros. Gracias a la Inteligencia artificial, los Sensores, la Agricultura de precisión y los Robots (agentes inteligentes) el porvenir que le depara a la agricultura es prometedor, por eso mediante este trabajo planteando una propuesta muy temprana de ciertos conceptos que deberá tener un robot autónomo capaz de sembrar pendientes se espera generar interés en seguir desarrollando esta propuesta.

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo brindado por Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López y la Carrera de Computación de la misma.

Contribución de los autores

Autor	Contribución
Zambrano Caicedo Andres Fernando	Conceptualización, Metodología, Redacción
Briones Giler Karen Ivonne	Conceptualización, Metodología, Redacción
Pinargote Bravo Victor Joel	Supervisión, Revisión del artículo.
Alfonso Tomás Loor Vera	Supervisión, Revisión del artículo.

Referencias bibliográficas

- Astudillo Troya, W. G. (2022). *Agricultura 4.0 tecnologías empleadas en labores agrotécnicas* [Tesis de Grado, Universidad Técnica de Babahoyo]. <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/13190>
- Baca, V. G., & Tito, R. Z. (2022). Robotización en la Industria y la Agricultura. *Iberoamerican Business Journal*, 6(1), 28-46.
- Benítez, E. (2017). *Inteligencia Artificial* [Archivo PDF]. <https://www.uv.mx/personal/edbenitez/files/2010/09/CursoIA10-I-2.pdf>
- Camargo Bareño, C. (2011). *Metodología para la transferencia tecnológica en la industria electrónica basada en software libre y hardware copyleft*. XVII Workshop de Iberchip, Bogotá, Colombia.
- Chopra, A. (2007). *Google SketchUp for Dummies*. John Wiley & Sons.
- Coloma Garofalo, J. A., Vargas Salazar, J. A., Sanaguano Guevara, C. A., & Rochina Chisag, Á. G. (2020). Inteligencia artificial, sistemas inteligentes, agentes inteligentes. *RECIMUNDO*, 4(2), 16-30. [https://doi.org/10.26820/recimundo/4.\(2\).mayo.2020.16-30](https://doi.org/10.26820/recimundo/4.(2).mayo.2020.16-30)
- FAO & PNUMA. (2020). Ramirez Rios, L. F., Becerra Moreno, D., & Mora Bejarano, C. H. (2022). Huella hídrica verde y azul de la producción de caña de azúcar orgánica en la zona centro del Valle del Cauca. *Ingeniería Y Competitividad*, 24(02), 13. <https://doi.org/10.25100/iyv.24i02.11264> <https://doi.org/10.4060/ca8642es>
- FAO. (2021). *El Estado Mundial de la Agricultura y la Alimentación 2021: Lograr Que Los Sistemas Agroalimentarios Sean Más Resistentes a Las Perturbaciones Y Tensiones*. Roma: <https://doi.org/10.4060/cb4476es>
- Fernández, M. (8 de Julio de 2019). *El robot español que cosecha las fresas de California sin tocarlas*. El Español. https://www.elspanol.com/invertia/disruptores-innovadores/innovadores/20190708/robot-espanol-cosecha-fresas-california-sin-tocarlas/411460078_0.html
- Fiallo Iturralde, J. I. (2017). *Importancia del sector agrícola en una economía dolarizada* [Tesis de Grado, Universidad San Francisco de Quito]. <http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/6807>
- Gálvez Toro, A. (2002). Revisión bibliográfica: usos y utilidades. *Matronas prof.* 3(10). 25-31.
- Ibañez Asensio, S., Gisbert Blanquer, J. M., & Moreno Ramón, H. (2011). *La pendiente del terreno*. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/10776/La%20pendiente%20del%20terreno.pdf>
- Lascorz Lozano, L. L. (2018). *Aprendizaje por Refuerzo Elementos básicos y algoritmos* [Tesis de Grado, Universidad de Zaragoza]. <https://zaguan.unizar.es/record/77772>
- Leiva, F. R. (2003). La agricultura de precisión: una producción más sostenible y competitiva con visión futurista. *VIII Congreso de la Sociedad Colombiana de Fitomejoramiento y Producción de Cultivos*. 997-1006.
- Martínez, R., & Fernández, A. (2008). *Árbol de problema y áreas de intervención*. Cepal.
- Rambauth Ibarra, G. E. (2022). Agricultura de Precisión: La integración de las TIC en la producción Agrícola. *Computer and Electronic Sciences: Theory and Applications*, 3(1), 34-38. <https://doi.org/10.17981/cesta.03.01.2022.04>
- Ramirez Rios, L. F., Becerra Moreno, D., & Mora Bejarano, C. H. (2022). Huella hídrica verde y azul de la producción de caña de azúcar orgánica en la zona centro del Valle del



- Cauca. *Ingeniería Y Competitividad*, 24(02), 13. <https://doi.org/10.25100/iyv.v24i02.11264>
- Trendov, N., Varas, S., & Zeng, M. (2019). *TECNOLOGÍAS DIGITALES EN LA AGRICULTURA Y LAS ZONAS RURALES DOCUMENTO DE ORIENTACIÓN*. FAO. <https://www.fao.org/3/ca4887es/ca4887es.pdf>
- Vicini, L. (2000). Adopción de tecnología agrícola. *Horizonte Agroalimentario*, 10-13.
- Villarreal, G. (2003). Agentes inteligentes en educación. *EduTec. Revista Electrónica De Tecnología Educativa*, (16). a035. <https://doi.org/10.21556/edutec.2003.16.540>
- Ynzunza Cortés, C. B., Izar Landeta, J. M., Bocarando Chacón, J. G., Aguilar Pereyra, F., & Larios Osorio, M. (2017). El Entorno de la Industria 4.0: Implicaciones y Perspectivas Futuras. *Conciencia Tecnológica*, (54),. <https://www.redalyc.org/journal/944/94454631006/94454631006.pdf>
- Zúñiga, D., & Mendoza, R. (2021). *Gestión y manejo del agua en la agricultura*. Red COMAL- IICA. <https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/19866/CDHN22038298e.pdf>

